MARIA DE LOURDES TODESCHINI

DINÂMICA ESPACIAL E TEMPORAL DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DO RIO CUBATÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA – LITORAL DO PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre ao curso de Pós-graduação em Geologia Ambiental, Setor Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

Comissão de Orientação:

Prof. Dr. André V. L. Bittencourt
Prof^{a} Dr^{a} Eunice da Costa Machado
Prof. Dr. Mauricio Noernberg

Dezembro de 2004

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS..... v

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....vii

RESUMO..... xi

ABSTRACT xii

AGRADECIMENTOS xiii

CITAÇÃO.....xv

1. INTRODUÇÃO 1

1.2 OBJETIVOS **.....3**

1.2.1 Objetivo geral **.....3**

1.2.2 Objetivos específicos **.....4**

1.3 JUSTIFICATIVA **.....4**

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 6

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ECOSSISTEMAS **.....6**

2.2 DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM **.....9**

2.3 A QUALIDADE DA ÁGUA E A LITOLOGIA –QUIMISMO DA ÁGUA.....**9**

2.3.1 Fatores físicos que interferem na composição química das águas superficiais **.....12**

2.3.2 A origem de alguns macroconstituintes químicos dissolvidos na água**....13**

2.4 VARIÁVEIS DE INTERESSE E ALGUNS CONSTITUINTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NA ÁGUA DOCE **.....16**

2.4.1 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) **.....16**

2.4.2 Oxigênio dissolvido (OD)**.....16**

2.4.3 Sólidos totais em suspensão.....17

2. 4.4 Clorofila – *a* 17

2.4.5 Potencial hidrogeniônico (ph).....17

2.4.6 Alcalinidade.....18

2.4.7 Condutividade.....18

2.4.8 Temperatura 19

2.4.9 Nutrientes 19

2.5 O USO DA TERRA 21

2.5.1 A importância da vegetação ciliar e a qualidade da água 23

3. MATERIAL E MÉTODOS 24

3.1 ÁREA DE ESTUDO 25

3. 1.1 Localização e abrangência 25

3.1.2 Clima.....27

3.1.3 Geologia 27

3.1.3.1 Aspectos litoestatigráficos 29

3.1.3.2 Influência litológica na qualidade da água do rio Cubatão.....31

3.1.4 Geomorfologia 31

3.1.5 Pedologia 32

3.1.5.1 Influência do material de origem.....33

3.1.5.2 Tipos de solos.....33

3 .1.6 COBERTURA VEGETAL 34

3.1.6.1 Floresta ombrófila densa montana 35

3. 1. 6. 2 Floresta ombrófila densa submontana **36**

3.1.6.3 Zona de planície e várzeas litorânea **36**

3.1.7 USO DO SOLO E DADOS POPULACIONAIS.....**38**

3.1.7.1 A utilização de defensivos agrícolas.....**41**

3.2 UNIDADES DE PAISAGEM DA ÁREA DE ESTUDO **44**

3.3 AMOSTRAGEM.....**50**

3.3.1 Descritores físicos e químicos **50**

3.3.2. Localização das estações das amostras.....**53**

3.3.3 Freqüência e período das coletas.....**54**

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados meteorológicos e hidrológicos **54**

4.1.1 Precipitação.....**54**

4.1.2 Vento e temperatura do ar **58**

4.1.3 Vazão dos rios.....**59**

4.1.4 Temperatura da água.....**60**

4.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS **61**

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico **61**

4.2.2 Oxigênio dissolvido e a saturação (%) do oxigênio **62**

4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5).....**65**

4.2.4 Condutividade...**66**

4.2.5 Clorofila-*a* **67**

4.2.6 Alcalinidade...**68**

4.2.7 Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID**)** **70**

4.2.8 Nitrogênio amoniacal (NH_4) **.....71**

4.2.9 Nitrato dissolvido (NO_3)**.....73**

4.2.10 Nitrito dissolvido(NO_2) **.....75**

4.2.11 Fosfato dissolvido (PO_4) **.....76**

4.2.12 Sílica **.....78**

4.2.13 Sólidos suspensos totais...**.....79**

4.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE VALORES DAS VARIÁVEIS INDICADORAS DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUBATÃO **.....80**

4.3.1 Ocupação do solo e localização das amostragens**.....81**

4.3.2 Relevo da área de estudo**.....84**

4.3.3 Corte transversal e perfil altimétrico do rio Cubatão **.....86**

4.3.4 Mapa das unidades de paisagem**.....89**

4.4 DESCARGAS SÓLIDAS**.....91**

4.5 CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DO RIO CUBATÃO **.....96**

4.5.1 A distribuição de algumas espécies químicas dissolvidas como K^+, Na^+, Ca^{2+}, Cl^-, H_4SiO_4 ,HCO_3, Mg, NO^-_3 no Rio Cubatão**.....96**

4.6 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS**.....104**

4.6.1 Dinâmica espacial dos descritores ambientais**.....104**

4.6.2 Dinâmica temporal dos descritores ambientais**.....109**

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....113

REFERÊNCIAS 116

ANEXOS.....125

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - TIPO, GRAU, AMPLITUDE GEOGRÁFICA E CAUSAS DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS..... **9**

TABELA 02 - AGENTES IMPACTANTES E DE FATORES ECOLÓGICOS DA ÁREA DE ESTUDO DA BACIA DO RIO CUBATÃO..... **42**

TABELA 03 - CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DAS UNIDADES DE PAISAGENS E DAS ESTAÇÕES DE COLETAS NA BACIA DO RIO CUBATÃO..... **46**

TABELA 04 - TÉCNICAS E MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DASVARIÁVEIS INVESTIGADAS.....**52**

TABELA 05 - OCUPAÇÃO DO SOLO POR ESTAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO DO RIO CUBATÃO, COM AS ÁREAS (Km), E PORCENTAGENS (%) POR LINHA, E O TOTAL DE CADA UMA DELAS, NAS SEIS ESTAÇÕES DE COLETA. **82**

TABELA 06 - RELAÇÕES DA OCUPAÇÃO DO SOLO POR SETORES, COM O RIO, SOLO EXPOSTO, VEGETAÇÃO ALTA, VEGETAÇÃO BAIXA DA ÁREA DE ESTUDO DO RIO CUBATÃO, COM AS ÁREAS (Km), E PORCENTAGENS (%) POR LINHA, E O TOTAL DE CADA UMA DAS MESMAS..... **83**

TABELA 07 -DESCARGA DE MATERIAL PARTICULADO EM ALGUNS SISTEMAS HIDROGRÁFICOS MUNDIAIS EM COMPARAÇÃO COM O RIO CUBATÃO..... **92**

TABELA 08 - DESCARGAS SÓLIDAS ESPECÍFICAS DO RIO CUBATÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM (T/ANO/Km^{-2}), NO PERÍODO SECO E CHUVOSO, DAS VARIÁVEIS INVESTIGADAS (NUTRIENTES) NAS CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS DE JULHO DE 2002 A JUNHO DE 2003, NAS 6 ESTAÇÕES (TON/DIA/KM^{-2}). P-PO^4 TO = FÓSFORO TOTAL, N-N TO= NITROGÊNIO TOTAL, Si-$Si(OH)_4$ =SILICATO, N-NO_2= NITRITO, N-NO_3= NITRATO, N-NH_4=AMÔNIO, N-NID=NITROGÊNIO INORGÂNICO DISSOLVIDO (N-NO_2+N-NO_3+N-NH_4), INORG, D= INORGÂNICO DISSOLVIDO,SST=SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS.....**94**

TABELA 09 - DESCARGAS SÓLIDAS ESPECÍFICAS DE MACROCONTITUINTES CATIÔNICOS E ANIÔNICOS DO RIO CUBATÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM (T/ANO/Km^{-2}), NO PERÍODO SECO E CHUVOSO, DAS VARIÁVEIS INVESTIGADAS NAS CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS DE JULHO DE 2002 A JUNHO DE 2003, NAS 6 ESTAÇÕES (TON/DIA/Km^{-2}). Ca=CÁLCIO, Mg=MAGNÉSIO, Cl=CLORETO, Na=SÓDIO, K=POTÁSSIO, SST=SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS..... **95**

TABELA 10 - VAZÕES MENSAIS (MÉDIAS), DE 7 DIAS (ANTES DA COLETA) E NOS DIAS DE COLETA, DE JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003, (m^3/dia)..... **96**

TABELA 11 - VALORES (mg/L) DE CONSTITUINTES QUÍMICOS EM ALGUNS SISTEMAS AQUÁTICOS DO LITORAL PARANAENSE..... **98**

TABELA 12 - VALORES (mg/L) DE CONSTITUINTES QUÍMICOS E pH DO RIO CUBATÃO E RIO ARRAIAL (BACIA DO RIO CUBATÃO)..... **99**

TABELA 13 - AUTOVALORES DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS DOIS PRIMEIROS EIXOS PRINCIPAIS E SUA RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE VARIÂNCIA..... **108**

TABELA 14 - AUTOVALORES DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS DOIS PRIMEIROS EIXOS PRINCIPAIS E SUA RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE VARIÂNCIA..... **112**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EVIDENCIANDO A BACIA DE DRENAGEM DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR..... **27**

FIGURA 02 - VISTA DA VEGETAÇÃO DA PRIMEIRA ESTAÇÃO (SALTO) À MONTANTE DO RIO CUBATÃO..... **37**

FIGURA 03 - FLUXOGRAMA DOS FATORES ECOLÓGICOS E DE AGENTES IMPACTANTES DA ÁREA DE ESTUDO NA BACIA DO RIO CUBATÃO – USUÁRIO/SISTEMA..... **40**

FIGURA 04 - ESTAÇÃO DE COLETA 1, (SALTO), À MONTANTE DO RIO CUBATÃO COM ASPECTOS DA VEGETAÇÃO LOCAL..... **47**

FIGURA 05 - ESTAÇÃO DE COLETA 2, (BANESTADO), À MONTANTE DO RIO CUBATÃO, COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO CILIAR SUBSTITUIDA POR AGRICULTURA..... **48**

FIGURA 06 - ESTAÇÃO DE COLETA 3, (PRAINHA) COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO POUCO ALTERADA NA MARGEM ESQUERDA DO RIO..... **48**

FIGURA 07 - ESTAÇÃO DE COLETA 4, (PONTE), COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO CILIAR (BAMBUSÁCEA) E CULTIVO INTENSIVO DE BANANA NA MARGEM DIREITA..... **49**

FIGURA 08 - ESTAÇÃO DE COLETA 5, (IGREJA) COM VISUALIZAÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NATURAL NA MARGEM DIREITA DO RIO CUBATÃO..... **49**

FIGURA 09 - ESTAÇÃO DE COLETA 6, (BALSA), À JUSANTE DO RIO CUBATÃO. COM A BALSA DE TRAVESSIA..... **50**

FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DA ÁREA DE ESTUDO SELECIONADA NO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR..... **53**

FIGURA 11 - OCUPAÇÃO DO SOLO OBTIDA A PARTIR DE IMAGEM LANDSAT-7 (2000) COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR..... **84**

FIGURA 12 - MODELO 3D DO RELEVO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR..... **86**

FIGURA 13 - MAPA DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA ÁREA DE ESTUDO SELECIONADA NO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR..... **91**

FIGURA 14 - SITUAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO CUBATÃO COMPARADAS COM A COMPOSIÇÃO (Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{2}, HCO_3^{-}, Mg^{2+} , NO_3 e Cl^{-}) DOS RIOS DO LITORAL PARANAENSE, RIO SAIGUAÇU, MARUMBI, RIO DO PINTO, E TAGAÇABA, ATRAVÉS DE DIAGRAMA DE DUROV E RESPECTIVOS POLÍGONOS DE RELAÇÕES INTERIÔNICAS..... **101**

FIGURA 15 - SITUAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO CUBATÃO COMPARADAS COM A COMPOSIÇÃO (Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{2}, HCO_3^{-}, Mg^{2+} , NO_3 e Cl^{-}) DOS RIOS DO LITORAL PARANAENSE, RIO SAIGUAÇU, MARUMBI, RIO DO PINTO, E TAGAÇABA, ATRAVÉS DE DIAGRAMA DE DUROV E RESPECTIVOS POLÍGONOS DE RELAÇÕES INTERIÔNICAS..... **103**

GRÁFICO 01 - TAXAS MENSAIS (MÉDIAS) DA PRECIPITAÇÃO (mm) (SOMATÓRIA DOS VALORES DIÁRIOS), DAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS ENTRE JUNHO DE 2002 E JUNHO DE 2003, E MÉDIAS MENSAIS (ENTRE 1961 A 1990), OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PARANAGUÁ (NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, 1992 DNM)..... **56**

.

GRÁFICO 02 - TAXAS DAS MÉDIAS MENSAIS (A) E DE 7 DIAS ANTES DA DATA DE COLETA (B), DA PRECIPITAÇÃO (mm), PARA O PERÍODO CHUVOSO E SECO, DAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS, S=SECO E C= CHUVOSO PRÓXIMAS AO RIO CUBATÃO, ENTRE JUNHO DE 2002 E JUNHO DE 2003..... **57**

GRÁFICO 03 - TEMPERATURA DO AR ($T^{O}C$) E DA INTENSIDADE DO VENTO (m/s) (MÉDIAS MENSAIS), ENTRE JUNHO DE 2002 E JULHO DE 2003, OBTIDAS NAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS PRÓXIMAS AO RIO CUBATÃO, E MÉDIAS MENSAIS DA TEMPERATURA DO AR (ENTRE 1961 A 1990), OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PARANAGUÁ (NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, 1992 - DNM)..... **58**

GRÁFICO 04 - VALORES MÉDIOS MENSAIS E DAS MEDIÇÕES DA VAZÃO (m^{-3}/s), E ALTURA DA RÉGUA (m) EM UMA ESTAÇÃO FIXA NO RIO CUBATÃO... **59**

GRÁFICO 05 - TEMPERATURA DA ÁGUA (^{O}C), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S). DE JULHO 2002 A JUNHO 2003..... **60**

GRÁFICO 06 - DISTRIBUIÇÃO DO pH NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003..... **62**

GRÁFICO 07 - DISTRIBUIÇÃO DO TEOR DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO OD (mg/L) (A) E DA SATURAÇÃO (%) (B), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003**.....64**

GRÁFICO 08 - DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA BIOLÓGICA DO OXIGÊNIO DBO_5 (mg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍOD6 CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003**..... 66**

GRÁFICO 09 - CONDUTIVIDADE (µS/cm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003**.....67**

GRÁFICO 10 - CONCENTRAÇÃO DA CLOROFILA-*A* (Mg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003**.....68**

GRÁFICO 11 - ALCALINIDADE (MEq/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....69**

GRÁFICO 12 - CONCENTRAÇÃO DO NITROGÊNIO INORGÂNICO DISSOLVIDO (NITRATO+NITEITO+AMÔNIO) NID (µm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....71**

GRÁFICO 13 - CONCENTRAÇÃO DO AMÔNIO NH_4 (µM), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....73**

GRÁFICO 14 - CONCENTRAÇÃO DO NITRATO NO_{-3} (µm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....75**

GRÁFICO 15 - MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DO NITRITO NO_2 (µm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....76**

GRÁFICO 16 - MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DO FOSFATO PO_4 (µm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**.....77**

GRÁFICO 17 - MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DA SILICATO $Si(OH)_4$ (µm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003**..... 78**

GRÁFICO 18 - CONCENTRAÇÃO DO SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003..... **80**

GRÁFICO 19 - CORTE TRANSVERSAL DA ESTAÇÃO 1 (SALTO), NO RIO CUBATÃO.. **87**

GRÁFICO 20 - CORTE TRANSVERSAL DA ESTAÇÃO 3 (PRAINHA), NO RIO CUBATÃO.....**88**

GRÁFICO 21 - CORTE TRANSVERSAL DA ESTAÇÃO 4 (PONTE), NO RIO CUBATÃO.....**88**

GRÁFICO 22 - CORTE TRANSVERSAL DA ESTAÇÃO 5 (IGRJA), NO RIO CUBATÃO.....**89**

GRÁFICO 23 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS MÉDIAS ANUAIS (JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003), A=ESTAÇÕES E B=VARIÁVEIS ESTUDADAS, NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.....**107**

GRÁFICO 24 - ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS MÉDIAS ANUAIS (JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003), A= ESTAÇÕES E B= VARIÁVEIS ESTUDADAS, NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.....**111**

RESUMO

Foram investigadas propriedades físico-químicas da água em relação às unidades de paisagem e biótipos do rio Cubatão, situado na bacia hidrográfica do rio Cubatão (25° 45'86'' e 25° 56'88'' de latitude sul e 48° 52'32'' e 48° 30'47'' de longitude oeste). Foram realizadas coletas de água superficial em 6 pontos ao longo do rio no período de menor pluviosidade (julho e setembro de 2002 e junho 2003) e de maior pluviosidade (dezembro de 2002, fevereiro e março de 2003), sendo determinados os seguintes parâmetros: pH, temperatura, alcalinidade, dióxido de carbono, carbonatos e bicarbonatos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), clorofila-*a*, sólidos suspensos totais, carbono, nitrogênio e fósforo; nitrato, nitrito, amônio, fosfato e sílica, cálcio, sódio, potássio, cloreto e magnésio. Através dos dados de vazão em uma das estações de coleta, foram feitos cálculos das descargas sólidas (sólidos suspensos totais) da superfície de drenagem correspondente às outras estações de coleta. Foram feitos estudos também sobre a influência litológica na qualidade da água do rio Cubatão. Com base em critérios geoambientais foi elaborado um diagnóstico para subsidiar um futuro zoneamento ambiental. Neste contexto, as informações obtidas estão organizadas em escala espacial através da integração de dados de diversas fontes (geoambientais, sociais, etc.) e formatos (vetor, imagem de satélite, cadastro) dentro dos princípios do geoprocessamento, identificando as áreas mais sensíveis à ação antrópica e às alterações para possíveis ações de manejo e conservação.

Palavras-chave: Rio Cubatão, Bacia Hidrográfica Cubatão, ecossistemas lóticos, hidrogeoquímica, Mata Atlântica.

ABSTRACT

Physical and chemical properties of the water in relation to the units of landscape and their biotypes along the Cubatão River were investigated. Based upon geological and geographical environmental criteria, an environmental diagnosis and zonation were elaborated. In this context, space information has been organized through the integration of data of several sources (environmental, social, etc.) and formats (vector, satellite image, register) following the principles of the geographical and geological processing. Furthermore, the most sensitive areas to anthropic action and changes were identified for possible handling actions and conservation. Moreover, fluxes of conservative materials and nutrients of the river in subject were also determined. Samplings were performed in 6 points along the river, among the geographical coordinates of 25° 45'86 " and 25° 56'88 " of south latitude and 48° 52'32 " and 48° 30'47 " of west longitude. Water samples were collected in the dry (July and September of 2002) and rainy season (December of 2002, February, March of 2003). The investigated variables were: pH, temperature, alkalinity, carbon dioxide, carbonate and bicarbonate, dissolved oxygen, biochemical oxigen demand (BOD)DBO, chlorophyll-*a*, total suspended solids, carbon, nitrogen and phosphor, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, potassium, chloride, sodium, silica, calcium and magnesium. Based in the flux data existing on the unique monitoring point of the river, the quantity of the total suspended solids (SST) was estimated for the other points, through the drainage area of each point of study. It were made also, studies about the lithological influence on the water quality of Cubatão River.

Key-words: Cubatão river, watershed, lotic ecosystems, hydrogeochemistry, Atlantic Forest.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha família por me dar o apoio emocional e financeiro para que eu pudesse realizar este trabalho.

Ao meu orientador, Dr. André Virmond de Lima Bittencourt por sua valiosa ajuda e paciência e por disponibilizar as análises físico-químicas no LPH-UFPR.

À Dr^{a} Eunice da Costa Machado por sua co-orientação, pela confiança, pela ajuda material e por disponibilizar a infra-estrutura do Centro de Estudos do Mar.

Ao Dr. Mauricio Noernberg por ceder os seus conhecimentos para o enriquecimento de meu trabalho e pela calma transmitida no decorrer de sua co-orientação.

À ajuda e paciência inestimáveis e indispensáveis de minha cara amiga, bióloga Nilva Brandini, do CEM-UFPR.

Às minhas amigas de sempre Débora, Lisete, Lourdinha, Salete e Tânia pelo incentivo e amizade.

Aos Professores Dr. João J. Bigarella, Dr. Luis Eduardo Mantovani e Dr. Carlos Soares pelas preciosas dicas e correções.

Ao professor Maurício Camargo, do CEM-UFPR, por suas correções nas análises estatísticas.

Aos funcionários da pós-graduação do Departamento de Geologia e do CEM, da UFPR, Liciane, Vilma, Augusta, Sarita, Rosalba e Daniel pela ajuda e amizade e estímulo.

Aos novos amigos que este trabalho proporcionou, biólogo José Adaílton Caetano do IAP e Amílcar Santos da EMATER-Guaratuba, que não só nos acompanharam como nos ajudaram muito nas saídas de campo.

Ao Beto, montanhista paranaense que nos acompanhou na primeira saída de campo, ou aventura, na região do rio Cubatão.

Aos meus colegas do mestrado em especial à Neoli Lopes Medeiros, pela amizade e dicas de sobrevivência.

Ao geógrafo e amigo Claudinei Taborda pelas sugestões e pelos mapas que enriqueceram meu trabalho.

Às bibliotecárias da UFPR em especial à Eliane e Ângela, pela amizade e ajuda com as referências bibliográficas.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e pela EMATER de Guaratuba por ceder seus veículos para as saídas de campo, sem o qual não seria possível realizar este trabalho.

À Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) por ceder seus mapas sobre a região da bacia do rio Cubatão.

Aos professores Luiz Eduardo Mantovani e Marco Tadeu Grassi por aceitarem participar da banca de avaliação e pelas valiosas correções.

Ao Cândido, por estar ao meu lado e por acreditar em mim.

E finalmente às pessoas que indiretamente contribuíram para este trabalho e não foram mencionadas por um esquecimento momentâneo.

“ Água que nasce na fonte serena do mundo e que abre
um profundo grotão,
Água que faz inocente riacho e deságua na
corrente do ribeirão,
Águas escuras dos rios que levam a
fertilidade ao sertão,
Águas que banham aldeias e matam a
sede da população,
Águas que caem das pedras, no véu das cascatas,
ronco do trovão,
E depois dormem tranqüilas no leito dos lagos,
no leito dos lagos,
Água dos igarapés, onde lara mãe d´água é
misteriosa canção,
Água que o sol evapora, pro céu vai embora virar
nuvens de algodão,
Gotas de água da chuva, alegre arco-íris
sobre a plantação,
Gotas de água da chuva, tão tristes são lágrimas
na inundação,
Águas que movem moinhos, são as mesmas águas que
encharcam o chão,
E sempre voltam humildes pro fundo da Terra,
pro fundo da Terra,
Terra, Planeta Água!”

“ Planeta Água”
Guilherme Arantes

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica de Cubatão constitui-se em um dos sistemas fluviais mais importantes da zona litorânea do Estado do Paraná, ocupando todo o município de Guaratuba, com uma área de drenagem em torno de 600 km^2. A maior área do Primeiro Planalto Paranaense com drenagem para o litoral corresponde à drenada pelos afluentes de cabeceira do rio Cubatão. O grande desnível e a curta distância existente entre o planalto e o nível do mar fazem com que os rios das bacias litorâneas possuam um grande potencial erosivo, que provoca a contínua captura das cabeceiras de drenagem da bacia do Paraná (MAACK, 1981; ANGULO, 1992).

Embora a ocupação do solo ao longo do rio Cubatão seja constituída na sua maioria por atividades agropecuárias com a existência de sítios e fazendas, não podemos ignorar que se trata de uma área próxima de grandes centros urbanos e não podemos desconsiderar também que as estimativas populacionais em nível mundial são de que em menos de meio século a população do Sul do planeta poderá atingir os três bilhões de habitantes (SACHS, 1993). Além disso, a premência de recursos hídricos torna imperativo o conhecimento do funcionamento das bacias hidrográficas associado às suas características geoambientais, bem como dos processos de degradação antrópica destes ambientes (MARQUES, 2000).

A bacia do rio Cubatão também possui duas usinas hidrelétricas, Guaricana e Chaminé na confluência dos rios Arraial e São João, formadores do rio Cubatão. ARMITAGE, (1984) citado por JALON *et al.,* (1988), ressalta que a regulação dos fluxos em rios com hidrelétricas, produz os piores efeitos nas comunidades fluviais com bruscas oscilações nos fluxos, ocasionando mudanças de temperatura e com isto trazendo conseqüências à comunidade destes ambientes aquáticos.

As características espaciais e funcionais das bacias de rios tiveram influência nos assentamentos humanos e na interação destes com o ambiente, bem antes da idéia de bacia hidrográfica ser formalizada nas condições legais e administrativas. A direção do fluxo dos rios influenciou o movimento da civilização. Os rios têm sido cruciais para o meio de comunicação que conduz à formação de uma política de unidades (PRISCOLI, 1999).

Os ecossistemas lóticos têm uma grande superfície de interação com os ecossistemas terrestres englobando a relação entre a vegetação, litologia, geomorfologia, clima, petrografia, atividades humanas e as características limnológicas dos rios (CAMARGO *et al.,* 1996).

O rio é um sistema aberto contido em outro sistema que é a bacia hidrográfica que também está inserida em outro sistema terrestre, e estes sistemas interagem entre si através de entradas e saídas de energia. A bacia de drenagem inteira deve ser considerada como unidade de planejamento, ou seja, um gerenciamento correto das atividades da bacia hidrográfica poderá evitar danos a toda área pertencente a esta bacia (ODUM, 1985).

OSTERKAMP (1996), ressalta que os processos que ocorrem em uma parte da bacia de drenagem não podem ser separados do resto da bacia, ou seja, os rios e os vales que drenam estão fortemente ligados e devem ser tratados como partes de um único sistema dinâmico de processos superficiais. Se a mudança de clima for avaliada em escala continental, o único componente do ciclo hidrológico que é realmente monitorado é o da precipitação.

Até pouco tempo, as avaliações de variações temporais em vazões de superfície, de evaporação e armazenamento de água no solo, foram bastante negligenciadas, e por este motivo faltam bons dados observacionais.

A importância destes dados pode ser evidenciada quando levamos em consideração que as maiores mudanças em rios naturais e seus fluxos originais foram ocasionados por trabalhos de engenharia para regular o escoamento da água, para desviar rios para áreas que necessitam de água, para suprimento doméstico e uso na agricultura e para geração de energia e projetos industriais (OSTERKAMP, 1996).

Quase não há estudos sobre as variáveis limnológicas e as condições dos sistemas lóticos tropicais e subtropicais de menor porte no Brasil. Entre eles podemos citar CAMARGO *et al.*, (1996) sobre a análise da variação diária de parâmetros limnológicos em dois rios menores na região de Cananéia, SP, NECCHI *et al.,* (1996) e MARQUES, (2000) sobre a dinâmica espaço-temporal e características físico-químicas do Rio Piraquara, PR.

MORTATTI (1998) salienta que um sistema de drenagem é caracterizado pelo traçado geométrico dos cursos d'água e suas ramificações organizados por ordem destes cursos. Dependendo do clima e relevo dominantes na bacia de drenagem, a densidade demográfica pode ser maior ou menor, os cursos d'água curtos e curvos, como no caso de rios característicos de regiões com florestas tropicais e equatoriais.

Em se tratando de Ciências Ambientais, a bacia hidrográfica apresenta-se como a unidade da paisagem mais adequada para o estudo de integração de fatores ecológicos, socioeconômicos e culturais. O seu uso e aplicação para os problemas ambientais também podem conter as informações físicas, biológicas e sócio-econômicas, sendo que nenhuma delas pode ser desconsiderada para uma melhor compreensão destes. A solução de muitos problemas ambientais está intimamente vinculada com as preocupações que objetivam a manutenção das bacias hidrográficas (TONIAL, 2003).

Um melhor conhecimento do funcionamento da bacia hidrográfica do rio Cubatão permitirá a realização de propostas para um desenvolvimento sustentável para as populações que vivem da agricultura e pecuária nesta região.

Este trabalho leva em conta a relação entre a qualidade da água do rio Cubatão e as unidades de paisagem que o rio atravessa, baseadas nas características geoambientais existentes, nas formações vegetais e nas atividades de uso do solo e suas conseqüências.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral:

O objetivo geral deste trabalho é investigar a dinâmica espaço-temporal das variáveis físicas e químicas da água ao longo do rio Cubatão em relação às suas características geoambientais e ecossistêmicas, como subsídio para futuras ações de planejamento e gerenciamento bem como de conservação do mesmo.

1.2 Objetivos Específicos:

- investigar a variação espacial e sazonal das propriedades físicas e químicas da água do curso inferior do Rio Cubatão.

- identificar e caracterizar as unidades da paisagem e seus biótipos ao longo do rio com base em critérios geoambientais e suas influências sobre o ecossistema lótico.

- relacionar os dados físico-químicos obtidos com as características litológicas e geomorfológicas da bacia hidrográfica drenada.

- fornecer subsídios para a elaboração de um diagnóstico e zoneamento ambiental com base na organização da informação espacial através da integração de dados de diversas fontes (geoambientais, sociais, etc.) e formatos (vetor, imagem de satélite, cadastro) dentro dos princípios do geoprocessamento.

1.3 JUSTIFICATIVA

A contaminação das águas vem despertando cada vez mais o interesse de governantes e pesquisadores do mundo todo. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a má qualidade da água já é considerada a 6^{a} causa de mortes no mundo (Medicina& Cia, 2002).

O estudo do rio Cubatão é importante porque ele se situa em uma área de proteção ambiental - APA de Guaratuba - com agricultura intensiva e criação de gado e, portanto, conseqüente impacto de atividades humanas. A maior parte da população de algumas vilas como Cubatão, Limeira e Caovi, tem sua vida sócio-econômica baseada na produção de arroz irrigado e de banana. O cultivo da banana nesta região vem sendo praticado há mais de quarenta anos e sendo uma área de proteção ambiental (APA de Guaratuba) torna-se urgente adequar a atual agricultura ou estudar novas alternativas de sustentabilidade para esta população.

A utilização de produtos agroquímicos no cultivo de banana (o maior do estado do Paraná) e de arroz, merece uma atenção especial quanto à qualidade da água do rio em questão. Entre os fatores que podem causar danos a esta região e passíveis de serem evitados com um melhor conhecimento das condições ambientais, destacam-se:

- Os cultivos de banana e arroz intensivos com o uso de agrotóxicos que podem estar contaminando dos cursos d'água desta região;
- A eliminação da vegetação ciliar por agropecuária ou por extração de madeira e lenha;
- A alteração da carga de sedimentos do rio por ocupação inadequada do solo;
- A inexistência de rede de esgoto sanitário permitindo o lançamento do mesmo diretamente nos cursos d'água;
- A destruição de sítios arqueológicos (sambaquis) existentes na região.

Este trabalho pretende contribuir para o conhecimento da qualidade da água do rio Cubatão em diferentes unidades de paisagens em que ele atravessa, com base em características geoambientais (área, altitude, geomorfologia, pedologia e clima) e ecossistêmicas (ecossistemas existentes, formações vegetais e grau de interferência antrópica). Este conhecimento poderá subsidiar ações de monitoramento ambiental visando evitar impactos e conflitos sobre o uso da terra e seus efeitos em uma APA como esta no município de Guaratuba.

As principais atividades desenvolvidas, além da agricultura, na região de Guaratuba são o turismo, a pesca do camarão, o cultivo de ostras e camarão junto à baía.

Sendo a bacia do rio Cubatão e seus afluentes de cabeceira, a maior área de drenagem para a baía de Guaratuba, torna-se importante o conhecimento desta região para contribuir com os projetos futuros e que estão sendo desenvolvidos nesta área.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS ECOSSISTEMAS:

Diversas teorias ecológicas para ecossistemas lóticos têm surgido nos últimos anos levando em consideração que estes sistemas desempenham algumas das funções como transporte, barreiras, habitats, filtros, em uma unidade maior que é a bacia hidrográfica (MARQUES, 2000). Alguns conceitos que vêm sendo utilizados nas pesquisas sobre o ambiente dos rios, estão relacionados a fatores importantes como o clima, a geologia, a rede hidrográfica, a litologia e a geomorfologia de cada localização específica bem como as perturbações humanas impostas ao longo do tempo (MINSHALL *et al*., 1983).

Segundo BRANCO (1986), os rios não possuem concentrações de substâncias nutritivas tão elevadas quanto às de um lago, porém são mais suscetíveis às influências do meio, possuindo por isso características muito variáveis.

MARQUES (2000), enfatiza que sendo o ambiente lótico altamente influenciado por fatores como a litologia, a vegetação e o uso da terra, ele deve ser compreendido como um sistema subdivido em vários sistemas de acordo com as unidades de paisagem em que ele está inserido e que irão determinar a composição físico-química dessas águas.

Na verdade, um ecossistema de água corrente possui muitas particularidades que pertencem a outros sistemas, mas também tem as suas próprias características distintas que refletem seu passado e sua situação geológica e geográfica. Portanto a vegetação ripária e outros componentes bióticos que podem sofrer alteração pela atividade humana exercem uma grande influência nas condições físicas, químicas e biológicas da água. Vários autores como GILLIAN (1994) e MULHOLLAND (1992) vêm citando a importância desta vegetação na manutenção da qualidade da água, principalmente pela retenção de nutrientes.

Muitas das características físicas e biológicas das formas de águas correntes são determinadas por seus ambientes físicos; mas também precisamos considerá-las no

contexto da área de captação destes: o rio mais a bacia terrestre de drenagem (WINTERBOURN *et al*., 1991).

GUIMARÃES (2000), descreve a importância das características geomorfológicas de uma bacia, como exemplo a sua inclinação de terreno, que tem influência sobre os processos ligados ao deflúvio - infiltração, sobre o escoamento superficial, sub-superficial e subterrâneo - enquanto que características como o tamanho da bacia, a forma, o tipo e densidade de drenagem e altitude nos mostram a forma do hidrograma originado de determinada precipitação.

De acordo com KOZARIK & LIMA, 1973 (*apud* GUIMARÃES, 2000), podemos dividir as bacias hidrográficas em três unidades básicas, de acordo com suas características fisiográficas e a ocupação das mesmas:

A zona de cabeceiras: regiões onde ocorrem as maiores manifestações dos processos hídricos e onde estão contidas as maiores quantidades de água que serão distribuídas aos cursos d'água. Esta área sugere um controle rigoroso nas possíveis atividades humanas.

O setor mediano da bacia: onde normalmente se encontram os terrenos de pastagens e atividades agrícolas. Nesta região podem ocorrer problemas com a diminuição das margens dos rios, devido à erosão e assoreamento destes e ao uso inadequado dos terrenos agrícolas.

A região da baixa bacia e estuário: onde se encontram geralmente as áreas urbanizadas e de cultivo. O uso inadequado do solo nesta parte da bacia pode ocasionar problemas como perda da camada superficial do solo, enchentes e poluição da água.

A solução de problemas de qualquer uma das três partes descritas acima depende do gerenciamento e conservação sobre toda a extensão de bacia hidrográfica. SCHIAVETTI & CAMARGO (2002) realizaram um importante estudo sobre as divisões de uma bacia hidrográfica onde descreveram que as mesmas podem ser subdivididas em dois compartimentos interdependentes, caracterizados geomorfologicamente por uma região de terra firme (Compartimento TF) e uma de planície (PL), onde estão o rio principal e as áreas alagáveis. Segundo os autores, neste último compartimento devem

ser centradas as análises ambientais mais importantes no âmbito das atividades antrópicas uma vez que estas áreas alagáveis funcionam como um filtro biológico que garante a qualidade e quantidade da água dos cursos d'água de toda a bacia. A regulação da água neste compartimento é importante por ser considerado um sistema estratégico para a sustentabilidade das atividades socioeconômicas em termos regionais. Os autores sugerem uma tabela com as principais causas de ameaças ambientais em bacias hidrográficas, na qual adotamos como exemplo, (Tab. 01), apresentada abaixo.

TABELA 01 – TIPO, GRAU, AMPLITUDE GEOGRÁFICA E CAUSAS DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.

TIPO DE AMEAÇA	**GRAU DE AMEAÇA**	**AMPLITUDE GEOGRÁFICA**	**CAUSAS PRICIPAIS**
Perda de Biodiversidade (ecossistemas espécies e genes)	Severo (nível genético principalmente)/ irreversível no caso de espécies em extinção.	Toda a bacia hidrográfica, incluindo as águas à jusante da mesma. Significado ecológico global tendo em vista a riqueza de espécies endêmicas nos trópicos, e a falta de conhecimento científico.	Desmatamento para fins agrícolas/pecuários em áreas de alta bio-diversidade. Turismo desordenado. Metais pesados e outros produtos tóxicos derivados de atividades domésticas, industriais e minerais; Outras substâncias tóxicas derivadas de biocidas utilizados na agricultura.
Perda de recursos alimentares (pescado)	Severo/iminente. Danos às populações de áreas ribeirinhas que serão afetadas em seu único meio de sobrevivência.	Toda a bacia hidrográfica, incluindo as águas a jusante da mesma. Significado social ecológico regional.	Derivados de biocidas utilizados na agricultura. Comércio ilegal de animais ou produtos derivados. Crescimento desordenado da malha urbana. Falta de saneamento básico. Crescimento das áreas de cultivo com cultura tecnificada.
Poluição das águas por matéria orgânica, nutrientes, patógenos e contaminação por produtos tóxicos.	Severo/ iminente (tendo em vista a expansão das atividades urbanas/ industriais e agrícolas na bacia hidrográfica).	Toda a bacia hidrográfica, incluindo as águas à jusante da mesma. Significado social e ecológico regional.	Crescimento potencial de regiões específicas dentro da bacia hidrográfica após a implantação de infra-estrutura (estradas, sistemas de geração de energia). Expansão das atividades agrícolas e pecuárias- erosão dos solos na bacia hidrográfica.
Sedimentação precoce de habitats aquáticos e assoreamento de canais navegáveis.	Severo	Planícies (área alagáveis) e sistemas riverinos. Significado social e ecológico regional.	Destruição de matas galeria / e demais áreas naturais protetoras. Obras de engenharia que modificam a geomorfologia fluvial.

Fonte: Schiavetti, A. & Camargo, A.F.M. 2002.

2.2 DEFINIÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM:

Muitos pesquisadores vêm dando ênfase ao estudo de bacias de drenagem vista em escala, na ecologia de rios. Autores como VANNOTE *et al*., (1980); MINSHALL,

(1978) e ALLAN *et al.,* (1997) ressaltam a importância das unidades de paisagens e da vegetação para o estudo de ecossistemas de águas correntes em escala espacial. Este último autor sugere que a estrutura e a entrada de matéria orgânica em um habitat lótico são determinadas principalmente pelas condições do local, como a cobertura vegetal considerando-se o suplemento de nutrientes, a descarga de sedimentos, a hidrologia e características do canal que são por sua vez influenciados pelas condições regionais, incluindo as feições das unidades de paisagens e uso do solo cobrindo uma distância indo da montante às laterais do restante dos rios.

Foram utilizados alguns dos critérios propostos por TROPPMAIR (1988), para definição das unidades de paisagem no presente trabalho, tais como:

- geoambientais: área, altitude, geomorfologia, clima e pedologia;

- ecossistêmicos: os ecossistemas existentes, as formações vegetais e o grau de interferência humana;

- gerenciamento, manejo e proteção: a ocupação atual do solo, as ameaças e pressões aos biótipos, o uso racional e medidas de recuperação e conservacionistas.

2.3 A QUALIDADE DA ÁGUA E A LITOLOGIA – QUIMISMO DA ÁGUA:

Os rios são divididos em gradientes topográficos que recebem influência da litologia, da estabilidade dos solos, da vegetação, do clima e dos organismos vivos que compõem estas águas e das atividades humanas como as queimadas e as técnicas agrícolas.

MARGALEF (1983); SANTOS (1993) *apud* RIOS (1995), descrevem em seus trabalhos que estudos em pequenas bacias demonstraram a dependência entre a composição química das águas dos rios e as características dos ecossistemas terrestres. A litologia e o declive determinam a disponibilidade dos maiores íons. O desenvolvimento da vegetação sofre influência do clima e do solo, essa vegetação juntamente com outros componentes bióticos, exerce uma grande influência no fornecimento de matéria orgânica. Estes fatores interagem para determinar a composição química das águas dos rios assim como a ocupação da terra. As

características morfométricas em uma bacia hidrográfica podem influenciar as condições físicas, químicas e biológicas de um rio.

Os autores concluem também que um sistema fluvial é formado por segmentos que convergem e que se organizam em um sistema de drenagem no qual os canais vão cada vez mais diminuindo e na seqüência ocorre um efeito de estabilização química, biológica e hidrológica do rio abaixo.

Grande parte das águas em fluxos típicos é derivada do lençol freático e não de águas superficiais. O tipo de fluxo em águas correntes pode ser muito afetado pelo declive do terreno, pela profundidade e permeabilidade do terreno e padrão de precipitação, (CHRISTOFOLETTI, 1980). A composição química da água também é definida por características da área de captação, principalmente pela geologia. A maior parte dos componentes dissolvidos está presente na química das águas correntes, porém a quantidade liberada para um rio é também controlada pela vegetação terrestre, que temporariamente remove íons da circulação HYNES, 1975 *apud* WINTERBOURN & *et al.,* (1991).

Vários fatores climatológicos e geológicos podem influenciar a composição da matéria solúvel na água como regiões com baixa precipitação e com predominância de rochas magmáticas, e a influência da água em regiões com alta pluviosidade onde também predominam rochas sedimentares, em ambas as situações a composição dos íons será determinada pela geologia da bacia de drenagem, (ODUM,1985); (ESTEVES, 1988).

STUMM & MORGAN (1996); ANDERSON & CRERAR (1993) *apud* KORETSKY (2000) descrevem em seus trabalhos que os elementos dissolvidos em águas naturais podem estar presentes em diferentes formas, como os cátions, ânions e as moléculas neutras ou complexas. Os cátions e os ânions em solução aquosa são solúveis, ou seja, eles são rodeados por uma concha de hidratação formada por moléculas de água que formam laços de íons dipolo com os íons dissolvidos. Os cátions, os ânions ou outras moléculas também podem se coordenar e formar íons pares ou complexos aquosos no qual um átomo central de metal é rodeado por ânions ou moléculas.

A tendência geral ao longo da bacia é o aumento da mineralização e a estabilização da composição química da água, à medida que aumenta a superfície drenada MARGALEF (1983) *apud* (RIOS, 1995).

2.3.1 Fatores físicos que interferem na composição química das águas superficiais

Enquanto que em alguns rios a percentagem dos compostos químicos dissolvidos representa apenas uma pequena parte do material transportado, em outros rios esta percentagem pode ser representada por um volume bem maior em seu volume d'água, dependendo das condições em que ele se encontra (SKINNER, 1999).

A influência da litologia é clara como é exemplificada por RICE & BRICKER, (1995) em um estudo na Montanha Catoctin em Maryland, USA. Estes autores verificaram que as concentrações de constituintes derivados de rocha intemperizada, em especial bicarbonato e sílica, aumentam nas águas correntes durante o verão quando a água do lençol freático está abaixo da interface regolito-rocha mãe e o fluxo de escoamento d'água provém principalmente da água subterrânea profunda de aqüíferos de rochas-mãe fraturadas. O trabalho mostra as relações entre a química das águas correntes, a química da água-solo e o tempo de residência da água.

As águas de rios contêm substâncias químicas dissolvidas que constituem parte de sua vazão. O volume do dissolvido contido na maioria dos rios é composto principalmente pelas seguintes espécies: bicarbonato (**HCO_3^{1-}**), Cálcio (**Ca^{2+}**), Sódio (**Na^{1}**)$^{+}$, Cloro (**Cl^{1-}**), Potássio (**K^{1+}**), Sulfato (**SO_4^{2-}**), Magnésio (**Mg^{2+}**) e Sílica dissolvida **H_4SiO_4**. Os rios atravessam ao longo de seus cursos diferentes bases rochosas e retiram destas o material que interfere na composição química dessas águas. Além da contribuição da litologia e dos solos, também recebe contribuição da vegetação, do clima e dos organismos vivos, bem como das atividades humanas. Dentre estas últimas podemos salientar os efluentes domésticos, indústrias e agrícolas.

2.3.2 A origem de alguns macroconstituintes químicos dissolvidos em água de rios

Em relação à composição química da água encontramos em ODUM (1985) a divisão dos rios do mundo em dois tipos: rios de águas alcalinas ou de carbonato, com 100 ppm ou mais de componentes inorgânicos dissolvidos e rios de águas ácidas ou de cloreto, com menos de 25 ppm de sólidos dissolvidos.

A composição inorgânica da água é definida por características da área de captação, em particular a litologia. Porém, os minerais neoformados durante o intemperismo, especialmente nas partes mais superficiais dos perfis de alteração que se encontram em contato com as águas correntes, são fortemente controlados pela vegetação terrestre que remove temporariamente íons da circulação dessas águas. Como as características físicas e biológicas das águas correntes são determinadas por seus controles físicos, é necessário analisar estas águas no contexto de sua área de drenagem, ou seja, o rio mais o território da bacia de drenagem (WINTERBOURN, 1991).

Entre as espécies minerais que mais ocorrem nas águas doces superficiais, estão o Cloreto $(Cl)^-$, as espécies carbônicas (CO_3^{2-} e HCO_3^-) e (H_2CO_3), o Cálcio (Ca^{2+}), Potássio (K^+), Sódio (Na^+), o sulfato (SO_4^{2-}), a Sílica (SiO_2), e o Nitrogênio (NO_3^-, NO_2^-, NH_3).

a) Espécies carbônicas (CO_3^{2-} e HCO_3^-), (H_2CO_3) e Cloreto (Cl)

As espécies carbônicas presentes nas águas podem ser de origem atmogênica, biogênicas e litogênica. A proporção de cada uma das espécies varia principalmente de acordo com a litologia, o clima (pluviosidade, distribuição das chuvas e temperatura) e o tipo de cobertura vegetal. Quando a pluviosidade é elevada e a cobertura vegetal é espessa o CO_2 é abundante devido ao material orgânico decomposto.

As concentrações de íons bicarbonato estão estreitamente relacionadas às concentrações de Ca^{2+}, que refletem o grau de meteorização das rochas. A distribuição

dos bicarbonatos segue o mesmo modelo do que os dos íons Ca^{2+}. Em rios menores de 100 Km^2 as concentrações naturais de HCO_3^- podem atingir 350 mg/L, enquanto que os grandes rios eles podem variar de 10 a 170 mg/L.

O Cloreto dos rios tem origem litogênica, vulcanogênica ou atmogênica. Este componente é proveniente quase que na sua totalidade de aerossóis dos gases vulcânicos lançados na atmosfera e da evaporação oceânica que retornam através da precipitação da chuva, pela condensação do vapor d'água atmosférico e pela lixiviação das águas no escoamento superficial e na infiltração nos solos. Todo este processo percorrido pelo Cloreto ocorre em ciclo, (SKINNER, 1999).

b) o Cálcio (Ca), Sódio (Na) e Potássio (K) e o Magnésio (Mg)

ESTEVES (1988) ressalta que entre as principais funções do sódio, cálcio e potássio estão a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares. Nas águas doces o cálcio encontra-se associado a dois ânions principais: carbonato e bicarbonato, podendo estes interferir em um dos fatores físico-químicos mais importantes dos ecossistemas aquáticos, que é o pH.

O magnésio é muito importante por sua participação na formação das moléculas de clorofila, bem como tem parte importante em processos celulares, como no metabolismo do nitrogênio.

O sódio e o potássio exercem funções como a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extracelulares. Apesar das águas continentais apresentarem grande variação na proporção dos principais cátions, devido principalmente às características geológicas da bacia de drenagem e às condições climáticas, estas proporções não variam muito em bacias específicas.

c) Sulfato (SO_4^{2-})

A origem de SO_4^{2-} é basicamente litogênica e vulcanogênica. O SO_4^{2-} litogênico tem origem principal na oxidação de sulfetos das rochas ou depósitos de minérios

sulfetados e nas camadas sedimentares piritosas. A distribuição deste íon é muito influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Ecossistemas localizados próximos do mar pode ter influência deste, assim como em regiões cujas rochas predominantes são ricas em sulfato, como por exemplo, o sulfato de cálcio (ESTEVES, 1988).

d) Sílica dissolvida (SiO_2)

A sílica na água pode estar sob três principais formas: Solúvel, como H_4SiO_4, coloidal e sílica particulada. No meio aquático a sílica sob a forma solúvel é de extrema importância, ela é utilizada pelas diatomáceas na elaboração de suas carapaças. A Sílica das águas de percolação está em quantidades menores porque possui baixa solubilidade para as condições de pH menores de 8,0, como é o caso da maioria dos rios em regiões subtropicais sobre rochas graníticas.

e) Nitrogênio (NO_3^-, NO_2^-, N-amoniacal)

A proveniência litogênica do nitrogênio é insignificante nas águas de rios. A origem do nitrogênio dissolvido em ambientes lóticos pode ser biogênica (às vezes antropogênica), atmogênica e em menor quantidade vulcanogênica.

A ocorrência de nitrogênio em águas de rios é devida principalmente às chuvas que contém NO_3^- dissolvido, pelas águas lixiviadas de solos que contém produtos nitrogenados e à ação dos organismos aquáticos que retiram o nitrogênio da atmosfera e de restos de outros organismos através de atividades metabólicas além de contaminações causadas por atividades humanas, (CARVALHO, 1995).

2.4 VARIÁVEIS DE INTERESSE E ALGUNS CONSTITUINTES QUÍMICOS ENCONTRADOS NA ÁGUA DOCE

2.4.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5), representa a avaliação indireta da quantidade de matéria orgânica bioquimicamente degradável que se encontra na coluna d'água. Esta avaliação é feita através da medida da quantidade de oxigênio requerida para a oxidação da matéria orgânica presente na amostra de água em um tempo determinado, normalmente cinco dias, através de incubação a 20ºC e sob proteção da luz. As informações fornecidas pelos valores da DBO_5 nos indicam os processos de nitrificação e respiração da comunidade biológica. A existência de diferenças entre as variáveis em vários pontos de um rio pode indicar, por exemplo, fontes de poluição principalmente por esgotos domésticos. (MARQUES, 2000).

2.4.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos, o oxigênio (O_2) é um dos mais importantes gases dissolvidos na água. Como todos os gases, a solubilidade do oxigênio na água depende da temperatura e da pressão, com o aumento da temperatura e a diminuição da pressão, ocorre redução da solubilidade do oxigênio na água. A saturação do oxigênio é a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvida na água em determinada pressão e temperatura. Outro fator importante que atua indiretamente para os déficits de oxigênio dissolvido é a concentração de matéria orgânica (dissolvida e particulada) na água e a salinidade (ESTEVES, 1988).

2.4.3 Sólidos totais em suspensão

Entende-se por material **particulado em suspensão** as partículas orgânicas e inorgânicas transportadas pela água com um diâmetro maior que 0,45μ (micrômetro) (que é o diâmetro dos poros do filtro geralmente utilizado para esta medida). As partículas de diâmetro inferior são consideradas como "material dissolvido". Esta variável é de grande importância para as comunidades lóticas, pois estes materiais sólidos são os maiores transportadores de nutrientes e poluentes adsorvidos e eles interferem na penetração da luz no ambiente (ESTEVES, 1988).

As características fisiográficas da bacia, que determinam o escoamento superficial da água e seu poder erosivo, carregando para os corpos d'água os materiais orgânicos e inorgânicos, são os principais fatores que influenciam no teor de sólidos em suspensão em rios (MARQUES, 2000).

2.4.4 Clorofila – *a*

A clorofila-*a* é uma importante variável em ecossistemas aquáticos por ser um medidor indireto da produção de biomassa fitoplanctônica, assim como é indicadora do estado fisiológico das comunidades deste meio. A clorofila-*a* é também uma indicadora do índice de produtividade primária ao longo do rio, uma vez que nas águas interiores podemos encontrar representantes de quase todos os tipos de algas, que se desenvolvem de acordo com as características predominantes do meio em que se encontram (ESTEVES, 1988).

2.4.5 O potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH (potencial Hidrogeniônico) pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes e também mais difíceis de se interpretar, por causa dos inúmeros fatores que podem influenciá-lo. Entre os fatores estão: a temperatura, a comunidade biológica, a presença ou ausência de substâncias tamponadoras

(carbonato e bicarbonato), a influência da água do mar, assim como as ações antrópicas (agricultura e pecuária) e as reações de água-rocha provocadas pelo intemperismo.

ESTEVES (1988) ressalta que em um período de 24 horas (ciclo diário) podem ocorrer grandes variações de pH em um mesmo ecossistema aquático. Esta variação de pH é bem diferenciada entre as áreas de água continental e litorânea onde as comunidades macrófitas aquáticas interferem muito nas propriedades físico-químicas do meio. Outro fator importante para a variação deste parâmetro é a chuva com pH ácido em torno de 5,5, normalmente tornando-o mais baixo.

2.4.6 Alcalinidade

A alcalinidade reflete a capacidade que um ecossistema aquático apresenta em neutralizar (tamponar) ácidos a ele adicionados. A água é alcalina quando a concentração de íons oxidrila for maior do que a de íons hidrogênio. Em águas naturais a alcalinidade é geralmente devido ao teor de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Ela é expressa em miligramas por litro ou equivalente de carbonato de cálcio (CARMOUZE, 1994).

2.4.7 Condutividade

A condutividade elétrica da água é uma das variáveis mais úteis por fornecer informações tanto sobre o metabolismo do ecossistema aquático quanto da própria bacia de drenagem (ESTEVES, 1988). É a capacidade da água em conduzir a corrente elétrica. A temperatura e o pH exercem grande influência sobre os valores da condutividade elétrica. A condutividade elétrica de uma solução é maior quanto maior for sua concentração iônica. O material coloidal também influencia a condutividade. Em águas muito puras, onde a resistência é maior, menor será a condutividade. Dentre as informações que a condutividade elétrica pode fornecer estão:

- Dados sobre a concentração iônica, principalmente do Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Bicarbonato, Sulfato, Cloreto, Nitrato, etc...;

- Informações sobre os processos de produção e decomposição primária dos ecossistemas aquáticos;

- Detecção de fontes poluidoras, pontual ao longo do rio ou ambiente aquático;

- Informações sobre as diferenças geoquímicas nos afluentes do rio principal.

2.4.8 Temperatura

A temperatura das águas é um fator ecológico muito importante por ter influência direta tanto sobre o desenvolvimento dos organismos quanto no teor de gases dissolvidos. O teor de gás carbônico está intimamente ligado à variação da temperatura, ao teor de carbonatos, ao pH, entre outros fatores importantes para o desenvolvimento de um ecossistema aquático (BRANCO, 1986).

CARVALHO (1981) considera a temperatura como sendo o mais importante dos fatores ecológicos, com exceção da gravidade. MACAN (1978) demonstrou em seu trabalho, a importância da temperatura nos organismos aquáticos e denomina as mudanças de temperatura como um dos fatores limitantes para o crescimento, para a produtividade e competitividade destes organismos em seus ambientes.

2.4.9 Nutrientes

Os nutrientes são substâncias fundamentais na manutenção das funções orgânicas dos seres vivos. A ciclagem de nutrientes é uma das principais formas de descrever a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas e a relação destes com as diversas formas de vida e o meio ambiente (MARQUES, 2000). Os nutrientes estudados neste trabalho foram os seguintes:

a) Sílica

A concentração de sílica sofre forte influência das características geológicas da bacia, principalmente das rochas ígneas. São muito importantes na constituição de alguns grupos de algas como as diatomáceas e na produtividade geral do sistema. Ela predomina sob a forma de ácido monossilícico H_4SiO_4 e é proveniente, em menor quantidade, da dissolução do quartzo e suas formas alotrópicas. Em pH mais alcalino passa a ser importante também o $H_3SiO_4^-$ (GIBBS, 1972) *apud* (BITTENCOURT, 1982).

Em Limnologia denomina-se sílica "reativa" ou sílica solúvel, que é a forma assimilável pelos organismos. Vários pesquisadores encontraram forte relação entre o crescimento de populações de diatomáceas e a concentração de sílica.

b) fosfato PO_4

Todo fósforo presente nas águas naturais seja na forma iônica ou na forma complexada, está sob a forma de fosfato. Todas as frações de fosfato são importantes, porém o *p-orto* – fósforo inorgânico dissolvido é a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos. As formas iônicas predominantes em águas continentais são $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-}.

Uma das fontes básicas naturais de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais está nas rochas da bacia de drenagem, ou seja, o conteúdo de fosfato presente nos minerais primários das rochas destas bacias irá determinar a quantidade de fosfato natural no sistema aquático. A liberação desse fosfato ocorre através da intemperização (ESTEVES, 1988). O fosfato também pode ser originado a partir de processos naturais como o aporte de material particulado da atmosfera e a decomposição de organismos de origem alóctone. As principais fontes artificiais de fosfato são os fertilizantes agrícolas, os esgotos domésticos e industriais e o material particulado de origem industrial presente na atmosfera.

Os rios são o principal meio de transporte do fósforo para os oceanos, seja dissolvido na água, adsorvido ao material em suspensão ou incorporado à biota

aquática, de acordo com as características da bacia. O fósforo é um importante indicador de fontes pontuais de poluição, uma vez que a concentração deste é influenciada pelas atividades humanas através de efluentes domésticos ou utilização de fertilizantes (MARQUES, 2000).

c) Nitrogênio

Vários autores, entre eles ESTEVES (1988), enfatizam o nitrogênio como uma das variáveis mais importantes para o conhecimento do metabolismo de ecossistemas aquáticos, principalmente pela participação na formação de proteínas, componente fundamental da biomassa. Dentre as principais fontes naturais de nitrogênio estão a chuva e o material orgânico e inorgânico de origem alóctone. O nitrogênio encontra-se no ambiente aquático sob várias formas, entre elas as analisadas neste trabalho, na forma de nitrato (NO^-_3), nitrito (NO^-_2) e N-amoniacal.

O nitrato junto com o íon amônio tem muita importância em ambientes aquáticos por serem grandes fontes de nitrogênio para os produtores primários. As altas concentrações do íon amônio em um ambiente aquático podem influenciar, por exemplo, a dinâmica do oxigênio dissolvido, podendo esta concentração ser tóxica aos organismos que vivem neste meio. Se o nitrogênio estiver em baixas concentrações e/ou transforma-se em amônia, ele pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos. A utilização de fertilizantes é um dos fatores que podem provocar grandes alterações na taxa de nitrogênio nestes ambientes.

Das espécies de nitrogênio o nitrato é a mais estável em ambientes oxidantes. A presença de nitrito ou N-amoniacal geralmente atesta uma proximidade da fonte de contaminação orgânica.

2.5 O USO DA TERRA

PRISCOLI (1999) descreve em seu trabalho que a história da organização social ao redor de bacias hidrográficas são os registros mais ricos da humanidade do nosso

diálogo com a natureza. A possibilidade de aprendizado sobre a interação entre a política e a tecnologia se encontra entre as áreas mais férteis, através das atividades agrícolas. Os rios têm sido crucial para o meio de comunicação que conduz à formação de uma política de unidades.

Outros trabalhos como os de SEITZINGER (1999), vêm demonstrando que as concentrações atmosféricas de óxido nitroso, um gás de efeito estufa, estão aumentando devido às atividades humanas. A análise sugere que um terço da emissão global por ações antropogênicas de N_2O vem de fontes aquáticas (rios, estuários, plataformas continentais) e as fontes terrestres incluem o resto. Mais de 80% das emissões de N_2O por antropogenia em meio aquático são das latitudes medianas do hemisfério norte, principalmente devido à utilização de Nitrogênio como fertilizante pela população humana e deposição atmosférica. Este Nitrogênio depositado no solo aumenta a quantidade no meio aquático.

Alguns fatores que têm se intensificado nos últimos anos têm ajudado a moldar as comunidades aquáticas que hoje conhecemos; os rios sempre atraíram fortemente a colonização e as atividades humanas e por conseqüência esses ecossistemas têm sido profundamente afetados. Entre as atividades humanas que resultam em alterações de sistemas lóticos estão: a retirada de troncos, seixos e pedras maiores e obstruções em geral para facilitar a navegação; a destruição da vegetação ripária para uso doméstico ocasionando mudança de fluxo e sedimentação com posterior erosão e a prática de canalizações e barragens para geração de energia elétrica (WINTERBOURN & *et al.,* 1991).

O uso do solo pode ter influência na produção de vazão de um corpo d'água. A presença ou não de cobertura vegetal pode determinar como processos hidrológicos do tipo evapotranspiração, interceptação, infiltração e o escoamento superficial irão se comportar durante ou após um evento de chuva (GUIMARÃES, 2000).

Observações de campo indicaram que através da evapotranspiração, da infiltração, da intercepção, da percolação e da absorção, diversos tipos de coberturas vegetais podem modificar as características da superfície da terra, o balanço hídrico, o ciclo hidrológico e a temperatura da água superficial (TONG & CHEN, 2002). Com isto,

a quantidade de água disponível da vazão superficial, do escoamento fluvial e do fluxo subterrâneo, assim como os processos físicos, químicos e biológicos no recebimento dos corpos d'água podem ser afetados. Assim sendo, é perfeitamente conceptível a idéia de que existe uma forte relação entre os tipos de uso da terra e a quantidade e qualidade da água.

Muitos são os estudos que envolvem o uso do solo e conseqüente utilização de fertilizantes na agricultura como o de TINDAL *et al.,* (1995) que realizaram uma série de experiências em dois tipos diferentes de solos com aplicação de nitrato de cálcio para observar a influência da textura do solo, o fluxo preferencial e o comportamento das plantas no transporte de nitrato e desnitrificação sob condições insaturadas.

Um estudo do meio físico, repetido ao longo do tempo, vem a ser uma importante contribuição para a análise do desenvolvimento e evolução da interferência humana em uma bacia hidrográfica (MOPU (1984) *apud* RIZZI, 1996).

2.5.1 A importância da vegetação ciliar e a qualidade da água

As atividades humanas são responsáveis por mudanças fundamentais na vegetação ripária em áreas de drenagem de água no mundo inteiro. Essa mudança de vegetação pode ocasionar transformações físico-químicas e biológicas na natureza destes corpos d'água. A manutenção desta vegetação pode ajudar a prevenir mudanças físico-químicas e biológicas das águas, uma vez que estas alterações podem limitar o fornecimento de alimento para a população do meio em que vivem. A substituição da mata nativa por agricultura pode ter influência na química, na velocidade, na temperatura, na mudança dos canais, na luminosidade e consequentemente na produção de matéria orgânica das águas de rios (COLIN, 1997).

LOWREANCE *et al*., (1984) realizaram alguns trabalhos sobre a ciclagem de nutrientes em uma microbacia experimental do rio Little, na planície costeira do Estado da Georgia, nos Estados Unidos, demonstrando a importância da vegetação ciliar na retenção dos elementos minerais obtendo as seguintes taxas de retenção: Nitrogênio (69%), Fósforo (30%), Cálcio (38%), Magnésio (23%), Cloro (7%).

Outros estudos comprovam também que a vegetação ripária tem influência sobre a condutividade elétrica, o pH, o material em suspensão e oxigênio dissolvido e que o desmatamento dessas zonas pode ocasionar o aumento de temperatura das águas (MARQUES, 2000).

O manejo da zona ripária tornou-se uma das aplicações mais visíveis e amplamente aceitas no gerenciamento de bacias hidrográficas. A proteção dos corredores de zona ripária tem seu foco aumentado nas pesquisas científicas sobre as interações água-solo e sobre como os multimecanismos dos ecossistemas terrestres podem influenciar os cursos d'água (ALAN *et. al*., 1997).

Portanto a vegetação ripária e outros componentes bióticos que podem sofrer alteração pela atividade humana exercem uma grande influência nas condições físicas, químicas e biológicas da água. Vários autores como GILLIAN (1994) e MULHOLLAND (1992) vêm citando a importância desta vegetação na manutenção da qualidade da água, principalmente pela retenção de nutrientes.

Um zoneamento da área de mata ciliar, segundo GUIMARÃES (2000), poderia ser muito útil para a identificação de áreas onde as mudanças de uso do solo teriam maior influência negativa para o regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. Este zoneamento objetivaria a classificação e delimitação de áreas de acordo com determinadas características estudadas, como o risco de erosão, de inundações, entre outros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Até pouco tempo, o método dominante para avaliar a qualidade da água era baseado na composição química da água e, até certo ponto, nas suas propriedades físicas. Diversos estudos concluíram que os impactos de fontes não pontuais e habitats em degradação podem não ser completamente representados pelos dados periódicos das características físico-químicas de corpos d'água (SANTOS *et al*., 2001).

A qualidade da água refere-se ao estado físico, biológico e químico do corpo da água. A presença, a abundância, a diversidade e distribuição de espécies aquáticas em águas de superfície são dependentes de uma gama de fatores físicos e químicos, como

temperatura, sólidos suspensos, pH, nutrientes, substâncias químicas, nos fluxos e nos habitats de mata ciliar.

O papel dos agentes externos ao meio hídrico tem sua importância evidenciada na medida em que os sistemas não estão em equilíbrio. Em se tratando de um ambiente muito dinâmico, os rios têm vários desvios característicos químicos e físico-químicos sofrendo controle sensível do ambiente externo.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização e abrangência

A Bacia do rio Cubatão está localizada inteiramente no município de Guaratuba, no estado do Paraná, próximo ao município de Garuva na divisa com Santa Catarina, entre as coordenadas 25^{o} 45'86'' e 25^{o} 56'88'' S e 48^{o} 52'32'' e 48^{o} 30'47'' W. Com uma extensão de 28,5 Km, o rio Cubatão origina-se da confluência do rio Arraial com o São João. Estes mesmos nascem no alto da Serra do Mar, em São José dos Pinhais, PR.

Mais acima da confluência, no Km 16,7 do rio Arraial e no Km 18 Km do rio São João encontram-se as Usinas hidrelétricas de Guaricana e Chaminé, pertencentes à COPEL-Companhia Paranaense de Energia Elétrica, (COPEL, 1993).

Ao longo de seus 28,5 Km o rio Cubatão é representado por uma planície litorânea, e rodeado na sua parte mais alta da Serra do Mar por duas formações orográficas conhecidas como Serra de Guarapari (1064 m) e Serra Cubatão (854 m), onde situa-se o Salto do Cubatão e o início do cultivo de banana, seguido por uma planície montanhosa entre a Serra Taveira (443 m) e o Morro Descalvado (541 m) e uma planície litorânea com um trecho de rio meandrante. Neste último trecho situa-se a maior concentração de população na Vila de Cubatão e de cultivo da banana e de arroz irrigado. O trecho final do rio Cubatão é dominado por campos, banhados (alguns com cultivo de arroz) e finalmente por manguezais até desaguar na Baía de Guaratuba SEMA (2003).

Segundo ANGULO (1992), os principais rios que compõem as bacias litorâneas apresentam em seu curso superior, localizado na área serrana, fortes declives, vales fortemente encaixados e um padrão de canal retilíneo. Já o curso inferior, localizado nas planícies, apresenta geralmente um amplo vale de fundo plano e um padrão de canal meandrante. A bacia que envolve a baía de Guaratuba atravessa três das cinco grandes zonas naturais classificadas por MAACK (1981): o Litoral, a Serra do Mar e o Primeiro Planalto Paranaense. De acordo com o autor, a maior área de planalto com drenagem para o litoral corresponde à drenada pelos afluentes de cabeceira do rio Cubatão. (Fig. 01).

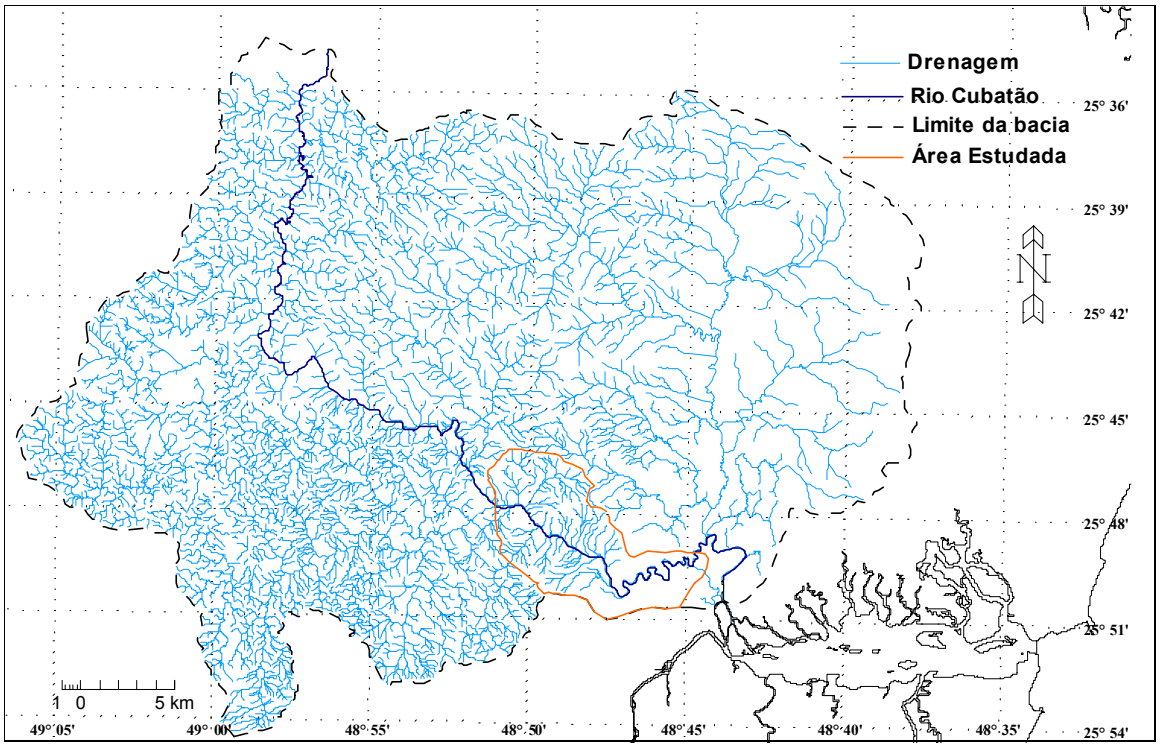
Os primeiros pontos de coleta (Salto e Banestado) situam-se bem próximo ao Salto do Cubatão, as estações Prainha e Ponte situam-se no trecho central, com menores inclinações de terreno, ocupando já parte da planície, e os últimos ocupando área de planície e várzea, sendo que a estação Igreja está na Vila de Cubatão e a Balsa, na balsa utilizada pelos pescadores e moradores locais, último acesso por terra (Fig. 10).

Um dos pontos de medição e de coleta (Igreja) encontra-se no vilarejo denominado de Cubatão cujas estradas de acesso são a vicinal 104 e vicinal 302 ainda no município de Guaratuba, cerca de 60 Km de Curitiba e 15 Km da Baía de Guaratuba. O Cubatão se constitui no rio com maior volume d'água para a referida baía.

O acesso utilizado para a obtenção das amostras é através de Garuva, cerca de 24 Km da cidade em direção a Serra do Mar.

A bacia do rio Cubatão está inteiramente localizada em uma área de proteção ambiental (APA) por decreto federal e denominada Mata Atlântica.

FIG. 01. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EVIDENCIANDO A BACIA DE DRENAGEM DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR, 25° 45'86'' e 25° 56'88'' S e 48° 52'32'' e 48° 30'47'' W.



Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM – UFPR.

3.1.2 Clima

Na área de estudo distinguem-se dois tipos climáticos, segundo a classificação de Köeppen: i) Cfa –– clima subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média inferior a 18 °C no mês mais frio, mas superior a -3 °C, e temperatura média superior a 22°C no mês mais quente; ii) Cfb – subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos (temperatura média inferior a 18 °C, com temperaturas mínimas que podem atingir –5 °C). Fevereiro é o mês mais quente com temperatura média de 21 °C, e julho, o mais frio, com média de 13°C, levando-se em conta as grandes variações devido as altitudes da Serra do Mar e a Planície Litorânea que este rio percorre. As precipitações médias anuais da região variam entre 2.248 mm e 3530 mm (IPARDES, 1990).

Segundo o antigo relatório técnico sobre a bacia do rio Cubatão realizado pela COPEL em 1993, as massas de ar que predominam na América do Sul são as

chamadas frentes frias, principalmente no inverno, e no caso específico do Estado do Paraná ocorrem os seguintes fatores macro-climáticos:

- massas de ar da Zona Atlântica Equatorial e Tropical de baixa pressão, comum de outubro a março, em direção ao Sul;

- nos meses de inverno, de abril a setembro, ocorrem infiltrações de ar frio da Frente Polar Atlântica em direção ao Norte;

- a ação da corrente marítima quente do Brasil caracterizando um clima tropical quente e úmido para a costa leste da América do Sul, deixando o ar mais úmido e temperaturas mais estáveis, típicos do anticiclone do Atlântico Sul.

Este último fator climático faz com que a umidade se concentre em suas camadas inferiores, onde as condições estruturais dessas massas de ar, Atlântica e Polar, são atingidas quando entram no continente e encontram a barreira física da Serra do Mar, ocasionando as chamadas chuvas de relevo (IPARDES, 1990).

É também por essa razão que na região litorânea do Estado, em especial onde se encontra a bacia do rio Cubatão, em todas as épocas do ano ocorrem precipitações do tipo conectivas e orográficas.

Na bacia do rio Cubatão as chuvas se concentram nos meses de verão, que são quentes, sendo estas bem intensas na área de baixo gradiente topográfico, não existindo praticamente estação seca definida e não ocorrendo geada. A umidade relativa média anual do ar, na bacia é de 83%. Não há um déficit em relação a evapotranspiração ao longo do ano, uma vez que a média de precipitação do mês mais seco encontra-se acima de 50 mm (COPEL,1993)

3.1.3 Geologia

Algumas informações sobre a geologia da bacia do rio Cubatão podem ser obtidas no mapa geológico de Pedra Branca de Araraquara e de Guaratuba (MINISTÉRIO, 1970) e nos mapas em anexo, SEMA (2003), que embora forneçam apenas uma idéia geral, merecem uma menção neste trabalho.

A Serra do Mar constitui-se numa escarpa marginal caracterizada por falhamentos, em blocos altos e baixos, originando diversos maciços. Esses maciços são constituídos por extensos complexos graníticos com tendência alcalina e alcalino-granitíticos, circundados por regiões rebaixadas, dando origem a imensas escarpas por erosão diferencial (MINEROPAR, 1990); (BIGARELLA, 1978); (MAACK, 1961).

3.1.3.1 Aspectos litoestatigráficos

Grande parte da área da bacia do rio Cubatão é constituída por rochas graníticas em toda região da Serra do Mar, submetidas a intensos falhamentos com vários diques e fraturas (direção Nordeste – NE-SW). MAACK (1961), relata em seu trabalho a existência de capas de antigos gnais-granitos e paragnaisses sobre os granitos nas altitudes da Serra da Graciosa estendendo-se até o morro do Cadeado (1001 m).

As rochas graníticas presentes na área do rio Cubatão são originárias de rocha pré-existente incorporada ao magma por anatexia e composta por granitos e granitóides embrechiticos, foliados com macrocristais de feldspato potássico Os granitos de anatexia possuem geralmente granulação grosseira, incluindo além de hornblenda, feldspatos alcalinos com estrutura pertítica e antipertítica, quantidade pequena de biotita, sendo por isso considerados leucocróticos (MAACK, 1961); (SALAMUNI, 1969).

Na porção noroeste 45° observa-se um complexo gnáissico com injeções de magma (migmatito) e com uma variação morfológica (paleossoma) de biotita-hornblenda gnaisse, mica-quartzo xistos, ultrabasitos, metabasitos e silicatos que contém cálcio, magnésio ou ferro e eventualmente, manganês, sódio e potássio (anfibolitos). Os migmatitos citados derivam do metamorfismo de intensa sucessão sedimentar de geossinclinal, compostos principalmente por pedimentos pelíticos e calco-pelíticos, intercalados por arenitos quartzosos e arcósios. Os granitos intrusivos são principalmente sub-alcalinos (Serra do Marumbi) e alcalinos (SALAMUNI, 1967).

O contato entre as duas unidades descritas acima (granitos e migmatito) é em geral tectônico, caracterizado por faixas paralelas de milonitos e cataclasitos. Nessas

faixas tectônicas normalmente ocorrem minerais de origem hidrotermal, principalmente massas quartzosas com sulfetos e ouro. (MINEROPAR, 1990).

Na era mesozóica ocorreram intensas manifestações diastróficas, acompanhadas por intenso magmatismo básico originando espessos derrames de lava que levou à formação da unidade designada como Serra Geral. Na Serra do Mar essa formação é representada pelos diques de diabásio acima citados, que se encontram em maior quantidade na direção aos municípios de Antonina e Morretes, com direção N 45º W. Esses diques de diabásio foram afetados pela reativação de falhamentos (direção N/S e N/E) no período Terciário formando a Serra do Mar (MINEROPAR, 1990).

À leste do pico Marumbi (1547 m), a cerca de 15 km mais ao sul, ocorrem xistos metamórfico, quartzitos, filitos e ganaisses com estratificação fina. Estas rochas metamórficas atravessam a linha da Serra Canavieira (próxima à cabeceira do rio Cubatão), em direção a NE (MAACK, 1961).

A cerca de 1 Km da primeira estação de coleta (Salto) à montante deste presente trabalho, no Salto do Cubatão (Fig. 02), o rio Cubatão forma uma ilha, porém os sedimentos existentes nesta área são esparsos e recentes (Cenozóico) do tipo areno-siltico-argilosos, originado de decomposição fluvial no interior e fluvio-lacustre-marinha próximos à costa. (COPEL, 1993).

MAACK (1961) descreve a ocorrência de gnaisses e quartzitos mais recentes sobrepostos discordantemente por arenitos e xistos laminados na região limítrofe do Paraná com Santa Catarina, área onde se situa o trecho final do rio Cubatão.

Em relação a sua pedimentação, BIGARELLA (1978), descreve em seu trabalho que esta é constituída por depósitos rudáceos agrupados geneticamente ligados aos pedimentos detríticos. Esta forma detrítica rudácea descrita pelo autor mereceu bastante atenção devido à característica especial da escarpa e também pelas constantes mudanças climáticas cujas fases úmidas predominaram sobre as semi-áridas provocando um acúmulo grande de sedimentos marcando fortemente a geografia local. O material detrítico relatado acima é constituído de seixos e matacões com composição litológica heterogênea (gnaisse, granito e diabásio), e tamanho variando de centímetros até 4 metros de diâmetro, inseridos em uma matriz areno-síltico-argilosa.

3.1.3.2 Influência litológica na qualidade da água do rio Cubatão

Conforme descrito em capítulo anterior, as rochas predominantes na área da bacia do rio Cubatão são os granitos alcalinos e rochas metamórficas constituídas por filitos, quartzitos e migmatitos que representam uma das rochas mais importantes da Serra do Mar e que são formadores dos solos argilosos. As ações físicas como o clima, principalmente através das chuvas, que possuem normalmente um pH ácido em torno de 5,5, intemperizam as rochas facilitando a erosão, processo pelo qual solo e minerais são destacados e transportados pela água, vento, gravidade e atividades do homem. O contato da água com as rochas e os solos derivados destas, originam constantes reações promovendo uma tendência à estabilidade química do sistema.

De acordo com MAACK (1961), a descrição da composição mineralógica e o quimismo das rochas graníticas da Serra do Mar classificam as mesmas de rochas alcalino-sódicas. Os granitos desta região são caracterizados por hornblenda alcalina (barkevicita) e com menor ocorrência, os feldspatóides.

3.1.4 Geomorfologia

Os aspectos geomorfológicos da Serra do Mar são originados por diversos fatores que determinaram feições características, entre eles, principalmente os decorrentes de diferenças litológicas por tectônica rígida (contatos litológicos) e mudanças climáticas ao longo do tempo (SALAMUNI, 1967).

A geomorfologia local possui características bem diferenciadas uma vez que a bacia do rio Cubatão se encontra em uma zona de transição entre a Serra do Mar e a planície litorânea, com inclinações de terreno importantes. Os maciços elevados são graníticos e os vales principalmente migmatitos e ocasionalmente xistos (EMBRAPA/IAPAR, 1984). De acordo com BIGARELLA (1979), a Serra do Mar constitui-se em um conjunto de montanhas formadas por blocos, escarpas e restos de planalto bastante dissecados, formando um grande arco com concavidade voltada para leste em subparalelo à linha de costa. Ela é direcionada para ENE-WSW ao norte; NE-

SW da Serra Capivari Grande para o sul e para NNW-SSE na parte meridional na Serra do Iquererim, onde está situada grande parte do rio Cubatão.

A Serra do Mar constitui a zona limítrofe entre o primeiro planalto e a planície costeira formando serras marginais descontínuas que se elevam de 500 a 1000 m acima do planalto, no Estado do Paraná. Ao sul do Maciço do Marumbi encontra-se um planalto formado por vales dissecados onde se situa o rio Cubatão e seus efluentes formadores, o São João e Arraial. Nesta área de planalto se encontram as serras dos Castelhanos, Cubatão, Araraquara e Araçatuba e já na divisa com Santa Catarina situa-se o maciço do Iquererim com 1450 m de altitude originando uma barreira contra ventos e chuvas e delimitando vales ao redor de rios Cubatão, do Melo, São João (de baixo) e outros, e da cidade de Garuva, SC, (COPEL, 1993). Nesta área se localiza a maior concentração de cultivo de banana no Estado do Paraná com a divisa de Santa Catarina e menos intensamente de arroz e palmáceas (dados EMATER de Guaratuba).

Os sistemas hidrográficos do litoral e Serra do Mar são adaptados às linhas tectônicas, originando um padrão retangular de drenagem. São rios geologicamente recentes, caracterizados por corredeiras e saltos, com grande velocidade de corrente nas áreas mais elevadas, adquirindo junto às planícies aluviais feições de canais anastomosados, terminando nas baías e não diretamente no oceano (MINEROPAR, 1990). Esses vales originados pelas linhas tectônicas citadas acima têm uma influência muito importante na distribuição da flora da Floresta Atlântica Pluvial no Sul do Brasil (KLEIN, 1975).

3.1.5 Pedologia

De maneira geral, os solos da Serra do Mar são Solos Litólicos e Cambissolos Álicos e Distróficos com substrato de migmatitos, granitos, gnaisses e quartzitos. Os pedimentos são preenchidos pelos Cambissolos Álicos e pelos Podzólicos Vermelho-Amarelos Álicos e Distróficos e, em locais com vertentes mais suaves podem ocorrer os Latossolos Vermelho-Amarelos Álicos (EMBRAPA/IAPAR, 1984). Nas planícies

litorâneas, mais próximas ao estuário ocorrem solos do tipo Hidromórfico e Gley, conforme mapa em anexo (SEMA, 2003).

3.1.5.1 Influência do material de origem

De acordo com SALAMUNI (1967) e MINEROPAR (1990), a formação dos Granitos Intrusivos no Pré-Cambriano Superior deu origem a solos normalmente com grande quantidade de cascalhos e com altos teores de areia, principalmente nas áreas dos granitos subalcalinos e granitos de anatexia (granulação mais grosseira).

Os solos que ocorrem na Serra do Mar, nos morros próximos às nascentes dos principais rios que compõem esta região são principalmente originados dos granitos alcalinos. Essas rochas também têm influência na gênese dos solos que se encontram nas vertentes mais suaves, nos sopés das elevações e até nos vales dos rios para onde são deslocados blocos de rochas e material parcialmente intemperizado.

Ainda pertencentes ao período citado acima, rochas metamórficas constituídas por filitos, quartzitos e calcárias (influência bem menor). Os migmatitos representam uma das rochas mais importantes da Serra do Mar e contribuem para a formação de solos argilosos, com coloração e profundidade variáveis. E finalmente, a ocorrência de rochas mais antigas que pertencem ao Complexo Cristalino.

3.1.5.2 Tipos de solos

Segundo a EMBRAPA/IAPAR (1977), na Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana ou Floresta Subtropical Altomontana (descrição de KLEIN (1975), predominam solos do tipo Cambissol Distrófico com horizonte A moderado com textura argilosa, relevo ondulado, fortemente ondulado, montanhoso e escarpado (substrato migmatito). Os solos do tipo Cambissol são solos que possuem um certo grau de evolução, mas não o suficiente para meteorizar totalmente minerais como feldspatos, micas, hornblenda entre outros, sem acúmulo significativo de óxidos de ferro, húmus e argilas. Caracteriza-se também pela presença de minerais amorfos como alofana e

outros na fração argila e por teores de silte mais elevados, pela coloração pálida ou também pela distribuição da argila ao longo do perfil. Destaca-se também nesta região os Solos Litólicos, que são solos com horizonte A diretamente sobre a camada rochosa, e horizonte B, pouco espesso. Esta denominação é válida também para os solos com grande quantidade de cascalho, matacões, seixos, quando esta quantidade for maior do que a da terra.

Na Floresta de Várzea e Planícies e Litorânea ou Floresta Subtropical de Várzea, ocorrem solos Hidromórficos-Gleyzados, solos Orgânicos Turfosos Indiscriminados, com encharcamento permanente ou por períodos, originando o desenvolvimento de um horizonte próximo à superfície, de cor cinzenta devido às condições de oxi-redução por causa das flutuações do lençol freático. Ocorrem ainda solos do tipo Cambissolo Distrófico nas áreas menos alagadiças. Os solos Hidromórficos Gleyzados ocorrem em relevo plano, ao longo dos rios. Estes solos são encontrados em altitudes próximas de 50 m (EMBRAPA/IAPAR, 1984).

3.1.6 COBERTURA VEGETAL

Podemos reconhecer na Bacia do Rio Cubatão quatro fitofisionomias distintas: Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Submontana, uma zona de planície e outra de várzeas e pântanos na porção litorânea do rio, ambas descritas por VELOSO (1991) e MAACK (1981) e dentro da classificação descrita por KLEIN (1975), Floresta Atlântica Pluvial, a Floresta das encostas da Serra do Mar e da Serra Geral.

É conveniente ressaltar também as fitofisionomias descritas pela EMBRAPA/IAPAR (1977): Floresta Subtropical Altimontana e Floresta Subtropical de Várzea, que se identifica com a área em questão. As regiões descritas neste trabalho podem ser visualizadas no mapa de cobertura do solo em anexo (SEMA, 2003).

3.1.6.1 Floresta Ombrófila Densa Montana

O rio Cubatão tem sua origem no alto da Serra do Mar e grande parte da Bacia do rio Cubatão está inserida na Floresta Ombrófila Densa Montana (VELOSO, 1991), ou Regiões Subtropicais Altas da Serra, segundo MAACK (1981). Nesta região a pluviometria é intensa e a vegetação é composta por fanerófitos (macro e mesofanerófitos) e lianas lenhosas, com alturas variando entre 25 e 30 metros, palmáceas e epífetas (orquídeas e bromeliáceas) em grande quantidade. Os campos no alto da serra são também compostos por extensas áreas de bambusáceas anãs como a Caratuba (*Chusquea pinnifolia*) e inúmeras palmeiras como a *Euterpe edulis* (MAACK, 1981). A principal característica ecológica destas regiões é evidenciada por ambientes ombrófilos, estreitamente relacionados aos fatores climáticos e sem um período considerado biologicamente seco durante o ano oferecendo com isto uma grande biodiversidade. A região mais à leste e alta da Serra do Mar, onde se situa a nascente do Rio Cubatão, possui um estado de conservação bom e embora seja uma área de preservação ambiental, revela-se frágil por estar próxima a ambientes urbanos e por atividades de exploração mineral existentes na área.

Na classificação da EMBRAPA/IAPAR (1977) a vegetação descrita acima pode ser considerada como **Floresta Subtropical Altimontana**, que ocorre nas altas regiões das Serras, com precipitação elevada e nebulosidade constante. Esta vegetação é caracterizada por denso matagal, com complexo entrelaçado de bambú (Chusquea), cipós, arbustos, ervas e abundantes epífetas peculiares deste tipo de floresta.

Podemos também identificar as formações vegetacionais na Bacia do estudo do rio Cubatão descritas a seguir:

3.1.6.2 Floresta Ombrófila Densa Submontana

Descrita também por MAACK (1981) como Mata Pluvial-tropical e Subtropical da Serra do Mar, caracterizada pela umidade, calor e período vegetativo sem interrupção e onde se observa a associação da vegetação com árvores altas, palmáceas e epífetas.

Entre as espécies destacam-se as figueiras (Ficus) como a figueira branca (*Ficus organensis),* e leguminosas como o angico verdadeiro (*Piptadenia rigida* Benth.) e outras numerosas espécies lenhosas.

Nesta área de mata subtropical da Serra do Mar está situada a primeira estação de coleta Salto e a segunda, do Banestado à montante do rio cuja inclinação de terreno começa a ser menos acentuada. Embora já alterada pela ação antrópica sua vegetação é constituída por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos e com a presença de lianas, palmáceas, bambus e epífetas de todas as espécies em grande quantidade, mas com visível substituição da mata nativa pelas palmáceas (bananas e palmitos) na margem do rio (Fig.02 e 04). Este relevo submontanhoso é também constituído por fanerófitos com altura mais ou menos uniforme.

Podemos reconhecer as fitofisionomias acima na descrição de KLEIN, (1975) para **Floresta Atlântica Pluvial (Floresta das encostas da Serra do Mar e Serra Geral)**, que se caracteriza por pequeno número de espécies, com uma fitofisionomia homogênea não encontrada em nenhum outro tipo de floresta brasileira. De acordo com esse autor, na Floresta Atlântica Pluvial existe uma instabilidade permanente no dinamismo e na vitalidade das espécies, principalmente nas espécies decíduas e semidecíduas (*Alchornea tripinervia*).

3.1.6.3 Zona de planície e várzeas, e litorânea

MAACK (1981) também classifica essa região como Mata Pluvial-tropical e Subtropical do Litoral. Entre as seis estações de coleta, quatro (Prainha, Ponte, Igreja e Balsa) possuem as características vegetacionais de mata pluvial-tropical, com zona de predominância de palmáceas (MAACK, 1981). A mata ciliar nas estações Prainha e Ponte tem suas margens quase que completamente substituídas pelo cultivo intensivo de banana entrecortados por bambusais e algumas palmáceas (entre elas as do palmito jussara e pupunha), cipós como o cipó escada (*Bauhinia forficata*) e o cipó-imbé (*Philodendrum imbé*), entre outros e espécies de taquaras como a *Merosthachys sp* e *Olyra glaberrima* e espécies de gramíneas. A formação de restingas penetra para o

interior do continente encontrando áreas alagadas onde estas são utilizadas para as plantações de arroz da região, alternando com as associações de vegetação composta por arbustos e árvores com muitas variedades de pteridófitas e bromeliáceas terrestres e epífitas e diversas espécies de gramíneas de brejo (MAACK, 1981) bem como o conhecido Lírio do brejo (*Hedychium coronarium*) e a Taboa (*Typha sp.)*. Mesmo com a influência sutil da maré nos períodos de chuva, a última estação a jusante (Balsa) tem sua mata ciliar quase que totalmente substituída por cultivo intensivo de banana.

Em direção ao trecho final do rio Cubatão, próximo à Baía de Guaratuba, cabe mencionar a classificação da EMBRAPA/IAPAR (1977), **Floresta Subtropical de Várzea**, que é caracterizada pela vegetação de pequeno porte, com folhas pequenas ou muito grandes, típicas de algumas árvores de litoral, que ocupam as partes mais baixas e planas do relevo, ou áreas abaciadas. A predominância vegetal é a “barba de pau”, que fornece um aspecto de vegetação morta.

FIG. 02 – VISTA DA VEGETAÇÃO DA PRIMEIRA ESTAÇÃO (SALTO) À MONTANTE DO RIO CUBATÃO.

Fonte: Brandini, N.

3.1.7 USO DO SOLO E DADOS POPULACIONAIS

O levantamento de dados sócio-ambientais foram obtidos junto à EMATER de Guaratuba (Escritório Caovi/Cubatão), à Associação dos Produtores de Banana da Vila de Cubatão e IBGE de Curitiba, PR.

Segundo dados do último senso do IBGE (2000), não existe um setor (denominação técnica do IBGE para uma área com um número mínimo de população) na área específica da Vila de Cubatão. Levamos em consideração os três setores que envolvem a bacia do rio Cubatão que compreendem: o setor 54 com 142 famílias e 452 habitantes, o setor 56 com 210 famílias e 479 habitantes e o setor três com 297 famílias e 954 habitantes. Segundo informações do IBGE (2000), as famílias estão estabelecidas na sua maioria ao longo dos rios. A maioria das famílias trabalha na produção de banana e de arroz e em menor número do cultivo de mandioca, da pesca e de atividades pecuárias. Informações da EMATER de Guaratuba indicam que em 1997 havia 150 famílias na Vila de Cubatão. Ainda segundo dados da EMATER esta vila em relação aos outros vilarejos próximos como Limeira, possui uma população com uma qualidade de vida superior, vivendo quase que exclusivamente dos cultivos mencionados acima.

Dados históricos (informações pessoais) da EMATER de Guaratuba, do escritório de Caovi, o cultivo de arroz na Vila de Cubatão iniciou-se em 1965 e o de banana por volta de 1980. Atualmente a área estimada ocupada pelos cultivos constitui-se nas seguintes dimensões:

- área cultivada de banana: em torno de 2800 ha.
- área cultivada de arroz irrigado: em torno de 470 ha.
- outros 250 ha ocupados com cultivo de palmáceas (pupunha, palmeira real, palmito Jussara).

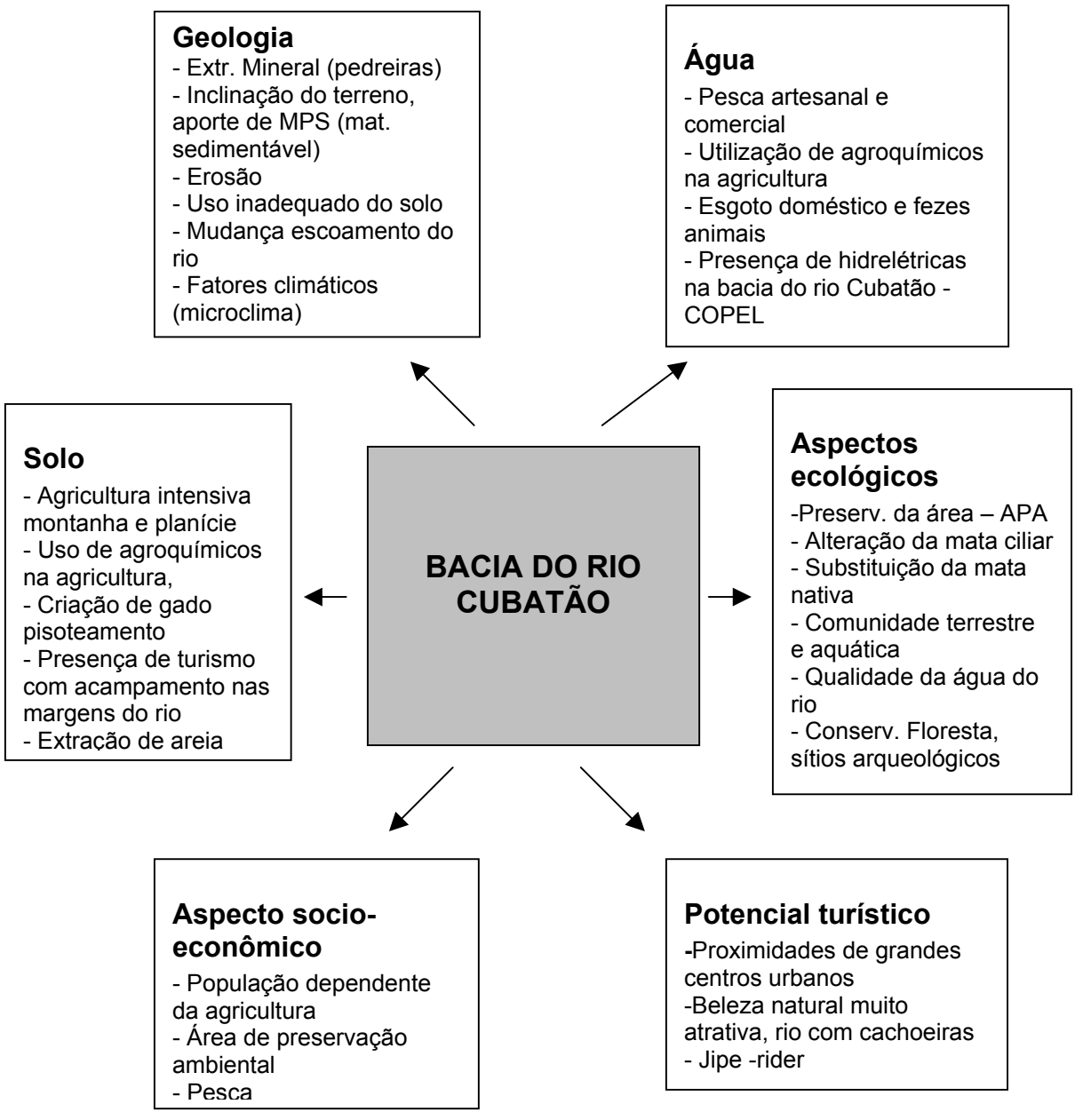
Também segundo informações de técnicos da EMATER de Guaratuba, a dragagem de areia que aconteceu em julho de 2002 durante o período de coletas, é ocasional para retirada de seixos do meio do rio, usados na manutenção da estrada

local. Esta retirada dos seixos foi permitida pelo IAP, sem que se tenha informação de estudos do impacto ambiental causado pela atividade.

A bacia do rio Cubatão possui duas hidrelétricas (Guaricana e Chaminé) e projetos para construção de outra (Usina H. de Cubatão) que poderá mudar drasticamente o fluxo e o regime de temperatura e consequentemente as características físico-químicas, alterando o vínculo existente entre montante e jusante dos rios desta bacia. A figura 03 apresenta uma relação de fatores físicos influenciadores do meio ambiente em que se encontra a bacia do rio Cubatão.

Segundo informações de técnicos da EMATER de Guaratuba, a vegetação da área de estudo sofreu modificações não somente pelo cultivo de banana e arroz, mas também porque foram introduzidas algumas plantas como o “beijinho” (*Impatiens walleriana*) para controle de ervas daninhas.

FIG. 03. FLUXOGRAMA DOS FATORES ECOLÓGICOS E DE AGENTES IMPACTANTES DA ÁREA DE ESTUDO NA BACIA DO RIO CUBATÃO –USUÁRIO/SISTEMA



De acordo com a Secretaria de Estado da Cultura do Estado do Paraná, as margens do rio Cubatão se constituem em área de depósito de um manancial rico em sítios arqueológicos (sambaquis) que já estão cadastrados e provavelmente existem outros a serem descobertos. Ainda de acordo com esta Secretaria, estes sítios arqueológicos seriam da sociedade dos índios Carijós, antigos Guaranis que fazem parte do primitivo povo Tupi. Estima-se que esta comunidade, teria atingido o importante número de 6 a 8 mil silvícolas (COPEL 1993).

3.1.7.1 A utilização de defensivos agrícolas e corretivos do solo

Os compostos nitrogenados NPK (Nitrogênio/Fósforo/Potássio) e o material orgânico de origem animal agregam-se facilmente ao material particulado que será transportado pelos rios para baías e oceanos (Esteves, 1988).

Estudos preliminares sobre a qualidade da água do rio Cubatão COPEL, (1996), indicam um excesso de nitrogênio total, com valor de 1,1 mg/L e uma taxa elevada de coliformes fecais, 900nmp/100ml. Este estudo foi realizado nos rios Arraial e São João e em uma estação do rio Cubatão (8), localizada próxima à confluência destes, sugerindo uma poluição de origem animal (fezes) ou por adubação (compostos nitrogenados NPK) uma vez que naquela região existem pequenas criações de gado e sítios ribeirinhos. Sabe-se que o excesso de nitrogênio pode agir como ponto de desequilíbrio no desenvolvimento de ecossistemas.

As práticas agrícolas podem provocar grandes alterações na composição das águas de escoamento: o uso de adubos aumenta a quantidade de nitratos, fosfatos e contribui bastante na eutrofização dos sistemas hídricos. A área de planície que envolve o rio Cubatão é densamente ocupada pela prática da agricultura, (Tab. 02).

TABELA 02 - AGENTES IMPACTANTES E DE FATORES ECOLÓGICOS DA ÁREA DE ESTUDO DA BACIA DO RIO CUBATÃO.

SUB-SISTEMAS	USUÁRIO							
	RURAL			URBANO				
	Agric. e Horticultura	Consum. local	Pecuária	SANEPAR	Mineração	Turis-mo	COPEL	Conserv. Ambiental
H_2O Superficial	X	X	X	X	X	X	X	X
H_2O aqüífero	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	X	X	X	-	X	X	X	?
Biota-zon. Úmidas (várzeas)	X	X	X	-	-	X		X
Biotas-flor. campo	X	-	X	-	-	-	X	X

Fonte: Informações deste trabalho

De acordo com os técnicos da EMATER de Caovi, Guaratuba, 99% dos produtores da área do rio Cubatão utilizam agroquímicos nas suas plantações, assim como corretivos do solo (carbonato de cálcio). Segundo dados obtidos nesta instituição os seguintes produtos, com as respectivas *classes toxicológicas (COMPÊNDIO, 1987), são os mais utilizados atualmente:

Para o cultivo de banana

Herbicida:

Gramocil (paraquat + diuron) classe tox. I

Gramoxone (paraquat) classe tox. I

Roundup (glifosart) classe tox. II

Fungicida:

Óleo mineral + Tilt (propiconazoli) classe tox. II

Folicur (tebuconazole) do grupo dos triazois classe tox. II

Cucobin (thiophanatemethyl) classe tox.II

Inseticida:
Furadan (carbofuran), muito utilizado para controle da broca da banana. Classe tox. I
Este último produto é extremamente tóxico e tem período de carência de 90 dias.

Para o cultivo de arroz:
Herbicida:
Nominee (bispyribac-sódium)
Ally (metsulfuron/methyl)
Inseticida:
Furadan (carbofuran), para bicheira da raiz do arroz, classe tox. I

***Classe toxicológica:**
I: altamente tóxico
II: medianamente tóxico
III: pouco tóxico
IV: praticamente não-tóxico

Os defensivos agrícolas citados acima têm período de carência (tempo mínimo entre a aplicação do produto e a colheita) que variam de 7 a 150 dias. Muitos moradores da Vila de Cubatão relatam utilizar a água do rio Cubatão para diversas finalidades, inclusive para consumo alimentar.

DORES & FREIRE (1999), em revisão de literatura sobre a contaminação dos ambientes aquáticos por pesticidas, demonstraram a grande dificuldade para se determinar e até mesmo para se estimar a entrada de produtos derivados de defensivos agrícolas no meio aquático. Mesmo se conhecendo a quantidade de pesticidas empregada, isto vai depender da metodologia de aplicação do produto (pulverização, diretamente sobre a planta ou no solo). Quando o produto é aplicado através de pulverização por avião ou manual, grande parte deste é volatilizada, carregada pelo vento atingindo o meio aquático por deposição da poeira ou precipitação, atingindo até em longas distâncias rios, lagos e oceanos.

As autoras ressaltam que a entrada de pesticidas no meio aquático depende principalmente da dinâmica destes compostos no solo, do local em que eles são utilizados e também do conhecimento do comportamento destes no seu local de uso, ou seja, informações como: dados sobre o produto, as características ambientais do local (composição e estabilidade do solo, precipitação, topografia e características físico-químicas do meio aquático em questão). O fato da concentração de pesticidas em águas ser geralmente bem baixa não elimina a possibilidade de ocorrer altas concentrações após chuvas pesadas, principalmente em áreas tratadas com altas doses de defensivos agrícolas próximas a pequenos córregos.

De acordo com estas autoras, existem vários modelos matemáticos para simulação da movimentação de pesticidas do seu local de aplicação para o meio aquático através de lixiviação ou carreamento superficial. Um dos modelos foi utilizado por COHEN *et al.,* (1998) e citado pelas autoras, no entanto existem controvérsias e incertezas quanto aos resultados dos dados, por não refletirem completamente a realidade. Os dados de variáveis (como a constância de velocidade de degradação do composto químico) podem apresentar coeficiente de variação muito alto (73%).

Diante dos argumentos citados acima, optou-se por não nos aprofundarmos mais sobre a utilização dos defensivos agrícolas na área do rio Cubatão, por ausência de dados concretos sobre a quantidade dos mesmos. Porém não se pode excluir a preocupação sobre uma verificação correta do uso de defensivos agrícolas nesta região, que segundo dados da EMATER de Guaratuba (escritório Caovi/Cubatão), é de importância considerável.

3.2 UNIDADES DE PAISAGEM DA ÁREA DE ESTUDO

Para correlacionar as características limnológicas da bacia com suas características fisiográficas, a mesma foi dividida em unidades de paisagem baseada em TROPPMAIR (1989), e conforme descrito em capítulo anterior.

Levando-se em consideração principalmente o relevo da área de estudo, as unidades de paisagem foram divididas em dois grandes setores que foram subdivididos.

O primeiro setor foi denominado **Serra do Mar** e foi dividido em cinco sub-setores: **Cristas; Vertentes íngremes; Vertentes médias; Piemonte e Calhas fluviais**. O segundo grande setor denominado **Planície litorânea,** foi dividido em dois sub-setores: **Áreas mais elevadas** e **Várzeas**. O primeiro setor caracteriza-se pela grande altitude da Serra do Mar, com a presença de blocos rochosos e mata fechada, com vegetação típica de montanha.

Podemos considerar que todas as estações de coleta se encontram no setor da Planície litorânea. Dentro do sub-setor das **Áreas mais elevadas** estão localizadas as estações de coleta 1 (Salto) (Fig. 04) que se caracteriza por bambusáceas e palmáceas em meio à vegetação mais fechada e bem pouca influência antrópica e Banestado (2), esta última com moderada substituição da mata nativa por cultivo de banana e palmito e presença de alguns moradores próximos ao rio (Fig. 05).

No sub-setor das **Áreas menos elevadas,** estão as estações de coleta 3 (Prainha) (Fig. 06) e estação 4 (Ponte) (Fig. 07) com área de inclinação de terreno menor do que a anterior (Graf. 21) e grande parte das margens constituídas por cultivo de banana. A velocidade da água é intensa devido à inclinação de terreno ainda ser acentuada.

Ainda no sub-setor denominado **Várzeas,** encontram-se as estações 5 (Igreja) (Fig.08) e estação 6 (Balsa) (Fig. 9), situados em uma área de transição entre Floresta Densa Pluvial, Planícies e Várzeas, onde ainda observa-se vegetação nativa mas já com intensa ocorrência de cultivo de banana e palmito introduzidos e mata ciliar composta por espécies de gramíneas e taquaras. Nesta área ocorrem criações esparsas de gado. Estas duas últimas estações do sub-setor **Várzeas** têm suas margens alagadas nos períodos de chuva. É também neste último sub-setor que se concentra a maior população da Vila de Cubatão. A velocidade da corrente é muito baixa e a influência marinha é perceptível. A tabela 03 abaixo descreve os fatores predominantes que caracterizam as unidades de paisagens e a localização dos pontos de coleta dentro das mesmas.

TABELA 03: CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DAS UNIDADES DE PAISAGENS E DAS ESTAÇÕES DE COLETAS NA BACIA DO RIO CUBATÃO

SETOR/UNID PAISAGEM	Sub-setores	Estações	Padrão drenag.	Geologia	Vegetação	Solos	Ocupação do solo
SERRA DO MAR	**Cristas Vertentes íngremes Vertentes médias Piemonte Calhas fluviais**		**SUB-PARALELO**	Granitos e Granitódes (pré-Cambriano e Cambriano), Complexo Gnáissico. Diques de Diabásio. Depósitos re sedimentos recentes (Cenozóico).	**Floresta Ombrófila Densa Montana ou Floresta Subtropical Pluvial e Floresta Ombrófila Densa Submontana**, com pequena alteração da mata nativa por palmitáceas. **Floresta Atlântica Pluvial** ainda em bom estado de conservação mas com introdução de pequenos trechos de cultivo de banana e palmito.	**CAMBISSOLO** álico argiloso e Distrófico. Solos LITÓLICOS.	**Baixa existência de atividades humanas:** APA de Guaratuba, Alguns sítios e fazendas e moradores, pouco turismo (Camping) às margens do rio. Introdução de espécies de palmito. Margens dos rios sem ocupação humana.
PLANÍCIE LITORÂNEA	**Áreas mais elevadas**	**1, 2,**		Depósitos sedimentares (Cenozóico) areno-síltico-argilosos e de depósitos rudáceos.	**Zona de transição de Floresta/ Planície** . Nas áreas de planície com intenso cultivo de banana.	Solos **HIFROMÓRFI-COS**.	**Baixa (est. 1),Moderada (est. 2),e alta exist.. de ativ. Antrópica (est. 3, 4, e 5);** Na Vila de Cubatão, existência de pecuária e lavoura de subsistência, cultivo intensivo de banana. intenso tráfego no transporte da banana. Pulverização sazonal de agroquímicos.
	Áreas menos elevadas	**3 e 4**					
	Várzeas	**5 e 6**	**MEÂNDRICO**	Depósitos do Quaternário recente, compostos por sedimento argilo-arenosos de decomp. fluvio-marinha.	**Área de Planície, Várzea e transição Zona Litorânea,** com vegetação de médio e pequeno porte e áreas inundadas (infl. da maré nos pontos 5 e 6). Existência de cultivo de banana e arroz.	**PODZOL e** Solos HIDROMÓRFI-COS e GLEYZADOS, Solos orgânicos turfosos	Cultivo intensivo de banana e arroz, maior concent. da população, existência de atividades pecuárias. Pesca artesanal.

A tabela 03 foi confeccionada a partir de dados de KLEIN (1967), MAACK (1981), MARQUES (2000), VELOSO (1991) e através dos mapas por satélite e da Secretaria Estadual do meio Ambiente, SEMA/PR.

FIG.04: ESTAÇÃO DE COLETA 1, (SALTO), À MONTANTE DO RIO CUBATÃO COM ASPECTOS DA VEGETAÇÃO LOCAL.

Fonte: Todeschin, M. L.

FIG. 05: ESTAÇÃO DE COLETA 2, (BANESTADO), À MONTANTE DO RIO CUBATÃO, COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO CILIAR SUBSTITUIDA POR AGRICULTURA.

Fonte: Brandini, N.

FIG 06: ESTAÇÃO DE COLETA 3, (PRAINHA) COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO POUCO ALTERADA NA MARGEM ESQUERDA DO RIO.

Fonte: Todeschini, M. L.

FIG 07: ESTAÇÃO DE COLETA 4, (PONTE), COM ASPECTO DA VEGETAÇÃO CILIAR (BAMBUSÁCEA) E CULTIVO INTENSIVO DE BANANA NA MARGEM DIREITA.

Fonte Todeschini, M. L.

FIG. 08: ESTAÇÃO DE COLETA 5, (IGREJA) COM VISUALIZAÇÃO DE PROCESSO EROSIVO NATURAL NA MARGEM DIREITA DO RIO CUBATÃO.

Fonte: Todeschini, M. L.

FIG. 9: ESTAÇÃO DE COLETA 6, (BALSA), À JUSANTE DO RIO CUBATÃO. COM A BALSA DE TRAVESSIA.

Fonte: Brandini, N.

3.3 AMOSTRAGEM

3.3.1 Descritores físicos e químicos

As campanhas amostrais foram realizadas de julho de 2002 a junho de 2003, em seis estações: estações 1 (Salto), a montante do rio e a estação 6 (Balsa) na jusante. Em cada estação foram realizadas amostragens na água da superfície com uma garrafa do tipo “Van Dorn”. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e mantidas no escuro em uma caixa térmica com gelo até a chegada em laboratório.

As amostras para a determinação de nutrientes (nitrato, nitrito, amônio, fosfato e sílica) foram filtradas em filtros Whatmann GF/C (ϕ = 47 mm), já no laboratório, foram imediatamente acondicionadas em frascos de polietileno e congeladas até a execução das análises que foram efetuadas conforme as técnicas descritas por GRASSHOFF *et al*., (1983).

O material particulado em suspensão foi determinado pela técnica gravimétrica descrita por STRICKLAND & PARSONS, (1972). Foram filtrados aproximadamente 300 mL de água em filtros Whatman GF/C (ϕ = 47 mm). Os filtros foram mantidos a 65 ºC por duas horas, em estufa e resfriados por duas horas em dessecador e pesados em balança Mettler H5 1AR, com precisão de 5 casas decimais.

Para a determinação de clorofila-*a* foram filtrados aproximadamente 50 mL da amostra em filtros Whatmann GF/C (ϕ = 47 mm). Os filtros foram acondicionados em envelopes e congelados até a análise, que seguiu o método fluorimétrico (PARSONS *et al.*, 1984), com um fluorômetro Turner Designs, modelo AU-10

O nitrogênio e o fósforo totais através da oxidação por persulfate, conforme procedimento descrito em GRASSHOF *et al.*, (1983).

No procedimento para o oxigênio dissolvido foram fixadas as amostras em campo e imediatamente após a coleta foram conservadas em local escuro e sem variação de temperatura até a análise em laboratório, efetuado de acordo com o método de Winkler, segundo GRASSHOFF *et al.,* (1983). Para o DBO_5, foi fixada uma amostra em duplicata, imediatamente após a coleta, as duas outras amostras foram incubadas a 21ºC, no escuro, durante 5 dias e posteriormente analisadas conforme método do oxigênio dissolvido, descrito logo acima.

As medidas de pH foram realizadas em campo com a utilização de um pH-metro da marca Hanna, HI 8424, dotado de sensor de T ºC.

Na determinação da alcalinidade, 10 mL foram fixados em campo com 0,2 mL de HCl 0,01 M, e analisada por titrimetria, com ponto final obtido pelo método de Gran, (CARMOUZE, 1994). O CO_2 total (% de saturação) foi calculado à partir dos dados de temperatura, salinidade, pH e alcalinidade, conforme o modelo de interações iônicas apresentado por CARMOUZE (1994).

Os valores de temperatura da água e a condutividade foram obtidos em todas as estações com termômetro (HANNA HI 8424) e condutivímetro portátil (GEAKA – 240). Os dados de temperatura do ar, precipitação e de fluxohídricos

(estação Banestado) foram fornecidos pela LACTEC – PR (Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento).

As amostras para análises de Ca, K, Na, Mg, Cl e Sílica, foram acondicionadas em frascos de vidro âmbar e transportadas em caixa de isopor com gelo até o laboratório LPH (Laboratório de Recursos Hídricos) da UFPR, em Curitiba, onde foram analisadas conforme metodologia descrita “Standard Methods”, (APHA, 1989).

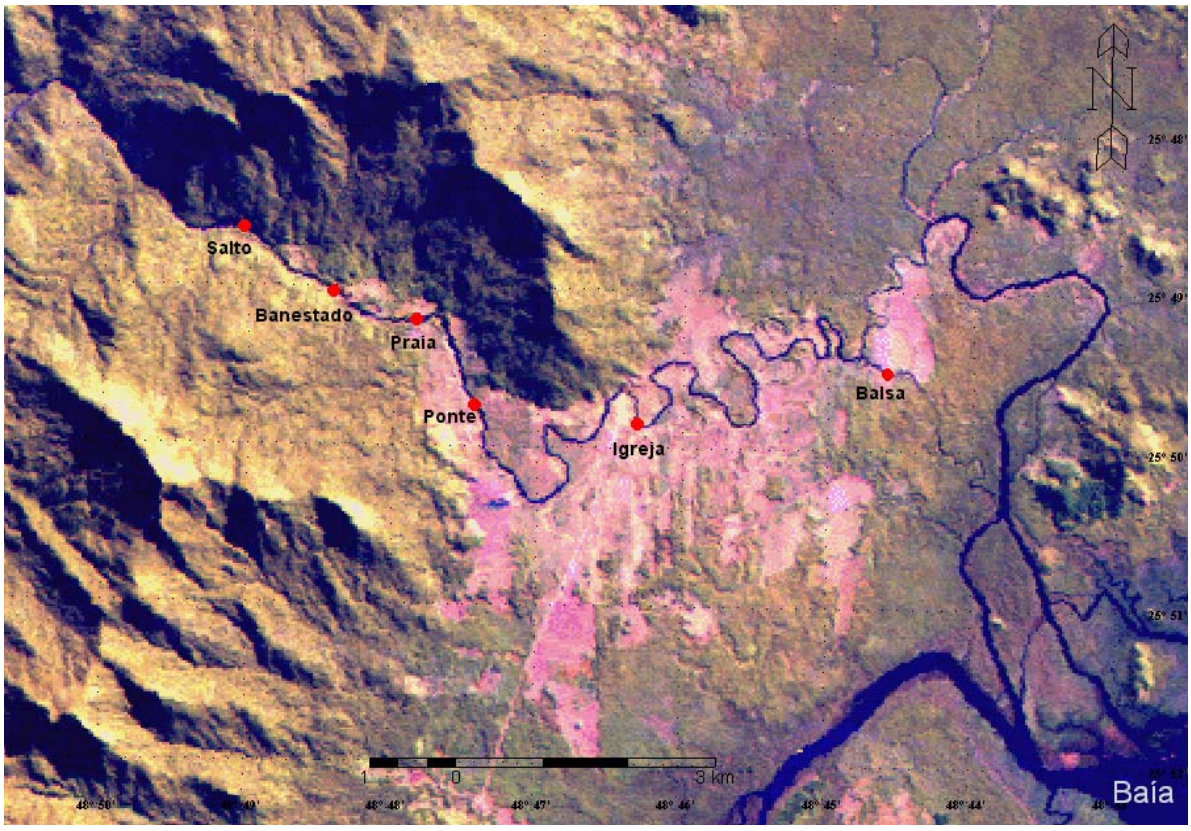
TABELA 04: TÉCNICAS E MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DAS VARIÁVEIS INVESTIGADAS.

Variável	**Campo**	**Laboratório**	**Método**
Nutrientes inorgânico dissolvidos (NO_2, NO_3, NH_4, PO_4 e $Si(OH)_4$)		**X**	GRASSHOFF *et al*., 1983.
Material particulado em suspensão		**X**	STRICKLAND & PARSONS, 1972.
Alcalinidade		**X**	CARMOUZE, 1994.
pH e temperatura	**X**		pH-metro de campo HANNA, HI 8424 dotado de sensor de T° C
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)		**X**	GRASSHOFF, *et al*., 1983.
Nitrogênio e fósforo total NT e PT		**X**	GRASSHOFF, *et al*.,1983.
Oxigênio dissolvido		**X**	Winkler 1888, segundo GRASSHOFF, 1983.
Clorofila-*a*		**X**	PARSONS *et al*., 1984.
Cálcio e Magnésio		**X**	GRASSHOFF, 1983.
Coordenadas geográficas	**X**		GPS
Condutividade	**X**		Condut. GEAKA – 240.
Potássio, Cloretos, Dureza e Sódio		**X**	APHA, 1989.

3.3.2 Localização das estações das amostras

A escolha das estações foi efetuada em função de duas condições básicas para este trabalho: primeiro levou-se em conta a dificuldade de acesso aos trechos finais da montante e da jusante do rio Cubatão, e em segundo lugar o uso do solo, uma vez que as estações de coleta encontram-se na maior área de agricultura ao longo do rio Cubatão (Fig. 10). Os pontos de coleta selecionados foram referenciados com as coordenadas geográficas – GPS. Quase todos os pontos localizam-se na região de planície, no trecho meandrante do rio começando pela estação Salto à montante e terminando rio abaixo na estação Balsa, à jusante deste rio.

FIG. 10: LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DA ÁREA DE ESTUDO SELECIONADA NO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR. (25º 45'86'' e 25º 56'88'' S e 48º 52'32'' e 48º 30'47'' W). (IMAGEM LANDSAT-5 DE 09/09/1990, COMPOSIÇÃO RGB:5 PC1,2).



Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM – UFPR.

3.3.3 Freqüência e período das coletas

Foram realizadas seis campanhas de amostragem de julho de 2002 a junho de 2003, levando-se em conta os períodos de seca (meses mais frios) e período de chuva (meses mais quentes) do ano. Foram selecionados 6 pontos dentro dos acessos máximos possíveis por terra de jusante à montante, previamente selecionados a partir da campanha piloto. Todas as coletas de campo obedeceram a um padrão de percurso e horário, tiveram início no período da manhã por volta de 09:00 h e eram finalizadas no período da tarde por volta de 16:00 h, tendo como ponto inicial a estação da Balsa na jusante e ponto final a estação Salto, à montante do rio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas fluviais têm uma grande superfície de interação com ecossistemas terrestres onde as propriedades físico-químicas da água estão diretamente relacionadas às áreas de drenagem das mesmas. O impacto humano causado pela agricultura, construção, queima de matas vem contribuindo com o incremento de materiais na água de escoamento dos rios (RIOS, 1995).

4.1 Dados meteorológicos e hidrológicos

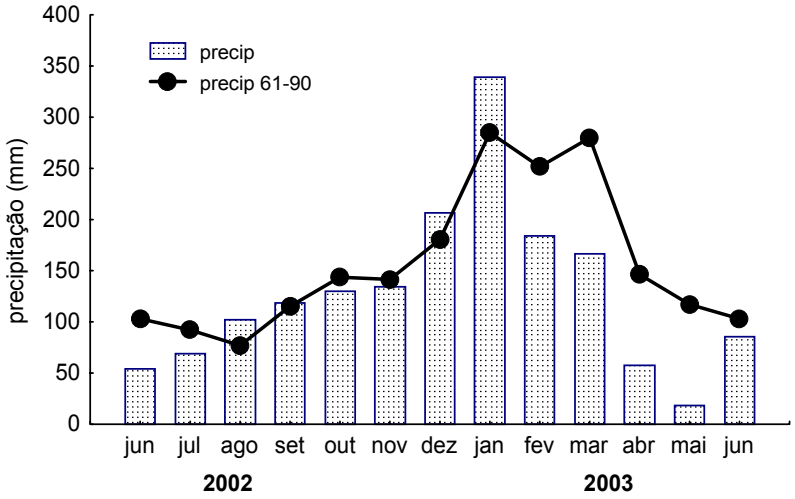
Podemos observar um comportamento climático bem distinto entre o período seco (com meses mais frios), e o chuvoso (com meses mais quentes), escolhidos para a realização das coletas. A região onde se encontra o rio Cubatão tem um índice pluviométrico alto, chegando a atingir mais de 3000 mm. Apesar da precipitação ser maior nos meses de verão, podemos notar que os valores das estações pluviométricas do período seco não são pequenos, o que é típico de região de clima pluvial temperado, ou subtropical.

4.1.1 Precipitação

Embora os estudos sobre dados coletados entre 1974 a 1993 apresentem uma variação da precipitação de 1400 a 2400 mm, no Estado do Paraná (JICA,1995 apud. FRITZSONS, 2003), a área onde se encontra a bacia do rio Cubatão é considerada de alto índice pluviométrico, ultrapassando mesmo a faixa dos 3000 mm/ano (IPARDES, 1990).

Para uma avaliação dos dados relativos à precipitação da área em estudo, foram analisados os dados pluviométricos de 4 estações de observação que se encontram dentro ou próximas da bacia do rio Cubatão (Vossoroca, Guaricana, Salto do Meio e Guaratuba) fornecidos pelo Sistema Paranaense de Meteorologia (SIMEPAR-PR). Os valores encontrados através da somatória mensal do período estudado (junho 2002 a junho 2003) obtidos para cada estação meteorológica citadas acima, foram respectivamente 1051,2, 1646,8, 1507,4, e 2448,0 mm/ano. Entretanto, a média das 4 estações foi de 1663,4 mm/ano, encontrando-se dentro do índice reportado por JICA 1995 *apud* FRITZSONS (2003), bem como dos dados extraídos das Normas Climatológicas de 1961 – 1990 (DNM 1992) para a Baía de Paranaguá, situada aproximadamente a 30km ao norte do litoral do Paraná, (Graf. 01).

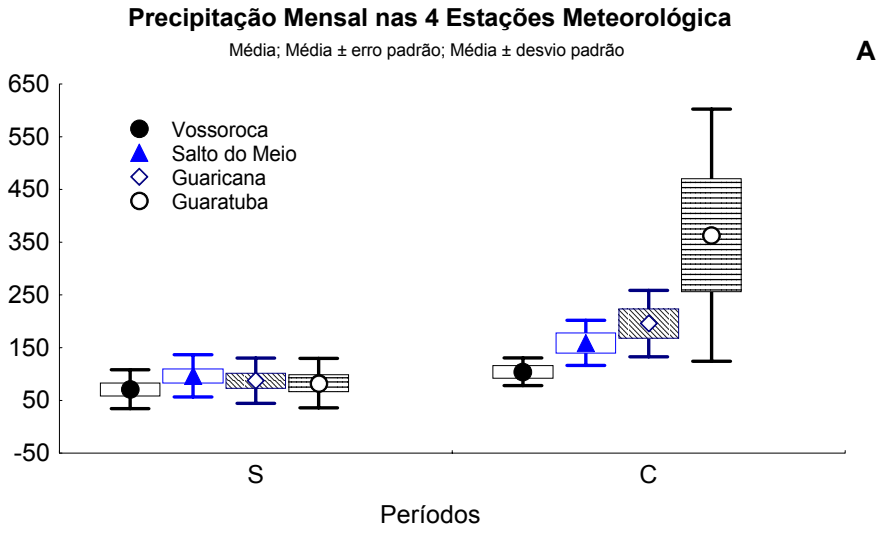
GRÁFICO 01: TAXAS MENSAIS (MÉDIAS) DA PRECIPITAÇÃO (mm) (SOMATÓRIA DOS VALORES DIÁRIOS), DAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS ENTRE JUNHO DE 2002 E JUNHO DE 2003, E MÉDIAS MENSAIS (ENTRE 1961 A 1990), OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PARANAGUÁ (NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, 1992 - DNM).

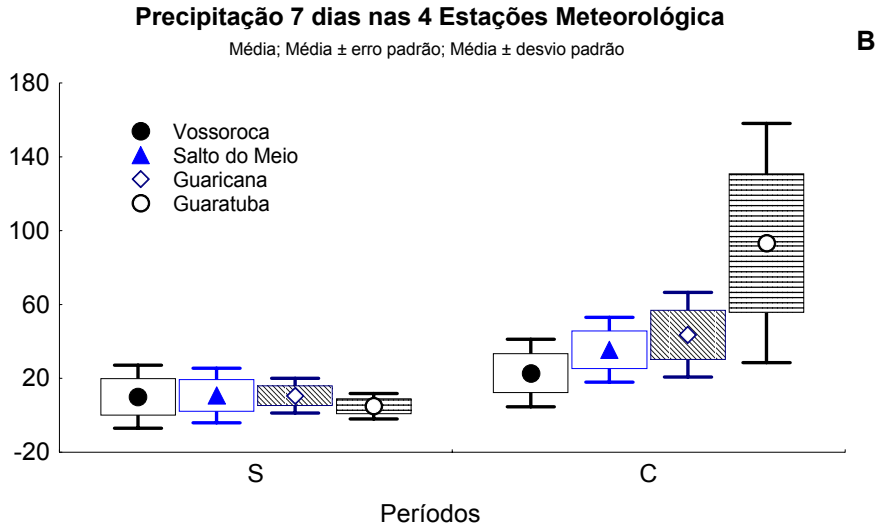


Fonte: —●— Ministério da Agricultura e Reforma Agrária; Secretaria Nacional de Irrigação; Departamento Nacional de Meteorologia.

Para este estudo, foram colhidos os índices de precipitação de junho de 2002 a junho de 2003. Para um melhor entendimento da sazonalidade na região, e a influencia da precipitação na hidrografia do sistema, os dados obtidos foram divididos em dois períodos, chuvoso (novembro de 2002 a março de 2003) e seco (junho a dezembro de 2002, abril a junho 2003). Assim, foram consideradas as somatórias das precipitações diárias (referentes a 7 dias antes da coleta), bem como as taxas mensais para cada período, (Graf. 02)

GRÁFICO 02: VALORES MÉDIOS MENSAIS (A) E DE 7 DIAS ANTES DA DATA DE coleta (B), DA PRECIPITAÇÃO (mm), PARA O PERÍODO CHUVOSO E SECO, DAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS, S=SECO E C= CHUVOSO PRÓXIMAS AO RIO CUBATÃO, ENTRE JUNHO DE 2002 E JUNHO DE 2003.

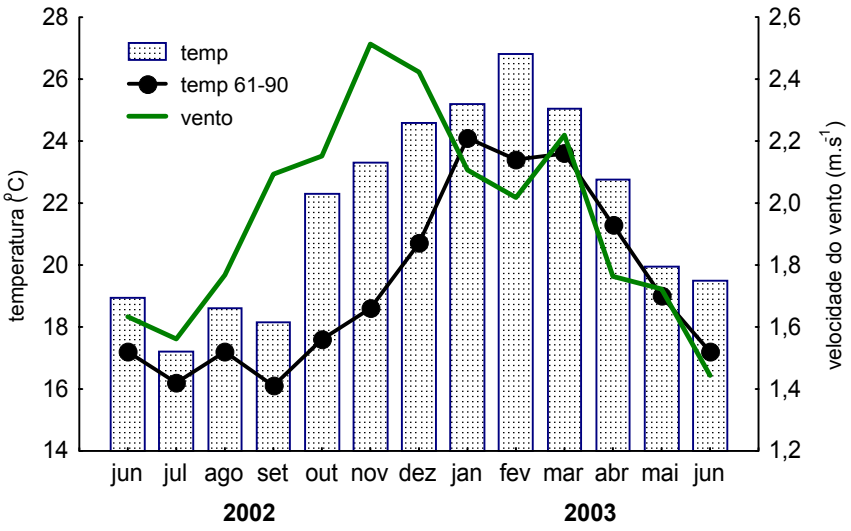




4.1.2 Vento e temperatura do ar

A média mensal máxima da temperatura do ar foi de 26,8 ^{o}C chegando a 32,0 ^{o}C média do dia da coleta em fevereiro de 2003, enquanto o valor mínimo de 17,2 foi registrado em julho de 2002 chegando a uma temperatura de 17,7^{o}C no dia da coleta. Todos os dados de temperaturas mensais obtidos neste trabalho estiveram acima das médias mensais de 29 anos (DNM, 1992), (Graf. 03). A média mensal da intensidade do vento apresentou um máximo de 2,51 m/s em novembro de 2002 e um mínimo 1,56 e 1,44 m/s em julho de 2002 e junho de 2003, respectivamente, apresentando uma leve tendência sazonal com valores mais elevados nos períodos mais quentes do ano (Graf. 03).

GRÁFICO 03: TEMPERATURA DO AR (T^{O}C) E DA INTENSIDADE DO VENTO (m/s) (MÉDIAS MENSAIS), ENTRE JUNHO DE 2002 E JULHO DE 2003, OBTIDAS NAS 4 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS PRÓXIMAS AO RIO CUBATÃO, E MÉDIAS MENSAIS DA TEMPERATURA DO AR (ENTRE 1961 A 1990), OBTIDAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE PARANAGUÁ (NORMAIS CLIMATOLÓGICAS, 1992 - DNM).



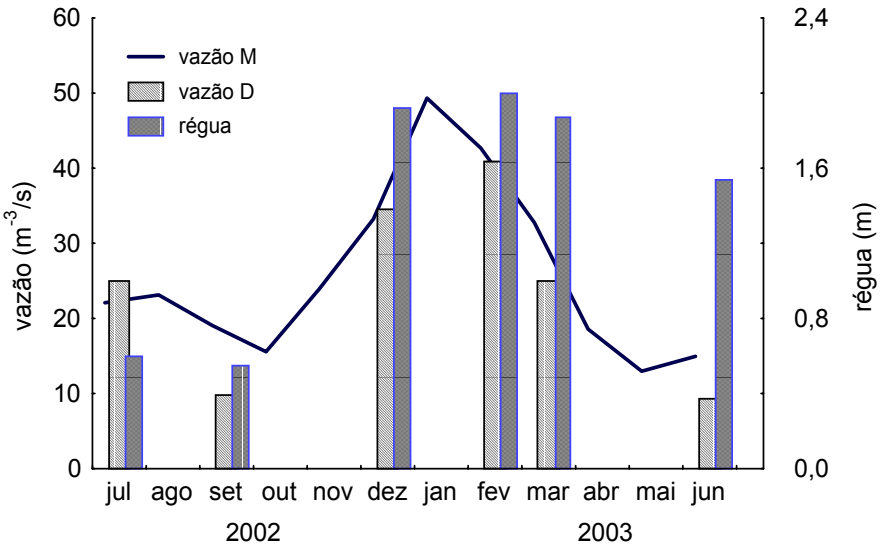
As variações de temperatura do ar entre os pontos de coleta selecionados devem-se provavelmente ao relevo, à vegetação e ao horário das coletas. O horário das coletas foi das 09:00h às 15:30h e estas foram feitas a partir da jusante (Balsa, 6) para a montante (Salto, 1).

4.1.3 Vazão dos rios

Os dados de vazão neste trabalho correspondem aos valores obtidos na estação de coleta do rio Cubatão levantados pela SUDERHSA – PR, de julho de 2002 a junho de 2003. O valor máximo mensal diário encontrado foi de 49,3 m^3/s no mês de janeiro de 2003 e o mínimo de 13,0 m^3/s em maio de 2003, (Graf. 04). As diferenças sazonais foram comprovadas pelo test-T (Statistica) demonstrando uma alta significância entre os períodos ($p<0,000$). O período chuvoso apresentou um valor médio de 36,2 e seco de 18,7 m^{-3}/s respectivamente.

Foram feitas anotações do nível da água em todos dias de coleta em uma mesma estação fixa localizada no rio Cubatão, denominada por estação Banestado por ser também um ponto de coleta selecionado neste estudo. Os valores médios da régua de medição deste local variaram 0,55 a 2,00 m, (Graf. 04).

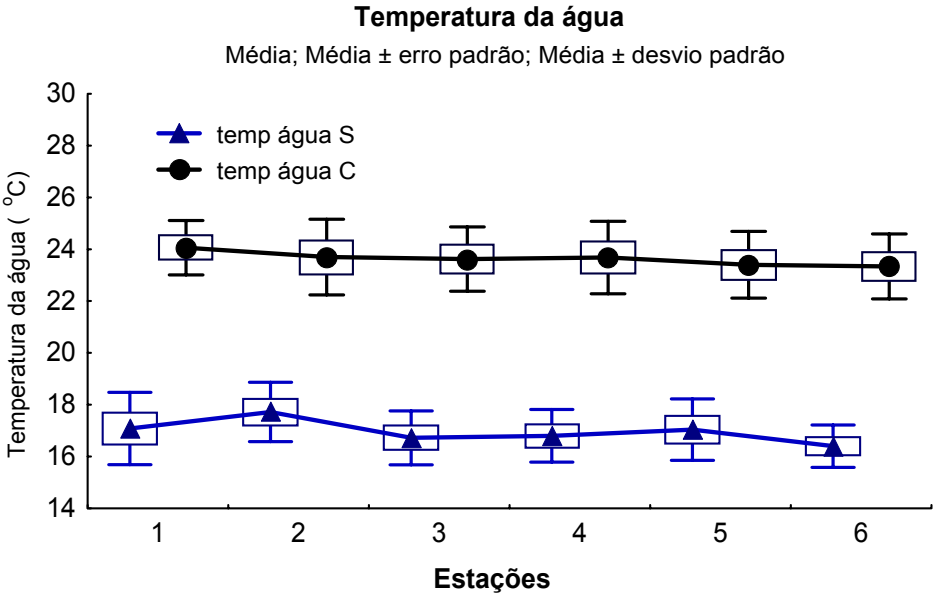
GRÁFICO 04: VALORES MÉDIOS MENSAIS E DAS MEDIÇÕES DA VAZÃO (m^3/s), E ALTURA DA RÉGUA (m) EM UMA ESTAÇÃO FIXA NO RIO CUBATÃO.



4.1.4 Temperatura da água

Conforme verificado no gráfico 05, as menores temperaturas da água foram registradas nas estações Salto (1) e Banestado (2), que se encontram em maior altitude e ainda com a vegetação das margens bem conservadas. As coletas foram efetuadas em horário do dia considerado em média o mais quente do dia (das 14:30h às 15:30h), o que justifica as pequenas diferenças entre as estações de coleta.

GRÁFICO 05: TEMPERATURA DA ÁGUA (^{O}C), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S). DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.



A temperatura da água não foi significativa entre as estações e sim muito significativa entre os períodos (p<0,000), 23,4 ^{o}C no verão e 17,0 ^{o}C no inverno.

4.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH encontrados neste trabalho apresentaram uma variação importante, sendo que o menor valor obtido foi 6,36 no período chuvoso e o maior 8,14 no período seco.

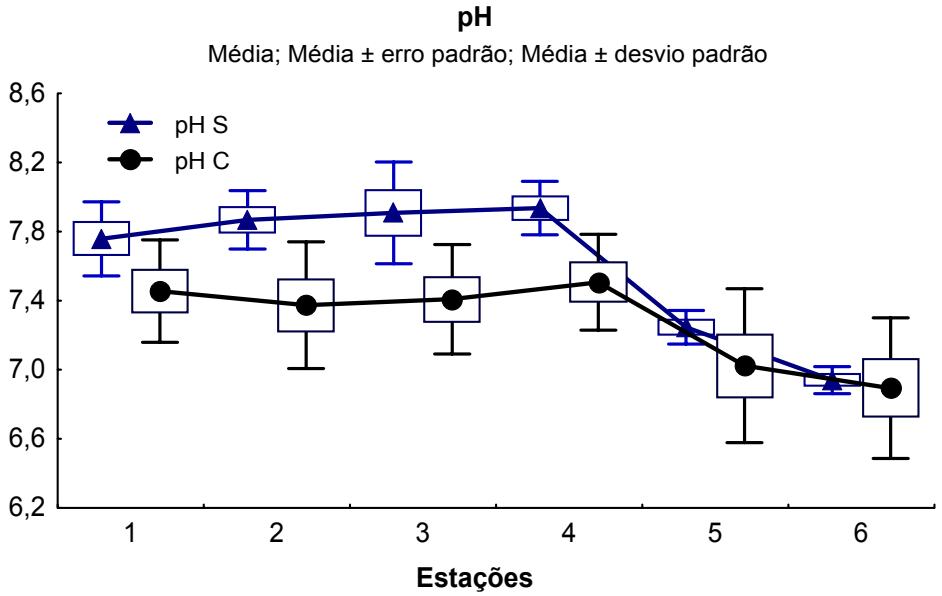
Verificou-se uma diferença significativa com médias de 7,28 e 7,61 ($p<0,002$) respectivamente para o período chuvoso e seco. Na relação espacial, as estações 5 e 6 onde foram encontrados os menores valores de pH significativamente diferentes em relação às demais. Este fato poderia ser atribuído ao aporte direto de ácidos fúlvicos e húmicos originados da decomposição da vegetação marginal uma vez que nesta área o rio tem suas margens constantemente erodidas, mesmo que por processos naturais por atividades climáticas (pluviosidade) intensas nesta área, (Graf. 06).

A estação 6 (Balsa) encontra-se em um ambiente de várzea, e nos períodos de maior precipitação tem suas margens alagadas. Com o aporte e decomposição de material orgânico associado a este processo, ocorre liberação de gás carbônico baixando o valor do pH nestes períodos (ESTEVES, 1988). MARQUES (2003) encontrou valores semelhantes em seu trabalho no rio Piraquara, PR, em estações de ambientes de várzeas. Também nesta última estação está situada a balsa de travessia que é amplamente utilizada pelos moradores e trabalhadores agrícolas, causando perturbações na dinâmica local de resuspensão e sedimentação.

Os maiores valores de pH foram encontrados nas estações 3 (Prainha) e 4 (Ponte), na parte central da área estudada do rio. Estas duas estações estão situadas em área com visível aplicação de corretivo de solo, como conseqüência o aporte de carbonato de cálcio e magnésio no ambiente tornando o pH da água mais básico. Porém nestas duas estações o pequeno número de moradias não é tão significativo, o que poderia justificar um valor de pH maior do que nas estações mais à montante do rio.

Com exceção da estação 1 (Salto), e da estação 2 (Banestado) (que é ocupada por agricultura somente em uma das margens), todas as estações encontram-se em um área densamente ocupada por cultivo de banana, (Fig. 11).

GRÁFICO 06: DISTRIBUIÇÃO DO pH NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.



4.2.2 Oxigênio Dissolvido e saturação do Oxigênio

Os valores de oxigênio dissolvido foram maiores no período seco, com máximos na estação 3 e os mínimos no período chuvoso na estação 1, (Graf. 07).

O oxigênio dissolvido sofre influência direta do aumento da temperatura da água, podemos observar essa tendência ao compararmos no gráfico 07.

Os valores encontrados demonstraram um ambiente bem oxigenado ao longo do rio. Nos trechos do rio com menor energia física, podemos observar que a concentração de oxigênio dissolvido é menor, MARQUES (2003), encontrou comportamento e valores semelhantes em estudo sobre alguns rios das vertentes oriental e ocidental da Serra do Mar, no Estado do Paraná, nas regiões pertencentes a São José do Pinhais e Piraquara.

Os valores da saturação do oxigênio seguiram o mesmo padrão demonstrando a mesma tendência das concentrações do oxigênio dissolvido. Onde a energia física do rio é mais intensa, como nas estações 1 (Salto) à 4 (Ponte) à montante do rio, verificou-se um incremento na saturação do oxigênio. A estação 1 apresentou um valor menos elevado apesar de se encontrar em trecho do rio que tem suas margens ainda preservadas, compostas de floresta fechada, com maior inclinação de terreno, e menor temperatura, ainda que com menor incidência de luz direta. Por outro lado, este resultado pode ser decorrente de falha na estratégia de amostragem em razão da acentuada heterogeneidade espacial do ponto de coleta, composto de corredeiras, mas também de poços de águas represadas, onde certamente os teores de oxigênio dissolvido diminuem em razão da redução das trocas com a atmosfera. (Graf. 07, A e B).

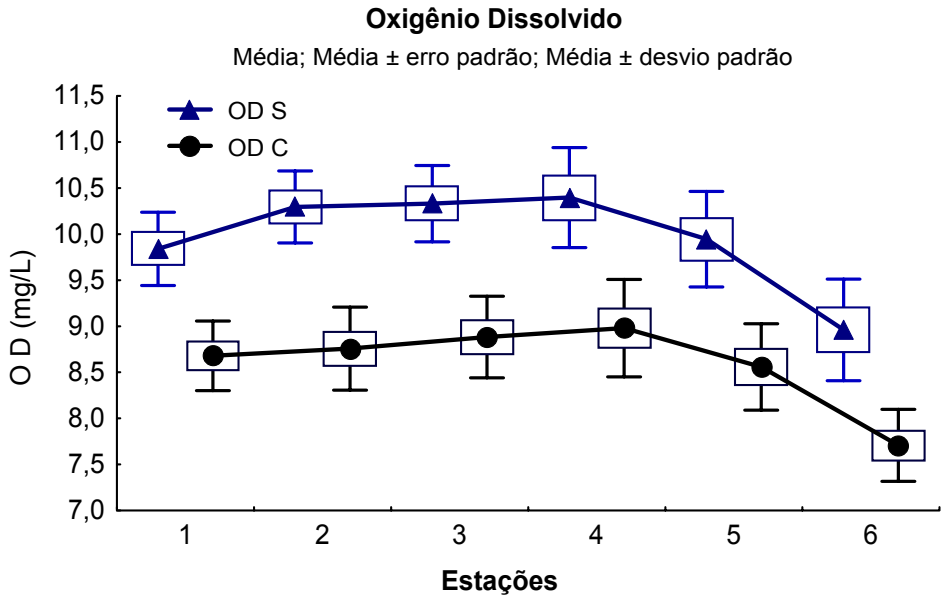
Podemos observar uma queda brusca na concentração do oxigênio e na taxa de saturação de oxigênio nas estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa) à jusante do rio. Nestas estações a agricultura é intensa e é onde se localiza a maior concentração da população, assim como é o segmento do rio que tem suas margens mais erodidas. A velocidade mais lenta do rio, pelo baixo gradiente hidráulico (Graf. 22) e o represamento da água nestas duas estações principalmente quando ocorrem as marés de sizígia (com grande volume de água do oceano que entra na Baía de Guaratuba), podem estar contribuindo para a redução do oxigênio. Normalmente a agitação da água aumenta o teor de oxigênio dissolvido em toda a espessura do corpo d'água (DAJOZ, 1978).

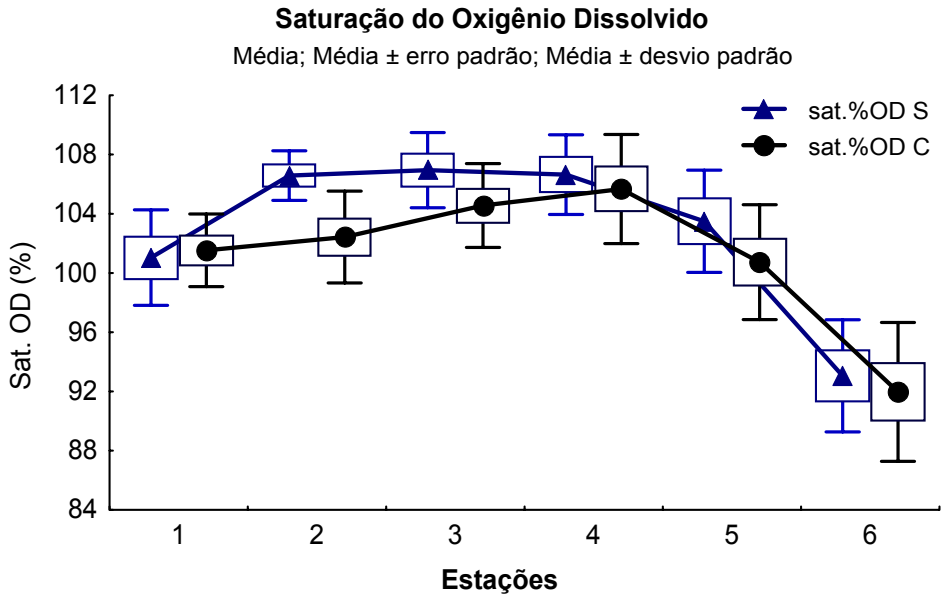
CAMARGO *et al.,* (1997) observaram em alguns rios do litoral sul paulista, a alteração da taxa do oxigênio dissolvido, provavelmente ocasionada pela influência da maré alta (represamento) que poderia estar trazendo uma maior quantidade de carbono orgânico dissolvido dos ambientes estuarinos e com isto diminuindo o valor do oxigênio dissolvido de coleta. Este fato poderia estar ocorrendo no rio Cubatão, uma vez que existe marcas nas margens da influência da maré até a estação 5 (Igreja).

Os pontos de coleta situados à montante do rio possuem suas margens mais conservadas, com existência de mata nativa e menor artificialização do meio

por atividades humanas. Provavelmente a menor taxa de erosão associada a melhor conservação deste segmento do rio propicie faz com que haja um menor aporte de matéria orgânica em relação às demais estações de coleta e, conseqüentemente concentrações mais elevadas de oxigênio. O test-T (Statistica) indicou uma significância entre quase todas as estações amostradas para esta variável.

GRÁFICO 07: DISTRIBUIÇÃO DO TEOR DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO OD (mg/L) (A) E DA SATURAÇÃO (%) (B), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.

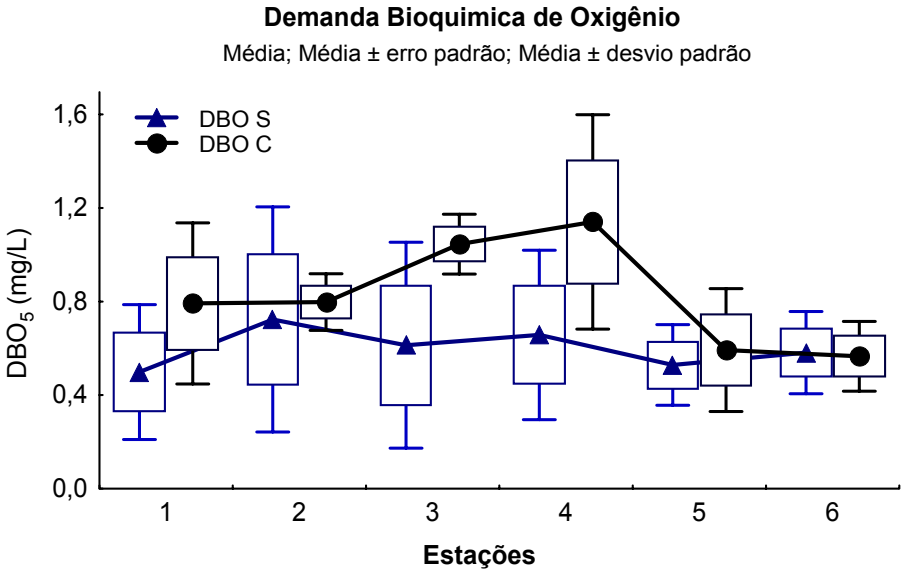




4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5)

Os baixos valores de DBO_5 encontrados nas seis estações de coleta enquadram-se na classificação do CONAMA (BRASIL,1986), caracterizando rios de classe 1. Podemos observar no gráfico 08 que o maior valor encontrado (1,44 mg/L) é o da estação 3 (Prainha) e 4 (Ponte), no período chuvoso, isto poderia ser atribuído ao aporte de matéria orgânica que seria lixiviada das margens cultivadas desta área nos dias de maior precipitação, ocorrendo por exemplo o alagamento das margens na estação 3, chegando a água do rio, segundo os moradores locais, até a estrada que o margeia.

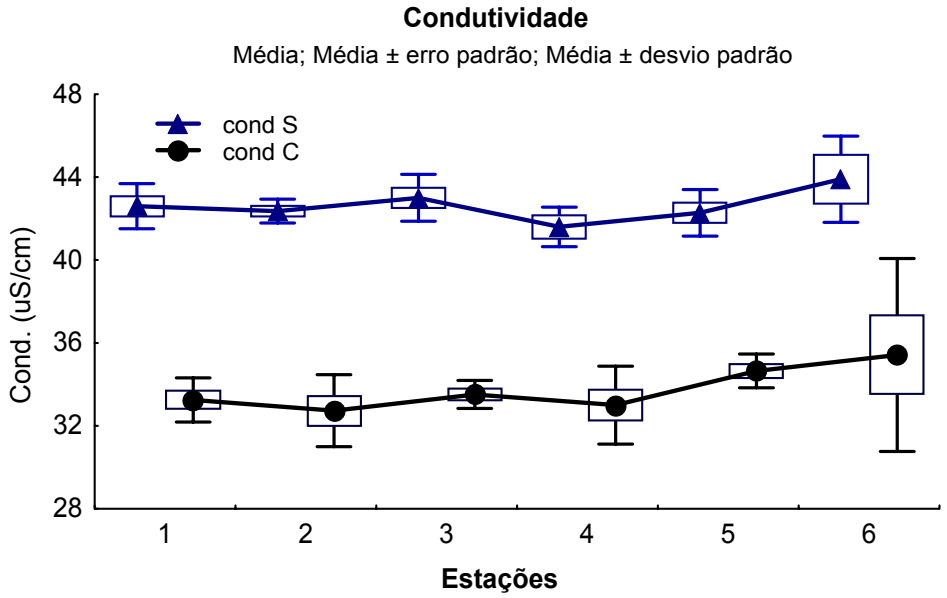
GRÁFICO 08: DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO DBO_5 (mg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.



4.2.4 Condutividade

Os valores de condutividade observados nas estações de coleta 1 (Salto) à 4 (Ponte) não apresentaram diferenças importantes, sendo considerados valores aceitáveis em águas naturais, (Graf. 09). Podemos notar uma elevação visível nas estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa), provavelmente relacionados à maior ocupação do solo pelos moradores da Vila de Cubatão e à intensa utilização da balsa de travessia movimentando o leito do rio e/ou à influência do represamento da água mais salobra pela maré, que atinge estas estações.

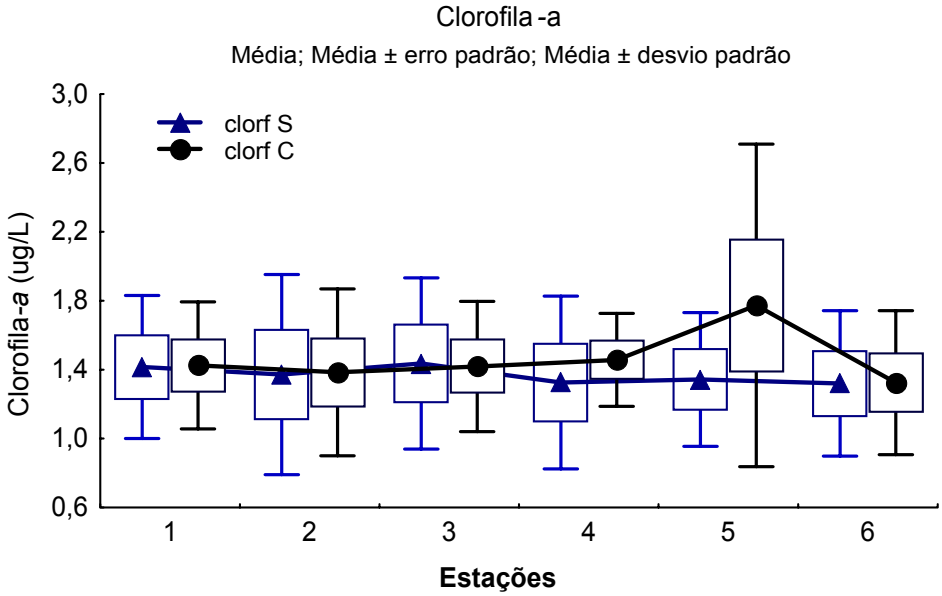
GRÁFICO 09: CONDUTIVIDADE (μS/cm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.



4.2.5 Clorofila-*a*

As análises temporais espaciais dos dados, com exceção da estação 5 (Igreja), não apresentaram diferenças significativas. A estação 5 apresentou os maiores valores na estação chuvosa. Esta estação situa-se na parte com maior população, bem como foi observada a presença de animais próximos ao rio. Como pode ser observado no gráfico 10, as margens encontram-se em contínua erosão natural, com incremento da vegetação ciliar, principalmente no período de maior precipitação, (Gráf. 10). Observamos que por se encontrar em ambiente de várzea e altitude quase zero, os valores de clorofila-*a* são muito parecidos em relação à sazonalidade, (Gráf. 22).

GRÁFICO 10 - CONCENTRAÇÃO DA CLOROFILA-*A* (μg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO 2003.



4.2.6 Alcalinidade

Os maiores valores da alcalinidade foram encontrados na estação 2 (Banestado) e 4 (Ponte, onde se concentra a maior área de cultivo intensivo de banana) no período chuvoso (Graf. 11).

No trecho do rio entre a estação 4 (Ponte) e 5 (Igreja) acontecia a extração de areia no momento em que foram realizadas as primeiras coletas deste trabalho. Este fato pode ter provocado uma alteração na concentração da alcalinidade de na estação 5, influenciando na média geral dos resultados. Por outro lado, nos períodos de maior precipitação a tendência geral é a diluição dos constituintes dissolvidos, ocasionando a diminuição da alcalinidade, (FRITZSONS, 2003).

Podemos considerar também que nesta área a utilização de corretivo do solo (popularmente chamado de cal) é intensa, o que poderia estar ocasionando reações que poderia estar contribuindo com o aumento da alcalinidade da água.

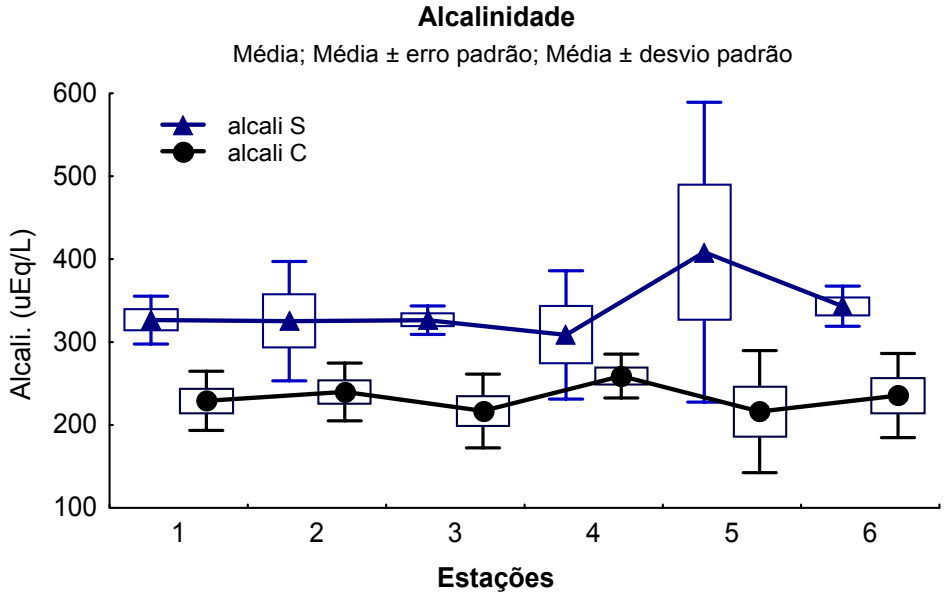
Como as margens da estação 5 (Igreja) se encontram bastante alteradas, com erosão e conseqüente diminuição da mata ciliar, bem como o baixo gradiente

hidráulico (Graf. 22), estes fatores podem estar aumentando a lixiviação do solo e provocando mudanças na alcalinidade.

AFONSO (1993) apud RIOS (1995), fez uma comparação entre um trecho com mata ciliar e outro com vegetação herbácea no córrego Itaúna (SP), onde verificou-se que havia alterações na concentração de cálcio, magnésio e na alcalinidade devido à lixiviação do solo no trecho constituído por vegetação herbácea. Outros autores como TEIXEIRA (1993); FONSECA *et al.*, (1982) apud RIOS (1995) também observaram que tanto a degradação como a recuperação da mata ciliar, ocasionaram mudanças nas taxas de cálcio, magnésio e da alcalinidade.

O mesmo processo pode ser a causa do aumento do valor da alcalinidade, nas estações 2 e 4 mencionadas acima. Nesta última estação, as duas margens tiveram suas matas nativas substituídas por vegetação herbácea ou por cultivo de banana.

GRÁFICO 11: ALCALINIDADE (Eq/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.2.7 Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID)

A concentração de nitrogênio e fósforo nas águas de rios aumenta à medida que aumenta a percentagem de área sob uso de solo para agricultura ou indústria (ODUM,1985).

Apesar da maior partes das estações se encontrar em área agrícola, não foram constatadas grandes diferenças nos valores de nitrogênio inorgânico dissolvido (nitrato + nitrito + amônio). Isto foi corroborado pelo teste t (Statistica), que não detectou diferenças significativas nos teores de NID entre as estações. No entanto, podemos notar que no período de maior precipitação, ocorre um aumento significativo da concentração deste elemento ($p<0,001$), especialmente nas estações 5 e 6, (Graf. 12). Isto se deve provavelmente ao aumento do volume d'água do rio, alagando as margens e como conseqüência aporte de matéria orgânica, de agrotóxicos, bem como de fertilizantes, alterando os processos naturais de nitrificação formando nitrato, que é responsável por cerca de 95% do nitrogênio inorgânico (MARQUES, 2000). Os fatores acima podem ser enfatizados pelo gradiente hidráulico nestas estações (5 e 6), como podemos observar no gráfico 24.

No presente estudo, verificou-se que o nitrato perfez de 75 a 88% da concentração total de nitrogênio inorgânico dissolvido.

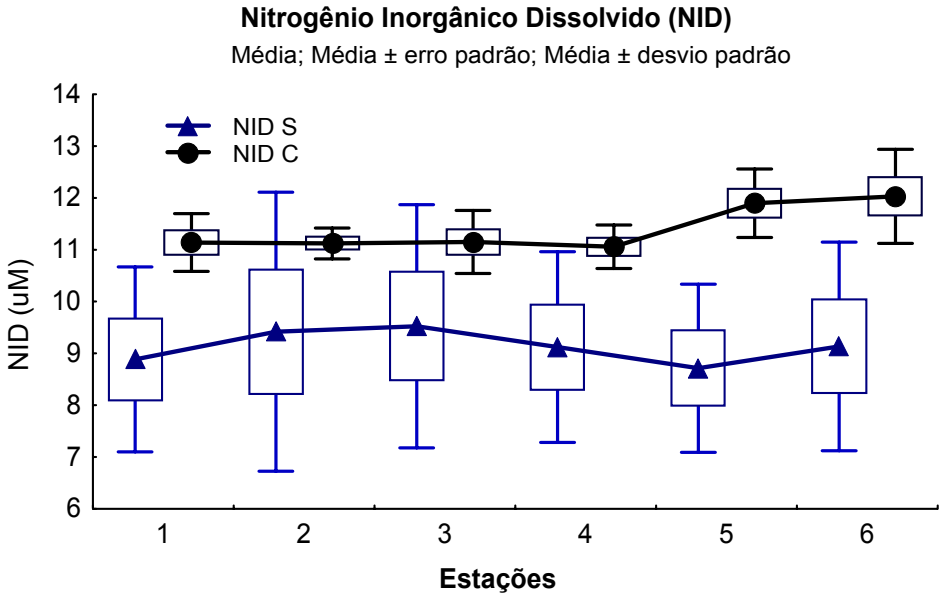
Outro fator importante que ocorre na estação 5 (Igreja) é a concentração da população na vila de Cubatão, com as moradias a existência de hortas com provável utilização de fertilizantes naturais para a manutenção destas. MARGALEF (1986), enfatiza que o simples uso de detergentes e outros materiais de limpeza, contendo substâncias que alteram a composição da água, podem ter muita influência nas variáveis físico-químicas dos ecossistemas aquáticos.

SEITZINGER *et al.,* (2000), ressaltam que uma quantidade considerável de nitrogênio entra eventualmente para o sistema terrestre através da lixiviação que transportaria fezes animais e fertilizantes para os rios sendo as descargas sólidas posteriormente transportadas para os ambientes estuarinos e para a costa continental. O ciclo natural e antropogênico do nitrogênio nos ambientes aquáticos

resulta em emissões de NO_2 na atmosfera durante o processo de nitrificação e desnitrificação.

Por outro lado podemos observar que no período seco ocorre uma diminuição deste nutriente em todas as estações de coleta, provavelmente devido a uma menor entrada de nitrogênio originado das atividades humanas, uma vez que a lixiviação e inundação das margens do rio são menores nestas condições climáticas. Outro fator é a diminuição das águas das chuvas, uma das fontes de nitrogênio.

GRÁFICO 12: CONCENTRAÇÃO DO NITROGÊNIO INORGÂNICO DISSOLVIDO (NITRATO+NITEITO+AMÔNIO) NID (μm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.2.8 Nitrogênio amoniacal (NH_4)

As altas concentrações do íon amônio podem ser associadas à dinâmica do oxigênio dissolvido do meio (ESTEVES, 1988).

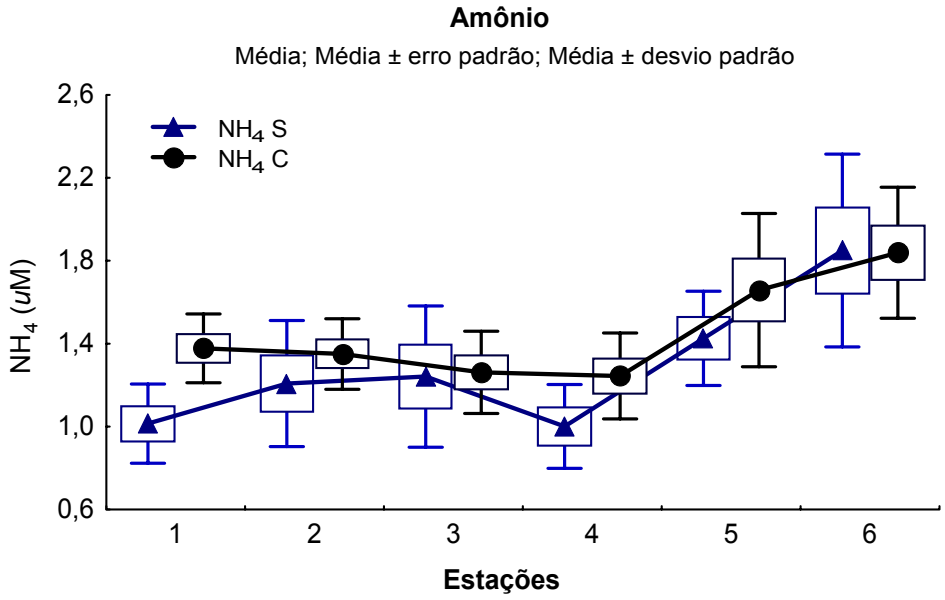
Podemos observar que ocorre um pico de concentração a partir da estação 4 (Ponte) com uma contínua elevação dos valores, sendo os valores médios máximos encontrados foram de 1,89 (seco) e 1,76 μM (chuvoso), na estação 6

(Balsa). Nesta última estação está situada a balsa de travessia do rio, muito utilizada pelos moradores e trabalhadores locais. Em termos sazonais esta variável não apresentou valores significantes (Graf. 13).

Estes valores encontrados nas estações 5 e 6 podem ser atribuídos a processos de decomposição de matéria orgânica devido à erosão laminar da superfície do solo nas áreas cultivadas, que são bem próximas ao rio, (Graf. 13). Talvez o fator mais importante seja devido à energia física do rio ser bem menor nesta área, o que é corroborado pelo decréscimo de oxigênio dissolvido observado nestas estações, em ambientes aquáticos com menor velocidade, favorecendo o incremento da forma de nitrogênio mais reduzida, (BARROSO, 1994) (Graf. 07). Nestas estações o gradiente hidráulico provavelmente contribui na diminuição da energia física do rio e alagamentos nas marés de sizígia e em períodos de maior precipitação (Graf. 22).

Os menores valores encontrados na (estação 4) análise sazonal dos resultados nos períodos climáticos podem ser provavelmente devido à substituição praticamente total de mata ciliar e também utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas e/ou à adição de corretivo de solo, que poderia estar contribuindo para o aumento de bactérias Nitrossomas responsáveis pela transformação do amônio em nitrito (NO_2) este sendo rapidamente absorvido e oxidado para nitrato (NO_3).

GRÁFICO 13: CONCENTRAÇÃO DO AMÔNIO NH_4 (μM), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.2.9 Nitrato Dissolvido NO_3

Os resultados demonstraram uma variabilidade temporal, com concentrações de nitrato nitidamente mais elevadas em duas das estações pesquisadas (Graf. 14).

Em condições climáticas de maior precipitação o pico de concentração ocorreu na estação 2 (Banestado), que tem a margem esquerda do rio bem conservada e a margem direita alterada, justo onde está situada a régua de medição da vazão, que neste período é encoberta, e a inundação atinge a estrada e o cultivo de banana. Na estação 6 (Balsa), ambas as margens se encontram bem fragilizadas, com destruição considerável na sua mata ciliar, o que favorece a inundação no período chuvoso. Esta estação sofre também influência da maré alta, que provavelmente transporta os resíduos dos fertilizantes e agroquímicos utilizados no cultivo de arroz e banana ao longo dos afluentes do rio Cubatão, como o rio Furado, rio Preto e o Cubatãozinho.

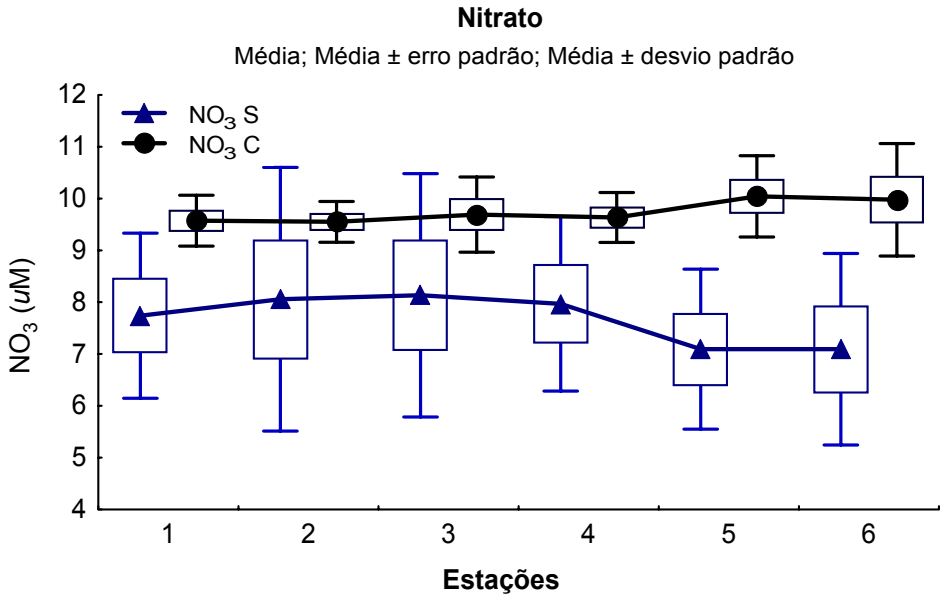
Os índices de concentração de nitrato dissolvido não apresentaram grandes diferenças nos resultados entre as estações, mas com uma significância entre os períodos seco e chuvoso, com média variando de 5,3 a 11,3 μm. Porém as estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa) tiveram comportamento inverso, ou seja, no período chuvoso ocorreu uma elevação da taxa de concentração de nitrato nestas estações enquanto que no período seco houve a diminuição destes valores (Graf. 14).

No período de menor precipitação este fato se deve provavelmente por ser essas duas estações (1 e 2) as que possuem as margens em melhor estado de conservação de suas matas ciliares, onde a capacidade de retenção de nitratos pelas raízes que filtram a água percolada nestas áreas (HILL, 1996). Outro fator estaria relacionado com a assimilação de nitrato pela biota aquática, transformando o mesmo em nitrogênio orgânico (MARQUES, 2000).

As estações 5 (Igreja) e 6 (Ponte) são as mais afetadas pela ação humana, com a ocorrência do intenso cultivo agrícola, maior população e erosão laminar do solo e/ou com incremento de esgoto doméstico e fezes de gado no rio Estas estações tem suas margens alagadas no período das chuvas, por serem ambientes de várzea (Graf. 22), o que ocasionaria portanto os processos de lixiviação com a remoção da vegetação próxima às margens. As estações 5 e 6 se encontram em ambiente de várzea e vários trabalhos realizados, entre eles o de BARROSO, (1994), em ambientes de inundação constataram que nestas condições a concentração de nitrato cai a níveis bem baixos devido à pouca oxigenação e pela existência de biomassa planctônica e perifítica encontrada nestes locais.

Por outro lado, no período de menor precipitação observamos um aumento da concentração de nitrato, segundo dados da EMATER- Guaratuba, nesta época, nos meses de julho/agosto ocorre a prática da aplicação em maior quantidade dos insumos agrícolas, o que poderia estar influenciando nos resultados.

GRÁFICO 14:- CONCENTRAÇÃO DO NITRATO NO_3 (μm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



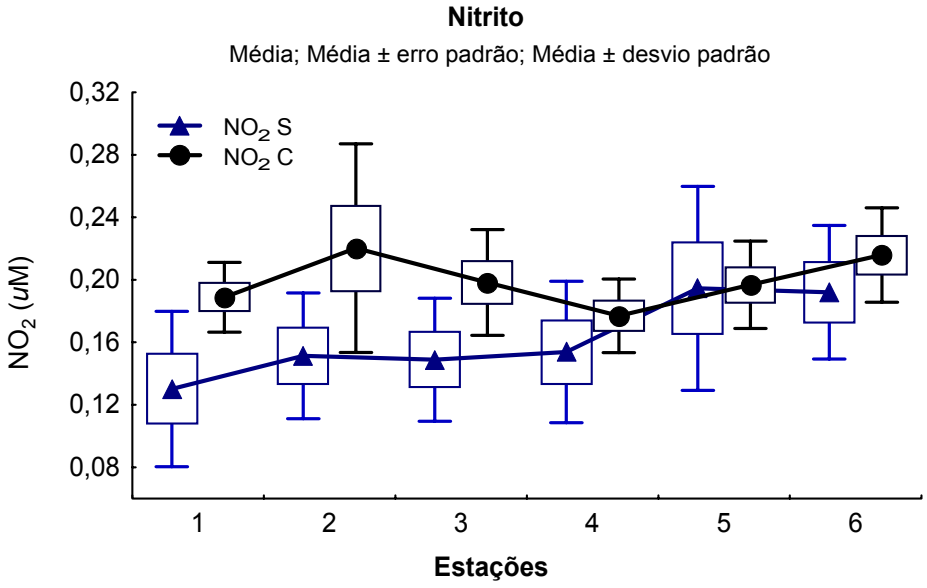
4.2.10 Nitrito Dissolvido (NO_2)

Apesar da energia física do rio ser mais intensa nas duas primeiras estações à montante do rio, devido ao maior gradiente hidráulico (Graf.19), são encontrados os menores valores de nitrito. Estes valores podem ser atribuídos à melhor conservação da zona ripária e da biota aquática destes locais. Nas estações 3 e 4 este índice decresce drasticamente, o que se deve provavelmente à intensa utilização dos solos para a agricultura, bem próximo às margens do rio, descrito anteriormente, (Graf. 15).

Embora a estação 2 (Banestado) possua características altimétricas e de relevo semelhantes à estação 1 (Salto), a mesma se encontra com a margem direita do rio ocupada pela agricultura e com freqüente utilização de corretivo de solo, o que poderia certamente influenciar nos resultados das análises.

Por outro lado, os valores crescentes nas estações 5 e 6 podem ser fortemente corroborados pelo gradiente hidráulico em que as mesmas se encontram (Graf. 22), com constantes alagamentos das margens, bem como pela presença de gado e de moradores.

GRÁFICO 15: MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DO NITRITO NO_2 (μm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.2.11 Fosfato Dissolvido (PO_4)

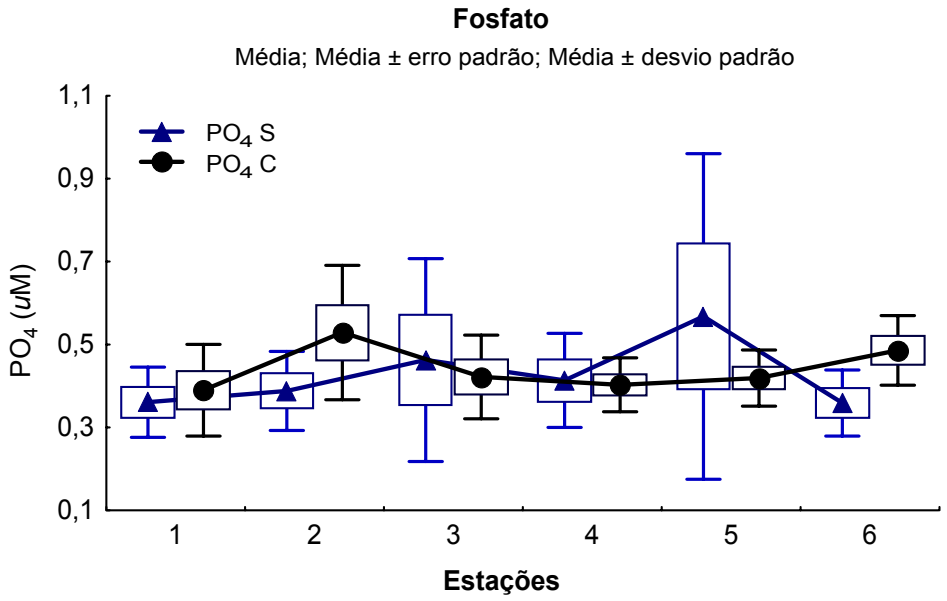
Os resultados encontrados para o fosfato demonstraram uma variabilidade temporal muito pequena, porém nitidamente distinta em duas das estações pesquisadas, a 2 (Banestado) e 5 (Igreja), (Gráf. 16), isto se deve provavelmente pelo menor gradiente topográfico nesta área (Gráf. 22). No período seco este pico ocorreu na estação 5 (Igreja), provavelmente devido à adição de fertilizantes e/ou corretivos do solo e agroquímicos para o cultivo de banana que como mencionado anteriormente, dados da EMATER- Guaratuba, esta é a época em que ocorre a maior aplicação destes produtos.

A estação 5 sofre também influência da maré alta/represamento, que provavelmente transporta os resíduos dos fertilizantes e agroquímicos utilizados no cultivo de arroz e banana ao longo dos afluentes do rio Cubatão, como o rio Furado, rio Preto e o Cubatãozinho, localizados logo abaixo da última estação a Balsa.

Em condições climáticas de maior precipitação o pico de concentração ocorreu na estação 2 (Banestado), que apesar de ter a margem esquerda do rio bem conservada tem sua margem direita substituída por cultivo de banana, e conforme indica a régua de medição da vazão (situada nesta estação), neste período a inundação atinge a estrada e o cultivo de banana espalhando a grande quantidade de corretivo do solo na água do rio.

Ocorreu uma elevação significativa do fosfato na estação 6 (Balsa), durante uma coleta com a maré alta, observou-se que a água se encontrava bastante escura, provavelmente devido ao aporte de matéria orgânica originada da decomposição da vegetação e da destruição das margens nos trechos abaixo que se encontram à jusante da balsa. SÉ (1992) & NEW BOLD (1980) citado por MARQUES (2003), ressaltam que áreas alagáveis são consideradas retardadoras do transporte do fósforo, este fica retido nos sedimentos. Este fato poderia ser associado aos exemplos acima por se tratar de rios em regiões climáticas semelhantes e com ambientes de várzeas.

GRÁFICO 16: MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DO FOSFATO PO_4 (μM), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.

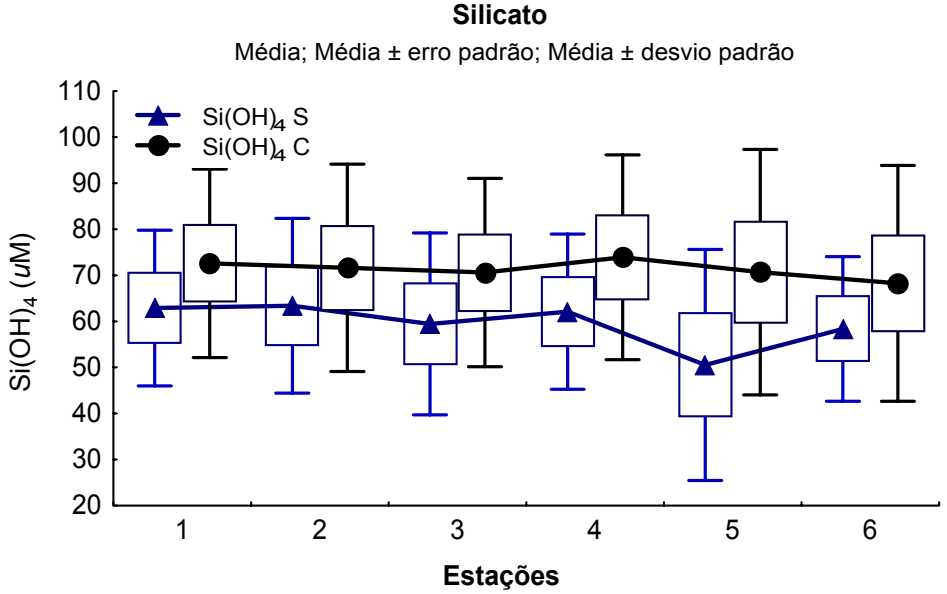


4.2.12 Sílica

Os resultados das análises de sílica dissolvida demonstraram que os valores encontrados foram maiores no período de maior precipitação, isto provavelmente devido a um incremento nos processos de intemperização das rochas silicosas abundantes nesta região. Mesmo existindo variações diferenças temporais, elas não foram significativas provavelmente por se tratar de um rio com um volume d'água grande mesmo em períodos de menor pluviosidade, (GRAF. 17).

GAC & PINTA (1973), em trabalho realizado em uma bacia de Ouham, na África Central, contataram que as amostras de água de fundo continham um teor de silício mais elevado (49%) do que as obtidas mais próximas à superfície (42%). Embora as variações espaciais tenham sido insignificantes, podemos observar um aumento da concentração na estação 4 (Ponte), onde as amostras foram retiradas da parte central, e mais profunda do rio, o que poderia justificar os dados obtidos pelos autores.

GRÁFICO 17: MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S) DA CONCENTRAÇÃO DA SILICATO $Si(OH)_4$ (μm), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.2.13 Os Sólidos Totais em suspensão

Embora a inclinação do terreno seja maior à montante do rio e por conseqüência com maior energia física (Gráf. 19 e 20), os valores registrados nesta área foram menores que os da jusante. Isto pode ser atribuído a uma melhor conservação da vegetação nas margens, por conseqüência um menor escoamento superficial e maior proteção do terreno, principalmente nas duas primeiras estações.

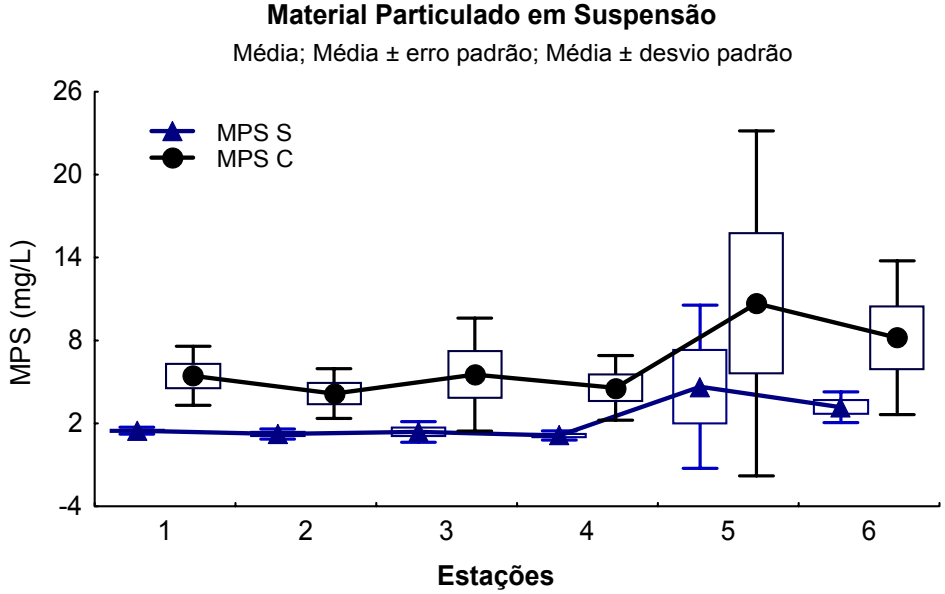
Podemos observar que há uma quebra no nível de concentração dos sólidos totais em suspensão com o aumento do valor do material particulado em suspensão a partir da estação 5 (Igreja) e 6 (Balsa), (Graf. 18). Este fato se deve provavelmente ao maior índice de erosão das margens, uma vez que na última estação (5) é utilizado uma balsa de travessia e também por ser a área mais densamente povoada. A falta de vegetação ciliar neste trecho do rio favorece a perda do solo das margens ocasionando um aumento da concentração das partículas em suspensão principalmente nos períodos de maior pluviosidade. Gac & Pinta (1973), observaram a mesma tendência nos rios da bacia de Ouham, na África central, onde demonstraram que nos períodos de seca a prática da queima da vegetação deixava as margens expostas e com a chegada das chuvas o solo era lixiviado, ocasionando um aumento na concentração do material particulado em suspensão.

A última estação encontra-se em um ambiente de várzea e com o menor gradiente hidráulico (Graf. 22), e com isto a tendência de uma maior remoção das partículas deste ambiente, principalmente em épocas de chuva ou de represamento da maré alta com aporte de partículas detríticas provenientes do setor estuarino. O material decomposto de plantas terrestres é uma das maiores fontes de matéria orgânica dissolvida, representando cerca de 70% do fluxo energético anual de águas correntes (WINTERBOURN & TOWNSEND, 1991).

Em relação à variabilidade temporal, os níveis mais altos de sólidos em suspensão foram verificados no período chuvoso, na parte meandrante do rio (est. 5 e 6), já na planície do mesmo, fato freqüentemente atribuído ao maior volume

d'água que chega ao canal principal do rio. A variabilidade temporal não foi tão acentuada nos dois primeiros pontos de coleta provavelmente devida provavelmente à melhor conservação da mata ciliar.

GRÁFICO 18: CONCENTRAÇÃO DOS SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO (mg/L), NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, MÉDIAS DO PERÍODO CHUVOSO (C) E SECO (S), DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.



4.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS VALORES INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUBATÃO

Cartas de índices indicadores da qualidade da água e material particulado em suspensão do rio Cubatão foram geradas através do cruzamento das informações das diferentes cartas dos parâmetros ambientais, e também, uma carta indicando a potencialidade de usos para a bacia do rio Cubatão. Os índices de qualidade de água foram gerados através da utilização de dados e do cruzamento das informações introduzidas no sistema de informações geográficas.

4.3.1 Ocupação do solo e localização das amostragens

O mapa de ocupação do solo (Fig. 11) foi obtido através de interpretação visual de uma imagem do satélite Landsat-7, adquirida em 20/05/2000. A localização das amostragens é representada pelos pontos vermelhos numerados, estação 1 (Salto), 2 (Banestado), 3 (Prainha), 4 (Ponte), 5 (Igreja) e 6 (Balsa). A ocupação do solo foi dividida em quatro classes, sendo: **rio Cubatão**, **solo exposto** (resultado da ocupação pela agricultura, criação de gado e moradias), **vegetação alta** (constituída pela floresta na Serra do Mar e pela mata nativa existente na área de estudo e pela agricultura), e **vegetação baixa**, que é constituída principalmente pela agricultura, de banana em quase 100% do plantio, de arroz irrigado e por ambientes de várzeas. As linhas claras representam o limite da área de drenagem de cada estação de coleta. Através da classificação efetuada, podemos observar que com exceção da estação 1, os pontos de coleta selecionados encontram-se na região do rio com maior influência antrópica.

Encontramos nas tabelas a seguir (Tab. 05.e 06), as informações sobre as porcentagens de ocupação do solo de cada área delimitada para a estação, dos setores e sub-setores descritos na tabela 03. A tabela 05, descreve o relevo, representado por sete colunas (seis para as estações e uma para o total) e três linhas, onde a primeira representa a área (km^2) em que pertence cada estação na delimitação descrita nas figuras 11 e 13. Por exemplo, a estação 1 (Salto) tem 18,77km^2 de cristas. Esta área de cristas ocupa 35,14% da área total e 67,91% da área correspondente da estação 1. O mesmo cruzamento foi utilizado para descrever a ocupação do solo pelo rio, pela vegetação e a área de solo exposto, da área selecionada para este estudo no rio Cubatão na tabela 06.

TAB: 05 - OCUPAÇÃO DO SOLO PELAS 6 ESTAÇÕES DE COLETA DA ÁREA DE ESTUDO DO RIO CUBATÃO, COM AS ÁREAS (Km), E PORCENTAGENS (%) POR LINHA, E O TOTAL (%) DE CADA UMA DELAS.

SUB-SETOR		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Total%
Cristas	Área (Km^2)	18.77	2.63	2.74	1.81	1.54	0.13	27.64
	Total%	35.14	4.92	5.13	3.39	2.90	0.26	51.74
	Linha %	67.91	9.52	9.92	6.56	5.60	0.50	
Várzeas (nível do mar)	Área (Km^2)	0.00	0.00	0.00	0.00	2.11	8.50	10.61
	Total%	0.00	0.00	0.00	0.00	3.96	15.91	19.87
	Linha %	0.00	0.00	0.00	0.00	19.91	80.09	
Áreas mais elev. (altit. > 50 m)	Área (Km^2)	4.38	1.75	1.22	1.88	2.49	0.33	12.07
	Total%	8.20	3.28	2.30	3.53	4.66	0.63	22.60
	Linha %	36.28	14.52	10.16	15.61	20.64	2.79	
Áreas menos elev. (alt. < 50 m)	Área (Km^2)	0.00	0.00	0.14	0.73	2.21	0.00	3.09
	Total%	0.00	0.00	0.27	1.38	4.14	0.00	5.79
	Linha %	0.00	0.00	4.69	23.84	71.47	0.00	
Total %	Área (Km^2)	23.15	4.38	4.11	4.43	8.36	8.97	53.43
	Linha %	43.34	8.21	7.70	8.30	15.66	16.80	

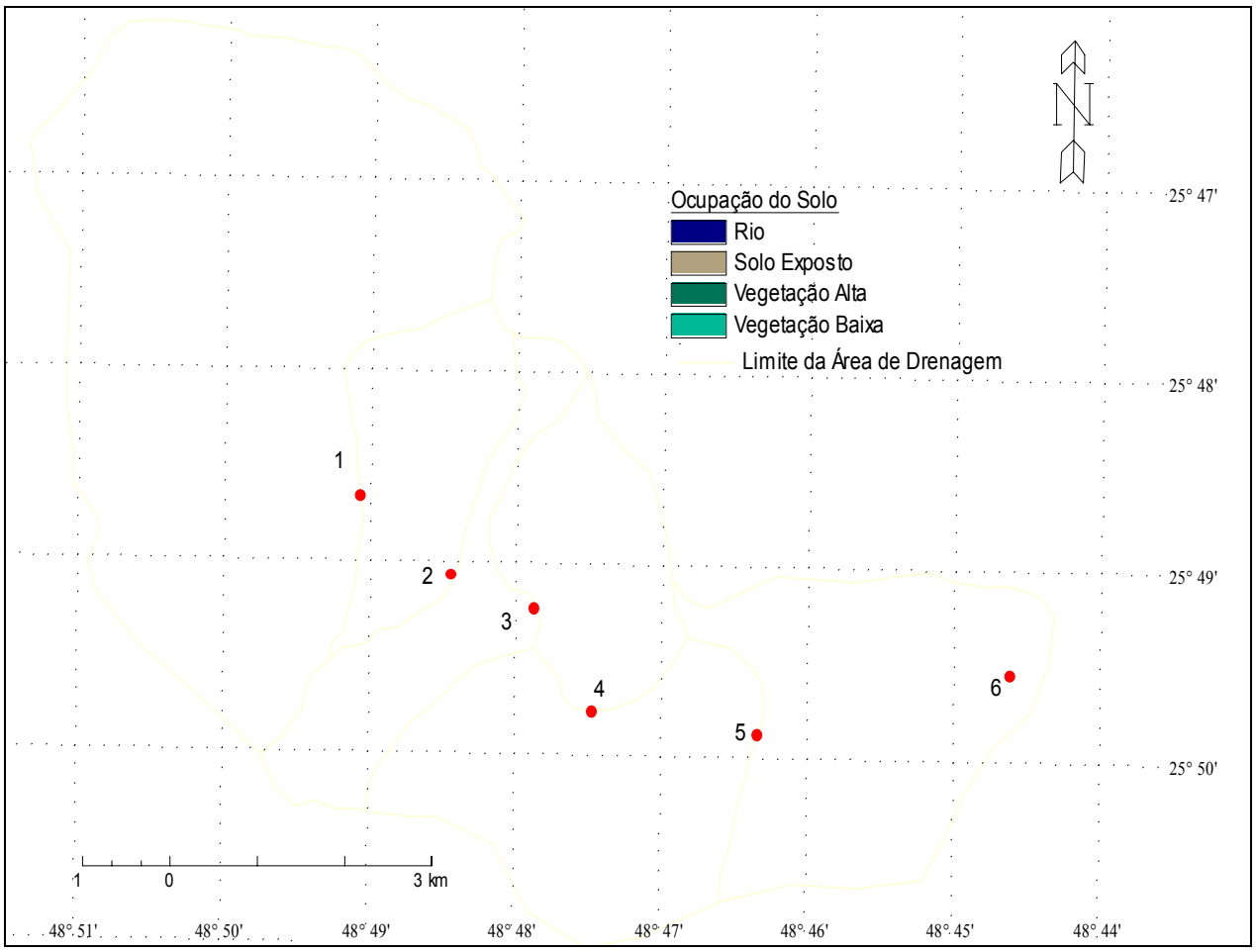
Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM-UFPRTAB. 06 –

TAB: 06 - CRUZAMENTO DA OCUPAÇÃO DO SOLO POR SETORES, COM O RIO, SOLO EXPOSTO, VEGETAÇÃO ALTA, VEGETAÇÃO BAIXA DA ÁREA DE ESTUDO DO RIO CUBATÃO, COM AS ÁREAS (Km), E PORCENTAGENS (%) POR LINHA, POR COLUNA E O TOTAL DE CADA UMA DAS MESMAS.

SUB-SETOR		Rio	Solo Exposto	Veg. Alta	Veg. Baixa	Total %
Cristas	Área (Km^2)	0.00	0.00	28.06	0.00	28.07
	Total%	0.02	0.00	52.13	0.00	52.14
	Linha %	0.03	0.00	99.97	0.00	
Várzeas (nível do mar)	Área (Km^2)	0.64	1.76	1.71	6.47	10.60
	Total%	1.19	3.28	3.19	12.03	19.69
	Linha %	6.04	16.65	16.20	61.11	
Áreas mais elev. (altit. > 50 m)	Área (Km^2)	0.48	0.36	11.09	0.12	12.07
	Total%	0.91	0.68	20.60	0.24	22.42
	Linha %	4.05	3.04	91.86	1.05	
Áreas menos elev. (alt. < 50 m)	Área (Km^2)	0.20	1.19	0.91	0.76	3.09
	Total%	0.39	2.23	1.71	1.43	5.75
	Linha %	6.72	38.72	29.69	24.87	
Total %	Área (Km^2)	1.34	3.33	41.79	7.37	53.84
	Total%	2.50	6.19	77.62	13.69	

Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM-UFPR.

FIG. 11 - OCUPAÇÃO DO SOLO OBTIDA A PARTIR INTERPRETAÇÃO VISUAL DE IMAGEM LANDSAT-7 (2000) COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE COLETA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.



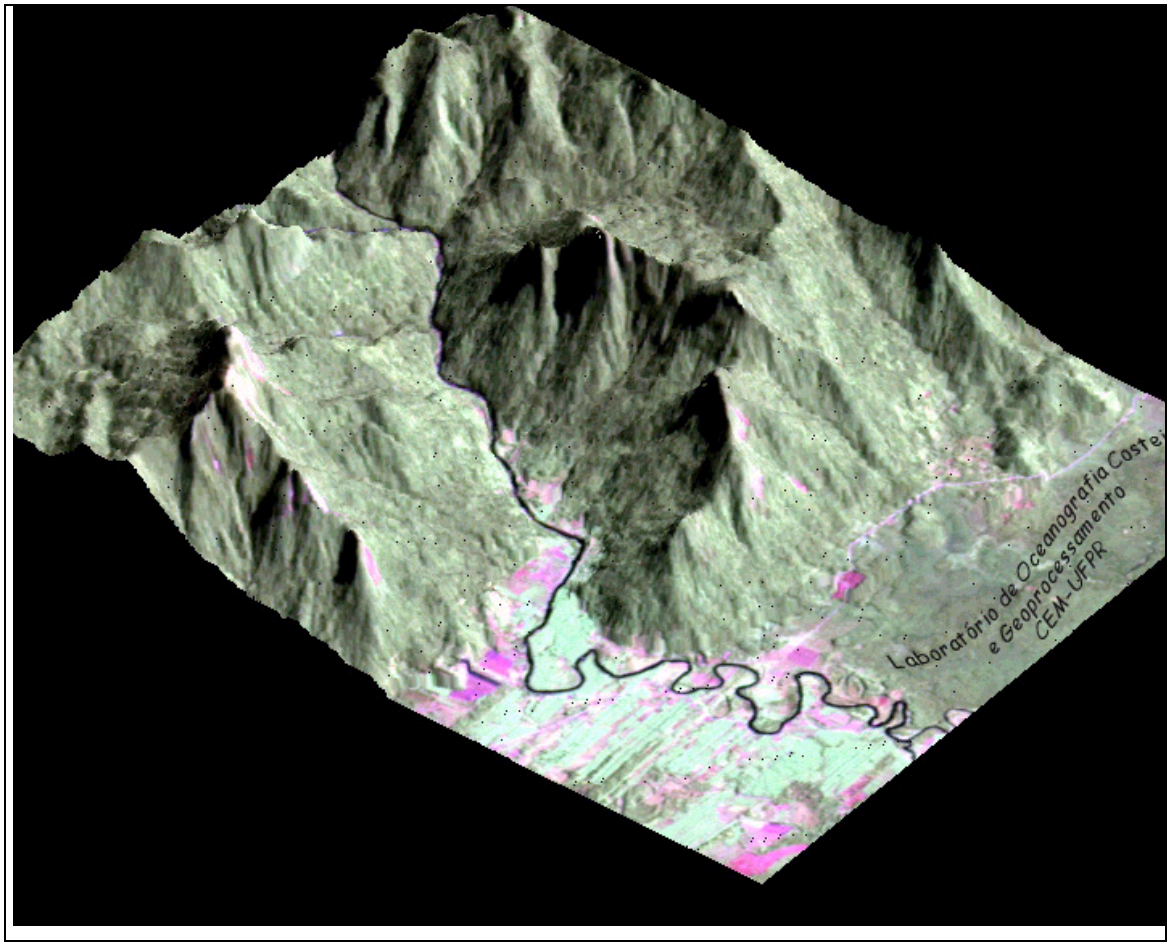
Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM-UFPR

4.3.2 Relevo da área de estudo

Um modelo 3D da bacia do Cubatão foi gerado para caracterizar o relevo da área (Fig. 14). As duas primeiras estações à montante (Salto - 1 e Banestado - 2) estão situadas em uma área com altitude superior às demais (Graf 19 e 20), e recebendo a contribuição dos corpos d´água que se encontram nas vertentes e calhas fluviais do relevo íngreme do setor da Serra do Mar (Tab. 03), o que certamente tem influência na energia física nestas primeiras estações. O relevo é determinante para as características de drenagem do rio, notamos que as

estações (1, 2, 3 e 4) à montante do rio encontram-se na área de drenagem sub-paralela, com energia física mais intensa que as duas últimas (5 e 6) em trecho meandrante do rio. O relevo da área de estudo também pode ser determinante nas características físico-químicas da água do rio, principalmente neste trecho do rio onde estão situadas as estações de coleta e onde a ação humana é mais importante. Os gráficos 19 a 23 apresentam um corte transversal do rio Cubatão visto da jusante para a nascente deste. Nestes gráficos podemos observar que com exceção das estações 5 e 6 que se encontram praticamente ao nível do mar e ambiente de várzea, as demais estações possuem margens com características diferentes. Provavelmente estas características têm influência sobre os resultados das análises físico-químicas e principalmente em variáveis como o Material Particulado em Suspensão, Clorofila-*a*, e nos nutrientes, onde a energia física do rio poderia causar a erosão das margens fragilizadas pela ausência de mata ciliar contribuindo para o aumento da concentração dos mesmos.

FIG. 12- MODELO 3D DO RELEVO DA ÁREA DE ESTUDO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES E COLETA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.



Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM-UFPR.

4.3.3 Corte transversal e perfil altimétrico do rio Cubatão

Os gráficos abaixo apresentam o corte transversal (visto da jusante para a montante) do rio Cubatão representando variação da altitude em 1000 metros de distância de cada margem do rio para cada uma das estações de coletas. Pode-se observar que a estação 1 (Salto) (Graf. 19) está situada em inclinação de terreno mais elevada, onde nos períodos de maior precipitação a entrada de água e de matéria orgânica é mais intensa, bem como é maior a energia física do rio. O corte transversal da estação 3 (Prainha) (Graf. 20) nos mostra que a margem

direita do rio possui relevo bem menos acentuado que a margem esquerda. A margem esquerda desta estação é constituída de cultivo de banana intensivo. Juntamente com a estação 1, as margens do rio na estação 4 (Graf. 21) possuem uma maior inclinação de terreno, atribuindo ao rio uma maior energia física e contribuindo com isto uma maior facilidade de entrada de partículas sólidas ou nutrientes. As duas margens desta estação têm sua mata ciliar substituída por agricultura. A estação 5 se encontra em ambiente de várzea, como observamos na sua margem direita (Graf. 22). Esta estação também se encontra em área densamente ocupada por agricultura e com moradias da população local.

GRÁFICO 19: CORTE TRANSVERSAL DO RIO CUBATÃO, DA JUSANTE PARA A MONTANTE, NA ESTAÇÃO 1 (SALTO).

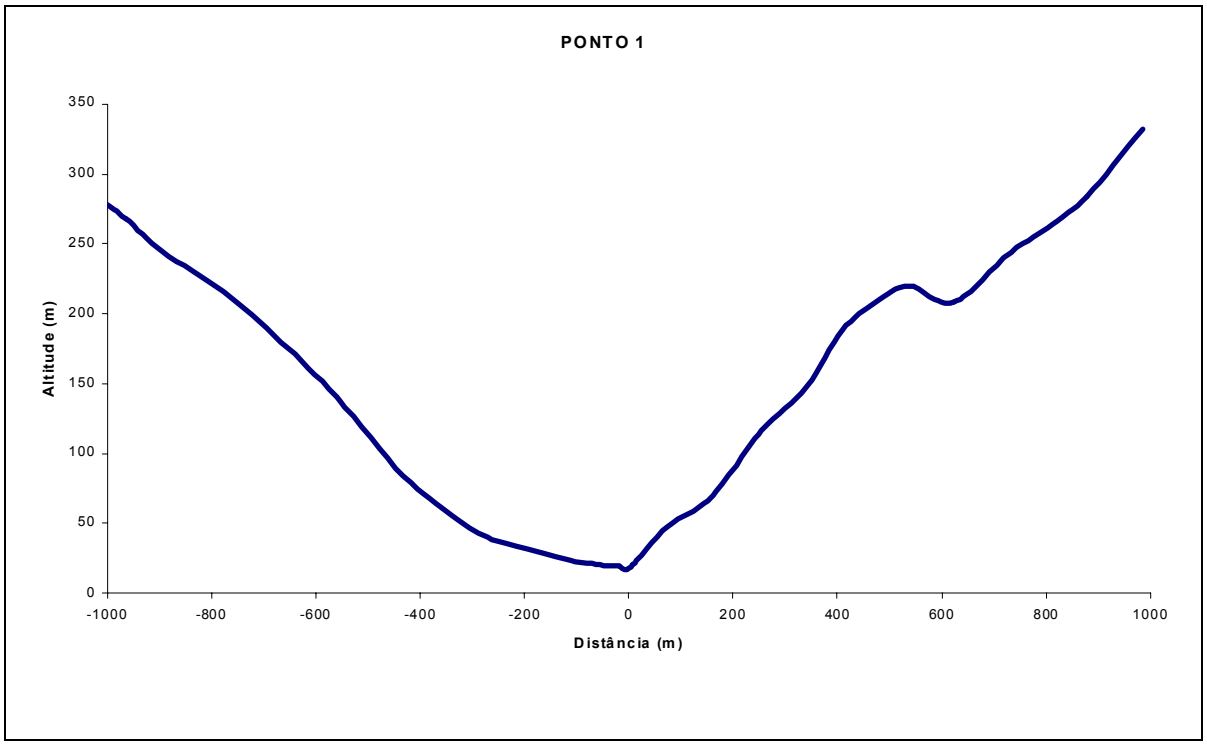


GRÁFICO 20: CORTE TRANSVERSAL RIO CUBATÃO, DA JUSANTE PARA A MONTANTE NA ESTAÇÃO 3 (PRAINHA).

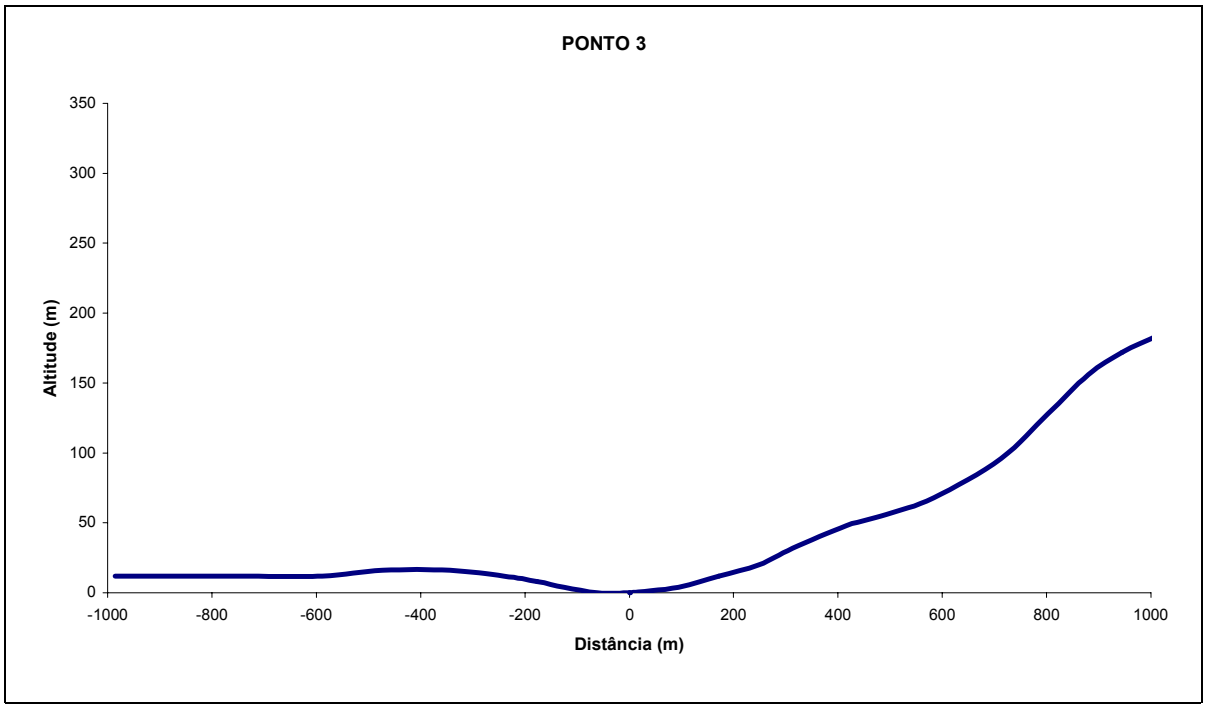


GRÁFICO 21: CORTE TRANSVERSAL DA JUSANTE PARA A MONTANTE NA ESTAÇÃO 4 (PONTE).

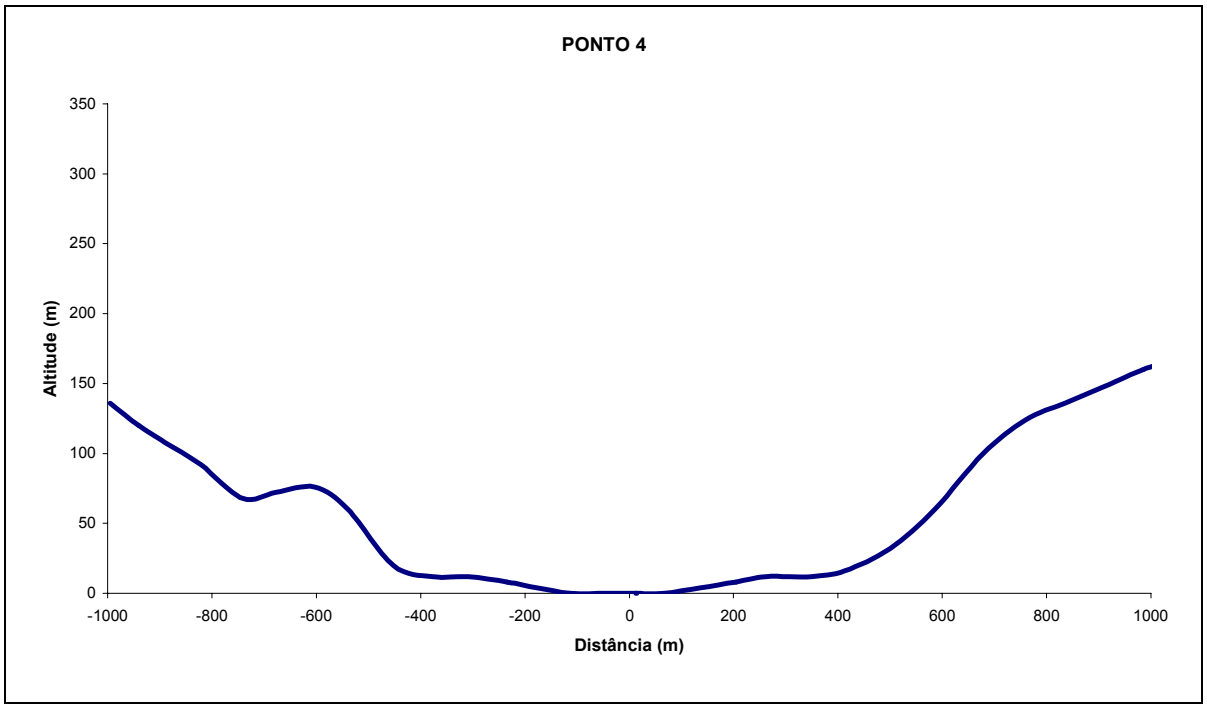
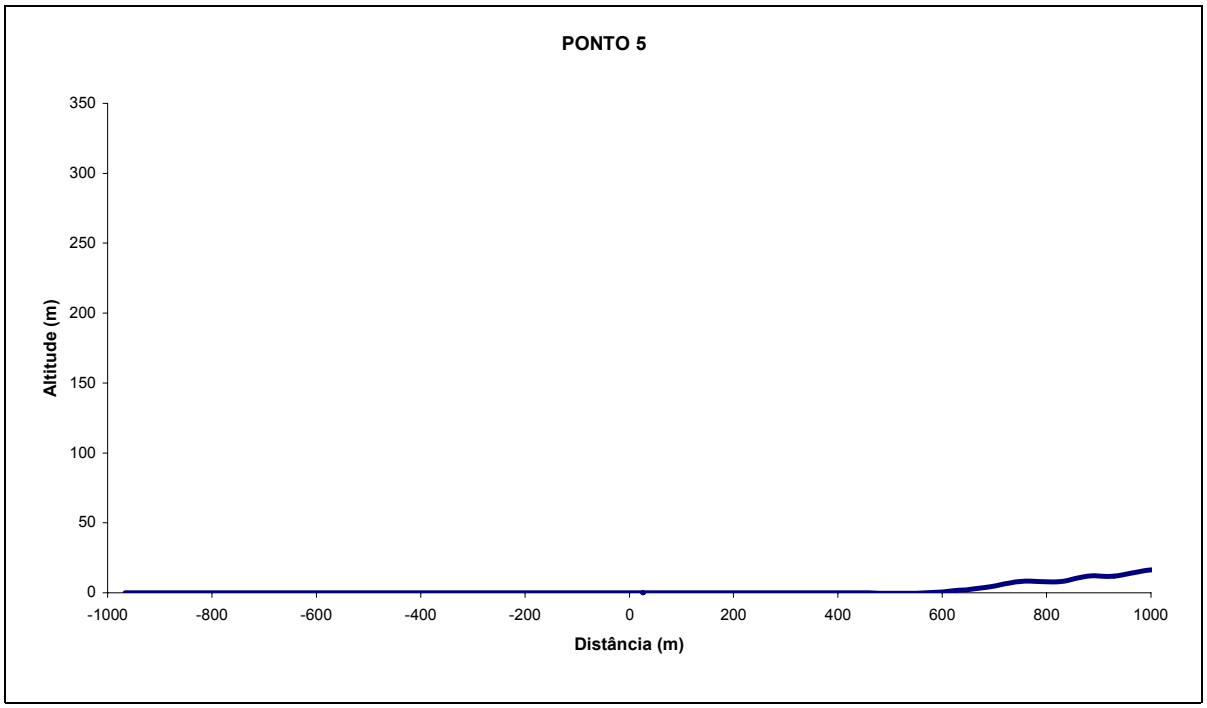


GRÁFICO 22: CORTE TRANSVERSAL DA JUSANTE PARA A MONTANTE NA ESTAÇÃO 5 (IGREJA).



4.3.4 Mapa das unidades de paisagem

Compreende-se como uma bacia de drenagem um conjunto de unidades estruturais onde se destacam as formas do relevo, ou seja, as vertentes e os canais fluviais. Com o uso de procedimentos para uma ordenação pode-se obter informações de qualquer trecho ao longo do rio, sobre a escala de grandeza e sua posição no conjunto total da rede, principalmente em bacias de drenagem de grande tamanho (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para elaboração de um mapa com as unidades de paisagem da bacia do rio Cubatão, consideramos uma análise conjunta dos dados limnológicos com os mapas da geologia, solos e vegetação obtidos junto à SEMA (2003) e imagens de satélite LANDSAT (2000). O mapa da figura 13 descreve a distribuição espacial dos pontos de coleta da área escolhida para este estudo e a ocupação do solo, bem como a divisão das unidades de paisagem descritas na tabela 03. Como mencionado anteriormente, esta área representa uma pequena parte do rio, ou da

bacia do rio Cubatão, porém, trata-se da parte mais afetada quanto à ocupação antrópica (agricultura, moradias, pequenos sítios com gado). Pode-se constatar através deste mapa a limitação física quanto ao acesso do local de estudo, ou seja, a dificuldade para ir além da primeira estação (à montante do rio) e além da última (à jusante do mesmo), como descrito em capítulo anterior.

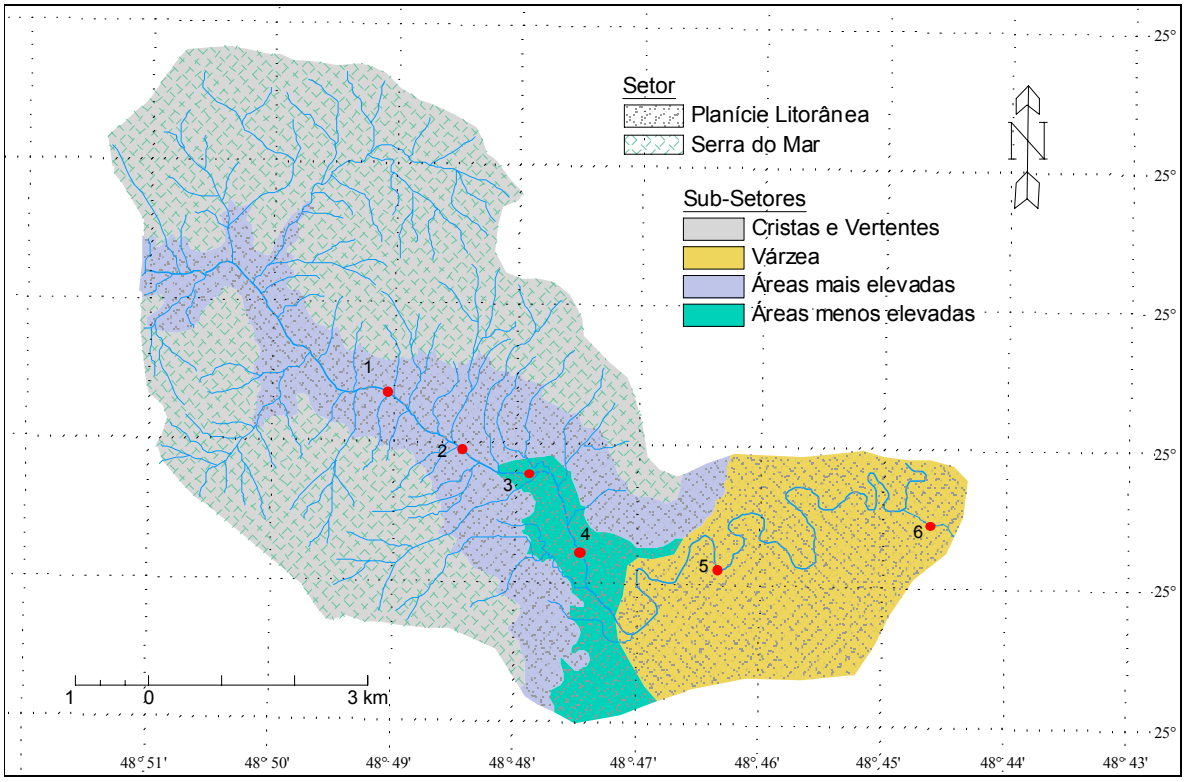
Para a determinação das unidades de paisagem citadas neste trabalho, levamos em consideração inicialmente o relevo e a vegetação que envolve o rio Cubatão, em uma faixa de 1000 metros a partir de suas margens, sendo que o uso do solo é certamente em função destas principais características físicas e biológicas. Na tabela 03, de acordo com o relevo e a vegetação, encontramos dois grandes setores, a Serra do Mar e a Planície Litorânea que foram sub-divididos em quatro sub-setores. O acesso para a região da Serra do Mar é muito íngreme, por esta razão não foi possível selecionar uma estação de coleta (Fig. 14). Os resultados da análise exploratória dos dados do PCA (Análise dos Componentes Principais) constataram dois grandes agrupamentos (est. **1,2,3 e 4** e est. **5 e 6**), sendo que estes grupos foram classificados de acordo com as menores diferenças entre os valores e de acordo com as variáveis mais significativas para os mesmos como demonstrado no gráfico 23 e nas tabelas 13 e 14 deste trabalho.

Podemos encontrar trabalhos similares como em RIOS (1995) que utilizou a Análise de Componentes Principais para classificar a ação antrópica na Bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, localizada na região centro-leste do Estado de São Paulo. Esta análise possibilitou ao autor agrupar as dez estações de coletas em três grupos distintos de acordo com a ocupação da bacia e os resultados das análises físico-químicas selecionadas no trabalho.

Procurou-se aliar os resultados obtidos nas análises da água com estas informações físico-sociológicas para a elaboração de um mapa geoambiental. De acordo com as análises físico-químicas foi possível avaliar que a área mais afetada do trecho escolhido neste estudo é onde se encontram as estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa), que compreende a maior concentração de agricultura e de população, e que possui também o menor gradiente hidráulico (Graf. 22).

Em termos de ocupação com a agricultura, como indicam as imagens de satélite (Fig. 11 e 13) e constatado ao acessarmos os locais de coleta, podemos visualizar que a agricultura se estende até as áreas mais elevadas, ocorrendo inclusive nos topos dos morros que envolvem o rio em questão.

FIG. 13 - MAPA DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA ÁREA DE ESTUDO SELECIONADA NO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.



Fonte: Laboratório de Oceanografia Costeira e Geoprocessamento do CEM-UFPR.

4.4 DESCARGAS SÓLIDAS

Os rios constituem a principal interface entre os ambientes terrestres e oceânicos, exercendo um papel importante nas interações entre os elementos bioativos nos ciclos terrestres e marinhos.

Além de água, os rios transportam para o mar, material em suspensão bem como compostos orgânicos e inorgânicos dissolvidos. As quantidades individuais das substâncias transportadas são muito difíceis de serem inventariadas em

escala global, mas sabemos hoje que cerca de 35.000 - 40.000 km^3 de água doce é drenada para os oceanos (DEGENS, 1989).

Sabemos que os processos que envolvem um sistema geoquímico acompanham o desenvolvimento do ciclo hidrológico. WALLING (1980) citado por CHRISTOFOLETTI (1999) estabeleceu um modelo que esquematiza paralelamente o fluxo das águas e os produtos químicos, onde o *input* é a queda do material seco e úmido representado pela lixiviação da vegetação e da sarapueira, sendo estes os processos iniciais. A evacuação dos solutos para os canais fluviais ocorre através de processos de escoamento pela superfície, o intemperismo, a mineralização e as interações entre sedimentos e solutos.

Alguns exemplos de estudos feitos em diferentes rios do mundo, com suas respectivas descargas sólidas são apresentados na tabela 07 como efeito de comparação com este estudo.

TABELA 07 - DESCARGA DE MATERIAL PARTICULADO EM ALGUNS SISTEMAS HIDROGRÁFICOS MUNDIAIS EM COMPARAÇÃO COM O RIO CUBATÃO.

SISTEMA (RIO)	**QUANT. SÓLIDOS 10^6 t (ano)**	**SUPERFÍCIE DA BACIA 10^6 Km^2**	**CONC. MÉDIA SÓL.SUSP. – mg/L**
*Amazonas (Brasil)	290	6,30	88,8
*Paraná (Uruguai/Brasil)	18,4	0,80	40,8
*Niger (África)	9,4	1,13	28,0
*Orinoco (Venezuela)	50	0,88	84,5
*Mississippi (USA	130	3,27	530,0
*Nilo (Egito)	18,0	2,87	755,0
*Zambezi (Moçambique)	19,5	1,34	324,0
*Congo (Africa)	37	3,68	42,0
*Ivaí (Paraná/Brasil)	1,4	0,036	122,0
**Rio Cubatão (Paraná/Brasil)	0,007	0,001	4,49

*Fonte: BITTENCOURT (1982).

**Dados deste trabalho.

As descargas sólidas apresentadas neste trabalho representam o material particulado em suspensão. A soma do total das variáveis foi convertida de mg/L para ton/ano e posteriormente multiplicada pela vazão (m^{-3}/s) (Tab. 10) obtida na estação Banestado (2), onde há uma estação de medição da SUDERHSA.

Para as outras estações foram feitas estimativas da vazão (m^{-3}/s) através do valor encontrado na estação Banestado multiplicado pela área de captação de cada uma das estações restantes. Para a área de captação consideramos a área de drenagem total da área de estudo onde na primeira estação (Salto) levou-se em consideração a área de drenagem acima deste ponto (598,5 km^2) mais a superfície de drenagem de 4,39 km^2 da estação, num total de 602,9 km^2. Para a estação 2 consideramos a sua área de 4,11 somado ao total obtido na estação 1, num total de 607,0 km^2 (a diferença da entrada/saída), e assim sucessivamente para as demais estações sendo que o valor da última estação (6) foi obtido através da soma total da área de captação das anteriores mais a sua área que é de 8,97 km^2, (Tab. 05 e 06). Para cada estação considerou-se a distância de 1000 metros nas margens (Fig. 11 e 13). O total de material particulado em suspensão foi expresso em ton/ano/km^2, (Tab. 08 e 09). O valor do material particulado em suspensão de cada estação foi multiplicado pelo valor estimado da vazão de cada uma delas resultando em Xton/ano/km^2. Os valores negativos apresentados na tabela 08 significam que houve uma retenção do material particulado, uma saída menor do que a entrada, pela retenção nos sedimentos do rio ou o mesmo poderia ser retido pela vegetação das margens, principalmente nas estações 2 (Banestado) e 3 (Prainha), que possuem margens em melhores condições. Outro fator seria de origem antropogênica uma vez que estes valores ocorreram também nas estações mais afetadas, a 5 (Igreja) e 6 (Balsa).

DS = Mat. Part. em Susp. (mg/L) X Vazão (m^3/s)

DS= Mat. Part. em Susp. (ton/ano X Tot vazão (m^3/s) = Xton/ano/km2

TABELA 08 - DESCARGAS SÓLIDAS ESPECÍFICAS DO RIO CUBATÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM (T/ANO/Km^2), NO PERÍODO SECO E CHUVOSO, DAS VARIÁVEIS INVESTIGADAS (NUTRIENTES) NAS CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS DE JULHO DE 2002 A JUNHO DE 2003, NAS 6 ESTAÇÕES (TON/DIA/KM^{-2}). $P\text{-}PO^{3-}_4$ TO = FÓSFORO TOTAL, N-N TO= NITROGÊNIO TOTAL, $Si\text{-}Si(OH)_4$ =SILICATO, $N\text{-}NO^2$= NITRITO, $N\text{-}NO_3$= NITRATO, $N\text{-}NH_4$=AMÔNIO, N-NID=NITROGÊNIO INORGÂNICO DISSOLVIDO ($N\text{-}NO_2$+$N\text{-}NO^-_3$+$N\text{-}NH_4$), INORG, D= INORGÂNICO DISSOLVIDO,MPS=MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.

Est.	Peri.	P-P to	N-N to	P-PO4	Si-Si(OH)4	N-NO2	N-NO3	N-NH4	N-NID	MPS
1	Seco	0,004	0,030	0,004	0,525	0,001	0,042	0,006	0,049	0,570
2		0,006	0,037	0,004	0,509	0,001	0,052	0,007	0,060	0,579
3		0,006	0,036	0,005	0,463	0,001	0,052	0,006	0,058	0,587
4		0,007	0,039	0,004	0,507	0,001	0,046	0,005	0,052	0,492
5		0,006	0,038	0,005	0,380	0,001	0,039	0,007	0,046	3,506
6		0,005	0,029	0,004	0,473	0,001	0,034	0,008	0,043	1,385
Total		**0,034**	**0,209**	**0,026**	**2,857**	**0,006**	**2,65**	**0,039**	**0,308**	**7,119**
Total período seco:				**13,248**						
1		0,013	0,098	0,011	1,692	0,002	0,118	0,017	0,137	5,029
2		0,012	0,095	0,014	1,650	0,003	0,116	0,016	0,135	3,857
3		0,012	0,091	0,011	1,623	0,002	0,118	0,015	0,135	5,288
4		0,013	0,095	0,011	1,682	0,002	0,115	0,015	0,132	4,205
5		0,014	0,100	0,011	1,565	0,002	0,119	0,020	0,141	10,225
6		0,014	0,103	0,013	1,496	0,003	0,117	0,021	0,141	7,488
Total		**0,078**	**0,582**	**0,071**	**9,708**	**0,014**	**0,699**	**0,104**	**0,821**	**36,092**
Total período chuvoso: 48,139										
Total anual: 61,387										

TABELA 09 - DESCARGAS SÓLIDAS ESPECÍFICAS DE MACROCONTITUINTES CATIÔNICOS E ANIÔNICOS DO RIO CUBATÃO EM RELAÇÃO À ÁREA DE DRENAGEM (T/ANO/Km^2), NO PERÍODO SECO E CHUVOSO, DAS VARIÁVEIS INVESTIGADAS NAS CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS DE JULHO DE 2002 A JUNHO DE 2003, NAS 6 ESTAÇÕES (TON/DIA/Km^2). Ca=CÁLCIO, Mg=MAGNÉSIO, Cl=CLORETO, Na=SÓDIO, K=POTÁSSIO, MPS=MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.

Est.	Periodo	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^{-}	Na^{+}	K^{+}
1		1,595	0,462	1,242	1,349	0,345
2		2,420	0,809	2,361	2,413	0,587
3	Seco	1,193	0,165	0,823	0,731	0,189
4		2,209	0,651	1,966	2,171	0,575
5		0,868	0,286	1,062	0,716	0,162
6		1,949	0,795	1,862	1,987	1,552
Total (T/ANO/Km^2),		**1,706**	**0,528**	**1,553**	**1,561**	**0,568**
Total período seco (T/ANO/Km^2),: 36,075						
1		2,113	0,411	1,422	1,631	0,587
2		-	-	-	-	-
3	Chuvoso	-	-	-	-	-
4		2,171	0,153	1,328	1,660	0,511
5		2,393	0,040	1,574	1,826	0,630
6		2,862	0,031	1,744	1,738	0,621
Total (T/ANO/Km^2):		**2,385**	**0,159**	**1,517**	**1,714**	**0,587**
Total período chuvoso (T/ANO/Km^2): 25,446						
Soma (T/ANO/Km^2):		**4,090**	**0,687**	**3,070**	**3,275**	**1,155**
Total anual (T/ANO/Km^2): 61,521						

TABELA 10 - VAZÕES MENSAIS (MÉDIAS), DE 7 DIAS (ANTES DA COLETA) E NOS DIAS DE COLETA, DE JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003, (m^3/dia).

Data	Med. mensal	Med. 7 dias	Med. dia
jul/02	22,09	22,77	25,10
ago/02	23,12	-	-
set/02	19,06	14,77	9,80
out/02	15,57	-	-
nov/02	23,99	-	-
dez/02	33,23	38,62	34,61
jan/03	49,33	-	-
fev/03	42,68	48,08	40,80
mar/03	32,76	27,52	25,10
abr/03	18,57	-	-
mai/03	12,96	-	-
jun/03	14,95	9,23	9,20

Dados: SUDERHSA.

4.5 CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DO RIO CUBATÃO

4.5.1 A distribuição de algumas espécies químicas dissolvidas como K^+, Na^+, Ca^{++}, Cl^-, H_4SiO_4, Mg^{++}, no Rio Cubatão

O sódio e o potássio nas suas formas iônicas ocorrem nas concentrações de 2,1 a 1,5 mg/L (K) e de 6,9 a 4,9 mg/L (Na) na maior parte dos rios do mundo. No Brasil, em rios como o Amazonas, as concentrações são de 3,1 mg/L para o sódio e 1mg/L para o potássio, e o Ivaí (PR), 2,2 mg/L e 1,6 mg/L respectivamente (BITTENCOURT, 1982). O valor médio na avaliação temporal de um ano em águas do rio Cubatão foi de 3,04 mg/L para o sódio e de 1,0 mg/L para o potássio.

O cálcio sob a forma do íon bivalente Ca^{2+}, na maioria dos rios da América do Sul apresenta um teor de 6,4 mg/L, no Amazonas é de 6,5 mg/L e no rio Ivaí é de 5,8 mg/L. O teor para o rio Cubatão é de 3,81 mg/L para o cálcio.

A ocorrência da sílica dissolvida na maioria dos rios do mundo tem em média um teor de 1 mg/L a 30 mg/L. Na maioria das vezes este elemento se apresenta como ácido monossílico (H_4SiO_4), origina-se principalmente do ataque de silicato e de outros materiais contendo sílica liberável. Para as águas continentais da América do Sul o teor de sílica tem uma média de 13,1 mg/L. No rio Amazonas o teor encontrado foi de 11,2 mg/L enquanto que no rio Ivaí foi de 16,7 mg/L. Para a sílica dissolvida foi encontrado em um único dia de coleta, nas seis estações do rio Cubatão, uma média de 15,6 mg/L (SiO_2), no período seco.

O teor para o ânion cloreto nas águas doces do continente sul americano é de 5,4 mg/L (Gibbs, 1972; BITTENCOURT, 1982). Para o Amazonas o valor citado foi de 3,9 mg/L e no rio Ivaí 2,1 mg/L, enquanto que no rio Cubatão as análises do cloro apresentaram um valor de 3,0 mg/L.

De modo geral os valores de elementos químicos encontrados para o Rio Cubatão encontram-se dentro da faixa de variação encontrados em rios do litoral paranaense (Tab.08), como o rio do Pinto, Marumbi, Tagaçaba e o Saiguaçu.

TABELA 11 – VALORES (mg/L) DE CONSTITUINTES QUÍMICOS EM ALGUNS SISTEMAS AQUÁTICOS DO LITORAL PARANAENSE.

SISTEMA AQUÁTICO (litoral do Paraná)	ELEMENTO QUÍMICO (mg/L)							
	data	pH	Cl^-	$NO3^-$	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+
R. do Pinto (Morretes)	09/06/77	7,90	3,0	traços	3,67	1,76	3,90	0,80
	29/07/77	8,00	1,0	0,04	3,56	2,41	3,86	1,00
	26/08/77	7,95	3,0	0,15	5,73	1,63	3,54	1,08
	01/10/77	6,90	2,0	0,86	2,16	0,68	1,90	2,20
	27/10/77	7,60	4,0	0,18	4,40	0,73	2,47	0,91
	03/12/77	7,30	3,5	0,35	2,68	1,67	2,65	0,85
	23/12/77	7,10	2,5	0,46	1,24	0,41	1,27	0,26
	05/09/78	6,60	2,0	0,35	4,96	0,80	1,72	1,12
	12/10/78	7,25	3,0	0,09	5,20	0,57	3,81	0,80
	06/11/78	7,40	1,5	0,31	3,72	0,85	3,33	1,10
R. Marumbi (Morretes)	09/06/77	7,45	2,5	1,33	1,86	0,74	2,90	0,60
	29/07/77	6,70	3,0	0,18	2,04	1,46	2,56	1,19
	26/08/77	6,60	5,0	0,20	2,76	1,17	2,41	0,83
	01/01/00	6,40	1,0	0,64	1,76	0,19	1,40	0,74
	27/10/77	7,05	4,5	0,18	2,60	0,97	2,33	0,70
	03/12/77	6,90	2,0	0,75	2,12	0,58	1,86	0,65
	23/12/77	6,50	2,5	0,49	2,32	1,82	2,28	0,46
	10/08/78	6,85	3,0	0,40	4,60	0,55	2,76	0,66
	05/09/78	6,30	2,0	0,40	2,92	0,60	1,90	0,75
	12/10/78	6,50	3,0	0,13	2,92	0,21	2,12	0,80
	07/11/78	7,20	2,5	0,31	2,32	0,31	-	-
R. Tagaçaba (Guaraqueçaba)	08/06/77	7,65	4,0	0,89	3,58	1,29	3,90	0,60
	29/07/77	7,60	0,5	0,35	3,84	2,26	3,60	0,79
	25/08/77	7,70	4,0	0,55	4,64	2,02	3,50	0,74
	30/09/77	7,05	2,0	0,60	2,24	0,36	1,55	0,58
	02/12/77	7,10	4,0	0,53	3,52	1,28	2,83	0,85
	23/12/77	6,70	2,5	0,60	2,00	1,22	2,09	0,40
	10/08/78	8,70	2,5	0,40	4,60	2,60	3,45	0,60
	06/09/78	6,90	2,5	0,31	4,12	1,94	3,09	0,75
	13/10/78	7,50	3,0	0,27	4,52	1,19	4,00	0,60
	09/11/78	7,50	3,5	0,40	4,16	0,87	3,57	0,90

Dados obtidos por André Virmond Lima Bittencourt, nos arquivos do DRH do Estado do Paraná entre 1977 e 1978.

TABELA 12 – VALORES (mg/L) DE CONSTITUINTES QUÍMICOS E pH DO RIO CUBATÃO E RIO ARRAIAL (BACIA DO RIO CUBATÃO).

SISTEMA AQUÁTICO (Bacia do rio Cubatão)	pH e ELEMENTOS QUÍMICOS (mg/L)							
	data	pH	Cl^-	NO_3^-	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{++}	K^+
*R. Arraial (S. J. Pinhais)	06/08/02	7,10	1,89	0,38	-	-	-	-
	12/03/03	7,20	2,09	0,25	-	-	-	-
**R. Cubatão (Guaratuba)	19/07/02	7,04	3,00	0,09	3,14	1,28	3,2	2,5
	19/07/02	7,66	3,08	0,14	3,46	1,02	3,4	0,9
	19/07/02	7,58	3,62	0,17	3,71	1,24	3,7	0,9
	19/07/02	7,44	2,77	0,11	3,26	1,33	3,0	0,8
	01/04/03	7,17	2,81	0,12	4,61	0,05	2,8	1,0
	01/04/03	7,41	2,50	0,13	3,80	0,06	2,9	1,0
	01/04/03	7,81	2,08	0,13	3,40	0,24	2,6	0,8
	01/04/03	7,82	2,18	0,13	3,24	0,63	2,5	0,9
	27/06/03	7,31	4,60	0,13	3,76	1,24	3,1	0,7
	27/06/03	7,92	3,49	0,12	5,06	0,70	3,1	0,8
	27/06/03	7,87	2,83	0,12	4,45	0,24	3,1	0,7
**R. Preto (Guaratuba)	27/06/03	6,83	5,38	0,12	3,56	0,75	3,9	0,8
**R. Cubatãozinho (Guaratuba)	27/06/03	6,81	5,10	0,11	2,67	0,65	3,6	0,7

Fonte: * Dados do IAP (2003).

****Dados deste trabalho.**

Os dados das tabelas 10 e 11 foram colocados nos diagramas triangulares de Durov (DREVER, 1988) muito empregado tanto para a classificação química das águas quanto para às avaliações de interação água-rocha. Este diagrama representa a composição química dessas águas diretamente através dos cátions

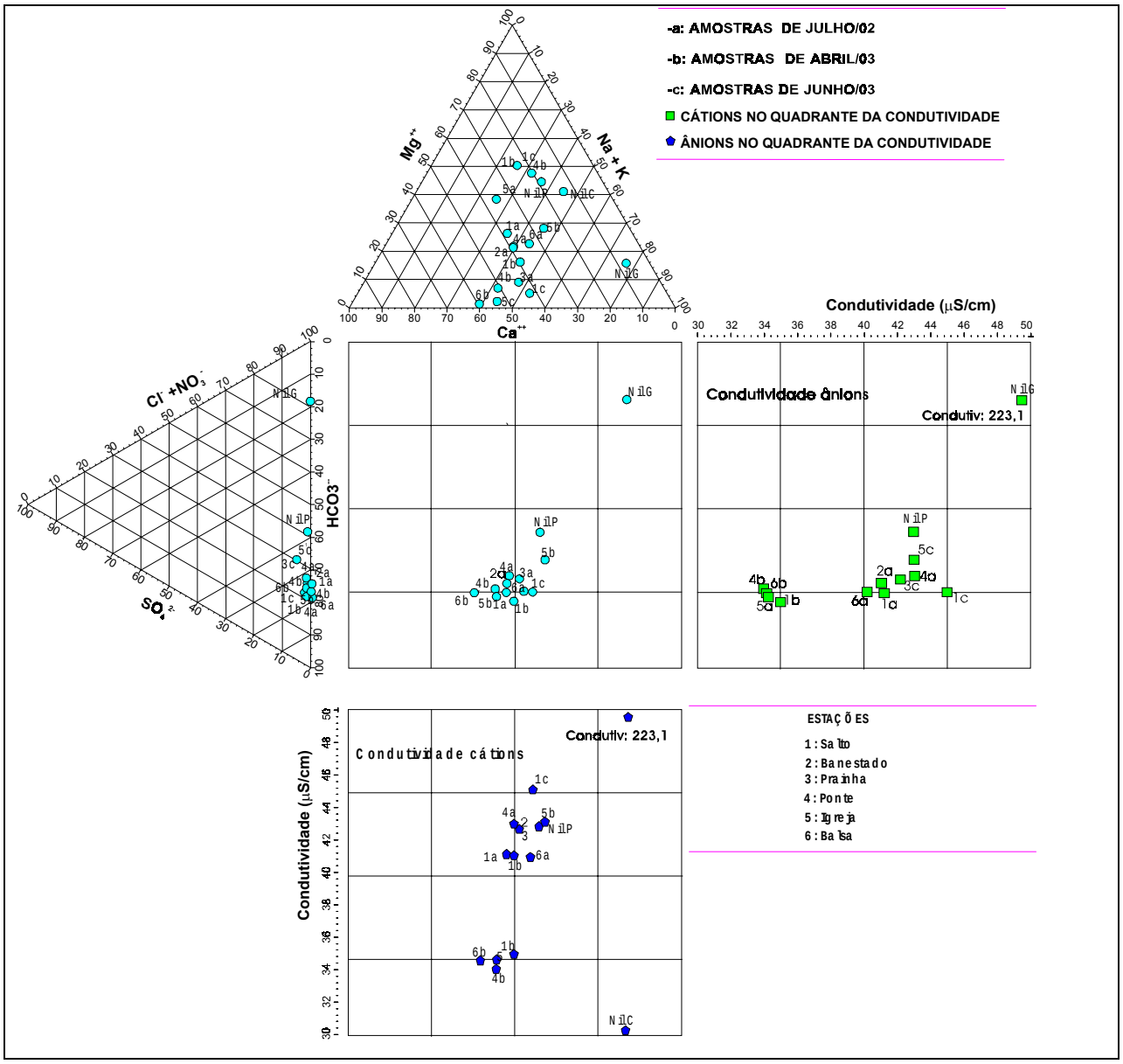
mais abundantes nas águas. Os diagramas triangulares permitem as avaliações de processos que ocorrem entre corpos hídricos diferentes e a sua relação com a litologia (BITTENCOURT, 1993).

Na figura 14, podemos observar que no triângulo dos cátions ocorre uma concentração de águas separadas em dois grupos, onde o grupo contendo as estações Balsa, Igreja e Ponte, encontra-se na região mais cálcica, na base do triângulo enquanto que o outro grupo tende para a área central entre o cálcio, sódio e potássio, não tão próximo da base. Com isto, as águas neste trecho do rio são caracterizadas como bicarbonatadas-cálcicas e bicarbonatadas-mistas. Um único ponto tende ao extremo sódico potássico, que é justamente a estação que se encontra já no estuário e com influência marinha acentuada nas marés altas, classificando as águas próximas ao estuário como águas cloretadas. Os valores encontrados para esta última estação (Guaratuba) já no estuário onde se encontra o rio Cubatão têm clara influência do cloro, trazido pelo represamento da água marinha, nas marés de sigízia, sendo, portanto estas águas junto ao estuário do rio, classificadas como cloretadas.

Também no grupo dos ânions, as águas que predominam são as representadas pelas estações 5 (Igreja), 6 (Balsa) e pelas estações do Rio Preto e Cubatãozinho, mais próximos ao estuário, classificando estas águas como bicarbonatadas-sódicas. Em um único ponto na base, quase ao extremo do triângulo, representado no diagrama pela estação Guaratuba, com forte influência do cloro, na parte navegável do rio, estas águas são classificadas como cloretadas.

Os diagramas triangulares demonstram a variabilidade e a ocorrência dos íons, citados acima e conforme descrito no em parágrafo anterior (3.1.6), as rochas graníticas que ocorrem na Serra do Mar são caracterizadas como alcalino-sódicas, reforçando a análise da distribuição dos elementos químicos nestes diagramas de Durov.

FIG.14: REPRESENTAÇÃO DAS COMPOSIÇÕES DOS MACROCONSTITUINTES IÔNICOS Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{2}, HCO_3^{-}, Mg^{2+} e Cl^{-} DAS ÁGUAS DO RIO CUBATÃO E SUAS RELAÇÕES COM AS RESPECTIVAS CONDUTIVIDADES, EM DIAGRAMA DE DUROV.



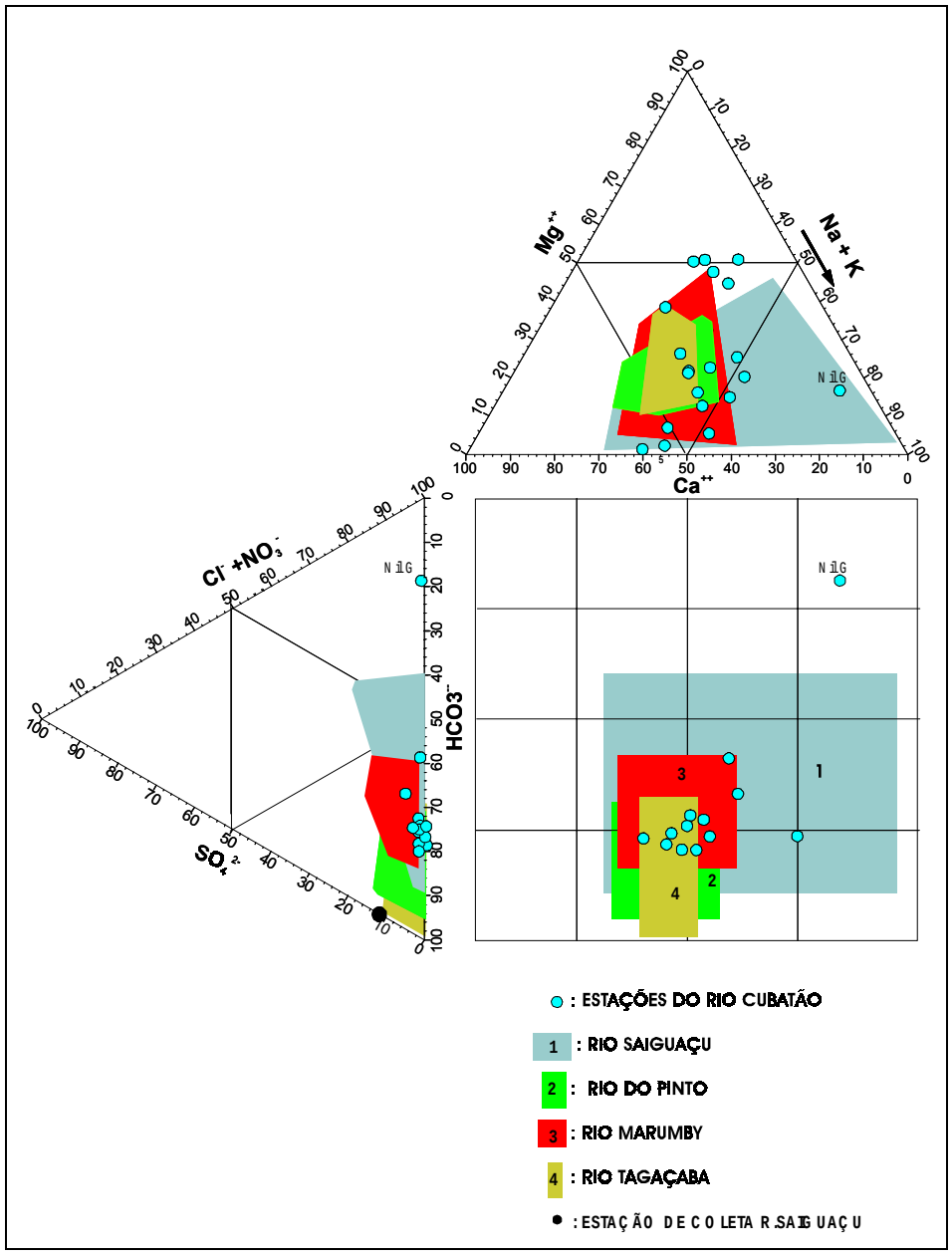
Na figura 14, observamos uma relação da condutividade (quadrado da direita e abaixo) com os cátions e ânions em três amostragens ocorridas em julho de 2002 e abril e junho de 2003, cobrindo os períodos chuvosos e secos. No diagrama podemos notar que a condutividade maior corresponde às águas mais cálcicas. Este fato encontra-se evidenciado nos quadrados da condutividade onde

observamos a distribuição dos cátions e ânions forma dois grupos distintos onde um é formado pelas amostras 6b, 5a, 4b, 1b, do período chuvoso (abril/03) e as demais formando o outro grupo do período seco (julho/02 e junho/03. Em ambos os quadrados da condutividade notamos que a amostra Nil G encontra-se isolada dos grupos de amostras, isto porque trata-se das águas de uma estação de coleta no estuário do rio Cubatão, muito próxima da costa e que sofre represamento da maré com maior intensidade do as outras estações, como mencionado anteriormente.

Na figura 15 temos uma relação entre as composições das águas de quatro rios do litoral paranaense, Rio do Pinto, Marumbi, Saiguaçu e Tagaçaba (representados por polígonos) com o rio Cubatão. As composições são expressas através de seus polígonos de relações interiônicas (PRIC), (BITTENCOURT, 1993), bem como pelos retângulos de integração de cátions e ânions no diagrama de DUROV. Podemos observar uma distribuição muito semelhante tanto no triângulo dos cátions quanto dos ânions, principalmente entre os rios do Pinto, Marumbi e o rio Cubatão. Estes rios possuem características geológicas, climáticas e vegetacionais semelhantes, ambos os rios nascem na Serra do Mar, atravessam a planície litorânea e somente o trecho final do rio se encontrando no estuário. O rio Saiguaçu foi o que apresentou as maiores diferenças em relação ao rio Cubatão, por ser um rio quase todo localizado na planície litorânea, chegando até a costa marinha. Neste diagrama, o rio Saiguaçu teve uma das estações, representada no diagrama por uma esfera em preto (Fig. 15), isolada do polígono representativo da distribuição das águas, por se encontrar esta estação muito próxima do mar, o que poderia descaracterizar este polígono.

Conforme descrito anteriormente, as rochas predominantes na área da bacia do rio Cubatão, onde se encontram o rio Cubatão e os outros quatro descritos acima, são caracterizadas como alcalino-sódicas. Este substrato rochoso tem forte influência na caracterização influenciando na imposição do caráter bicarbonatado-sódico e bicarbonatado-misto das águas do rio Cubatão, Marumbi, Tagaçaba e Saiguaçu e cloretado para o rio Saiguaçu, por se encontrar quase que totalmente em planície litorânea.

FIG. 15 - SITUAÇÃO DAS ÁGUAS DO RIO CUBATÃO COMPARADAS COM A COMPOSIÇÃO (Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+}, SO_4^{2}, HCO_3^{-}, Mg^{2+} , NO_3 e Cl^{-}) DOS RIOS DO LITORAL PARANAENSE, RIO SAIGUAÇU, MARUMBI, RIO DO PINTO, E TAGAÇABA, ATRAVÉS DE DIAGRAMA DE DUROV E RESPECTIVOS POLÍGONOS DE RELAÇÕES INTERIÔNICAS.



4.6 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

A análise dos componentes principais (PCA) dos resultados obtidos neste trabalho tem o objetivo de esclarecer as tendências gerais das diferenças entre as amostragens e as complexidades das relações entre os processos meteorológicos, hidrográficos e biológicos neste período de estudo. Como um dos objetivos deste trabalho é fornecer subsídios para estabelecer um zoneamento da área a partir dos resultados das análises limnológicas, o PCA contribui para a identificação de possíveis padrões de comportamento ao longo do rio e que puderiam ser relacionados às características fisiográficas do mesmo. Foram também efetuadas análises de correlação linear simples entre as variáveis pesquisadas com **p< 0, 01**, com o objetivo de reforçar a credibilidade dos valores encontrados no PCA.

A análise de componentes principais (PCA) baseia-se no cálculo das correlações lineares entre as variáveis, originando componentes fatorais denominados de autovalores. Estes autovalores indicam a posição dos diversos descritores no plano fatorial e o ângulo formado entre dois vetores significa a correlação entre as variáveis. Quanto maior for o vetor, maior será a sua correlação com o eixo fatorial correspondente, (Tab. 12 e 13).

4.6.1 Dinâmica espacial dos parâmetros ambientais.

O gráfico 23 apresenta a análise de componentes principais efetuada a partir das médias anuais das 26 variáveis físicas, químicas e biológicas, consideradas como descritores do ecossistema investigado, das 6 estações de coleta, perfazendo um total de 6 casos e 26 variáveis.

O gráfico 24-A mostra um agrupamento formado pelas estações 5 e 6 no eixo 2 em oposição aos dois outros grupos formados pela estação 1 e 4 e estações 2 e 3 no quadrante do eixo1. Conforme ilustra a figura 24-B, construída a partir da mesma matriz de dados, evidencia a existência de três agrupamentos distintos, que conferem ao sistema um gradiente espacial bem definido. Porém, o

fato da estação 1 estar agrupada à estação 4 se deve principalmente pela formação de corredeiras em conseqüência do relevo nestas estações (Graf. 21 e 19).

Nas estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa) o NO_2, CO_2 (%), NID, o NH_4, a Temperatura, a Alcalinidade e o material particulado em suspensão, são as variáveis que predominaram, isto justifica-se por ser a área do rio com maior influência antrópica, através da agricultura intensiva e da maior concentração de moradores. Esta mesma concentração de moradores pode também explicar a existência de uma maior concentração do PO_4 devido ao esgoto doméstico, a presença de fezes de gado e à utilização de detergentes domésticos que poderia ou não estar influenciando nos dados. Além disso, um ambiente com oxigênio reduzido favorece o aumento do fósforo na forma dissolvida. Outro fator influenciador, principalmente da alcalinidade foi a dragagem de areia que ocorreu no primeiro dia de coleta, bem próxima à estação 5 e que elevou a média de todos os valores. A estação 6 sofre influência da maré (represamento) como foi descrito anteriormente neste trabalho, o que podemos observar pela ocorrência do íon cloro neste agrupamento.

O agrupamento formado pelas estações 1 (Salto), ponto extremo da área de estudo selecionada à montante do rio, e a 4 (Ponte), parte central desta área, se deve principalmente às variáveis NP, Feofitina, clorofila-*a* e Sílica. O aumento do valor da relação fósforo/nitrogênio encontrada nesta área deve-se pode estar relacionada principalmente à estação 4 (Ponte), pela utilização de insumos agrícolas, nesta estação as duas margens tem sua mata nativa substituída pela agricultura.

O agrupamento constituído pelas estações 2 (Banestado) e 3 (Prainha) tem as concentrações das variáveis nitidamente distintas. Na estação 2 encontramos os valores mais elevados de pH, DBO_5, OD, OD (%) e NO_3 . Próximo a esta estação, observamos a existência de alta quantidade de corretivo do solo o que poderia estar influenciando a concentração do Ca e Mg, uma vez que os produtos utilizados para este fim contêm estes elementos. Considere-se ainda o relevo (perfil transversal) que é muito semelhante ao da estação 1 (Graf. 20), onde

observamos que a margem constituída de agricultura possui menor gradiente topográfico. O mesmo ocorre na estação 3, onde foi encontrado o maior índice de pH deste trabalho, considerando-se que pode existir que o pH também tem influência na concentração do OD (ESTEVES, 1988).

Embora o agrupamento entre as estações 1 e 4 pareça incoerente na distinção das três unidades de paisagem descritas neste trabalho, podemos considerar que o perfil transversal destas duas estações (Graf. 19 e 21), mesmo com altitudes diferentes, possuem características físicas semelhantes nas margens, típicas de trechos do rio com energia física mais intensa, propiciando uma maior entrada de material, principalmente em dias de maior precipitação.

GRÁFICO 23: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS MÉDIAS ANUAIS (JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003), A=ESTAÇÕES E B=VARIÁVEIS ESTUDADAS, NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.

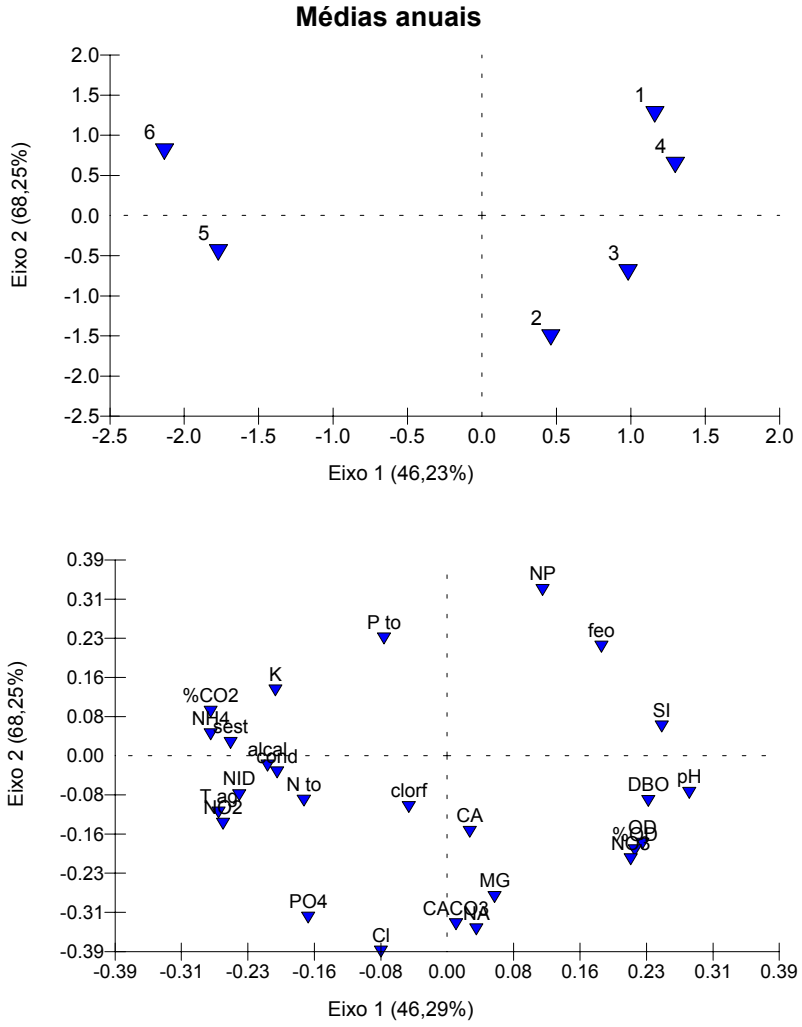


TABELA 13 - AUTOVALORES DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS DOIS PRIMEIROS EIXOS PRINCIPAIS E SUAS RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE VARIÂNCIA.

VARIÁVEIS	EIXO 1	EIXO 2
Temp. da água	**-0,267**	**-0,112**
pH	**0,282**	-0,074
Alcalinidade	**-0,21**	-0,02
%CO_2	**-0,276**	0,087
Dem. Bioq. Oxigênio (DBO_5)	**0,235**	-0,089
Condutividade	**-0,198**	-0,033
Oxigênio Dissolvido (OD)	**0,228**	**-0,174**
Sat. %OD	**0,219**	**-0,187**
Fósforo total (P to)	-0,074	**0,232**
Nitrogênio total (N to)	**-0,167**	-0,089
Fosfato (PO_4)	**-0,162**	**-0,32**
Si(OH)4	**0,251**	0,058
Nitrito (NO_2)	**-0,262**	**-0,135**
Nitrato (NO_3)	**0,214**	**-0,205**
Amônio (NH_4)	**-0,276**	0,043
Nitrog. Inorg. Dissolvido (NID)	**-0,243**	-0,078
Rel. Nitrogênio/Fósforo (N:P)	**0,111**	**0,329**
Clorofila- ***a***	-0,045	**-0,102**
Feofitina	**0,18**	**0,216**
Material partic. em suspensão	**-0,253**	0,025
Cálcio (Ca)	0,026	**-0,15**
Magnésio (Mg)	0,056	**-0,28**
Cloro (Cl)	-0,078	**-0,388**
Sódio (Na)	0,034	**-0,344**
Potássio (K)	**-0,201**	**0,129**
Autovalores	**12,04**	**5,71**
% variação	**46,29**	**21,95**
% variação acumulada	**46,29**	**68,25**

4.6.2 Dinâmica temporal dos descritores ambientais

O gráfico 24 apresenta a análise de componentes principais efetuada através das médias sazonais das 29 variáveis físicas, químicas e biológicas. As 29 variáveis são relacionadas aos 6 pontos de amostragem nos 2 períodos amostrais chuvoso (novembro de 2002 a março de 2003) e seco (junho a dezembro de 2003, totalizando 12 casos e 29 variáveis. No primeiro gráfico podemos observar as médias sazonais em que a análise nos mostra a formação de 4 agrupamentos, 2 nos quadrantes à esquerda correspondendo ao período seco de 2002 e os outros 2 ocupando os dois quadrantes da direita correspondendo à estação chuvosa de 2003.

No período seco, indicado pela letra S visualizamos claramente a distinção entre as estações 1, 2, 3, 4, e as estações 5 e 6, as duas primeiras estações no sub-setor das **Áreas mais elevadas**, as duas do meio no sub-setor das **Áreas menos elevadas** e as duas últimas no sub-setor **Várzeas**, conforme demonstrado na tabela 03 no capítulo sobre as unidades de paisagem. As variáveis que mais contribuem para esta distinção são o pH, o OD e a saturação do OD(%) no quadrante superior.

Essas variáveis têm grande correlação entre si, como a velocidade da corrente e o OD, sendo essa correlação inversa para a temperatura e isto se justifica uma vez que as duas primeiras estações 1 (Salto) e 2 (Banestado) encontram-se em uma região de maior altitude (Graf. 19), com vegetação ciliar mais conservada e portanto com temperatura menor e maior velocidade da corrente o que contribui para o aumento do oxigênio dissolvido. Na estação 2, 3, e 4 a grande quantidade de corretivo do solo pode estar tendo influência no acréscimo do pH.

No quadrante inferior do período seco encontram-se as estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa), como descritas anteriormente, são as mais influenciadas pela ocupação humana e onde a mata ciliar foi praticamente substituída pela agricultura ou as margens encontram-se erodidas, por se encontrarem em área de

menor gradiente hidráulico (Graf. 22) e ambiente de várzea. Os valores da alcalinidade e da condutividade são maiores neste quadrante provavelmente influenciados pelos dados da primeira coleta onde ocorria nesta época uma extração de areia bem próxima à estação 5. Por outro lado, as estações 5 e 6 encontram-se em um trecho do rio com menor força física e com a balsa de travessia dos moradores. Na maré alta estas estações poderiam estar sofrendo alguma influência marinha (por represamento), o que poderia estar justificando os maiores teores de Na, Ca e K.

No período de chuva, indicado pela letra C, o quadrante superior e o quadrante inferior estão nitidamente separados com dois agrupamentos sendo que o quadrante superior é representado pelas estações 1, 2, 3, e 4, onde as variáveis que predominaram neste trecho foram o DBO, a feofitina, a sílica, o N:P e o Mg. No limite entre os dois quadrantes deste período climático encontram-se o PO_4 e a clorofila, como demonstrado no capítulo anterior da dinâmica espacial, esta última variável principalmente na estação 4, se destaca em seus valores encontrados.

Assim como no período seco, o período chuvoso também teve o quadrante inferior representado pelas estações 5 e 6, o que mais uma vez vem justificar a nítida diferenciação dos dois setores e dos sub-setores em que se encontram as estações, representados pelas unidades de paisagem descritas neste trabalho (Tab. 03). Estas estações tiveram as maiores concentrações de fósforo, nitrogênio, amônio, nitrito e material particulado em suspensão. Neste período climático as margens destas são constantemente alagadas, com muita influência do baixo gradiente hidráulico e características das margens (Graf. 22). Estes alagamentos podem carrear matéria orgânica da vegetação das margens erodidas, corretivo do solo e/ou fertilizantes agrícolas, esgoto doméstico e fezes de gado, o que provavelmente justificaria os maiores teores de fósforo e nitrogênio. A quantidade de material particulado em suspensão se deve provavelmente devido ao tráfego da população com a utilização da balsa de travessia do rio e à erosão do solo pelos fluxos de escorrimento superficial das margens.

GRÁFICO 24: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS MÉDIAS ANUAIS (JULHO DE 2002 À JUNHO DE 2003), A= ESTAÇÕES E B= VARIÁVEIS ESTUDADAS, NAS 6 ESTAÇÕES DO RIO CUBATÃO, DE JULHO 2002 A JUNHO DE 2003.

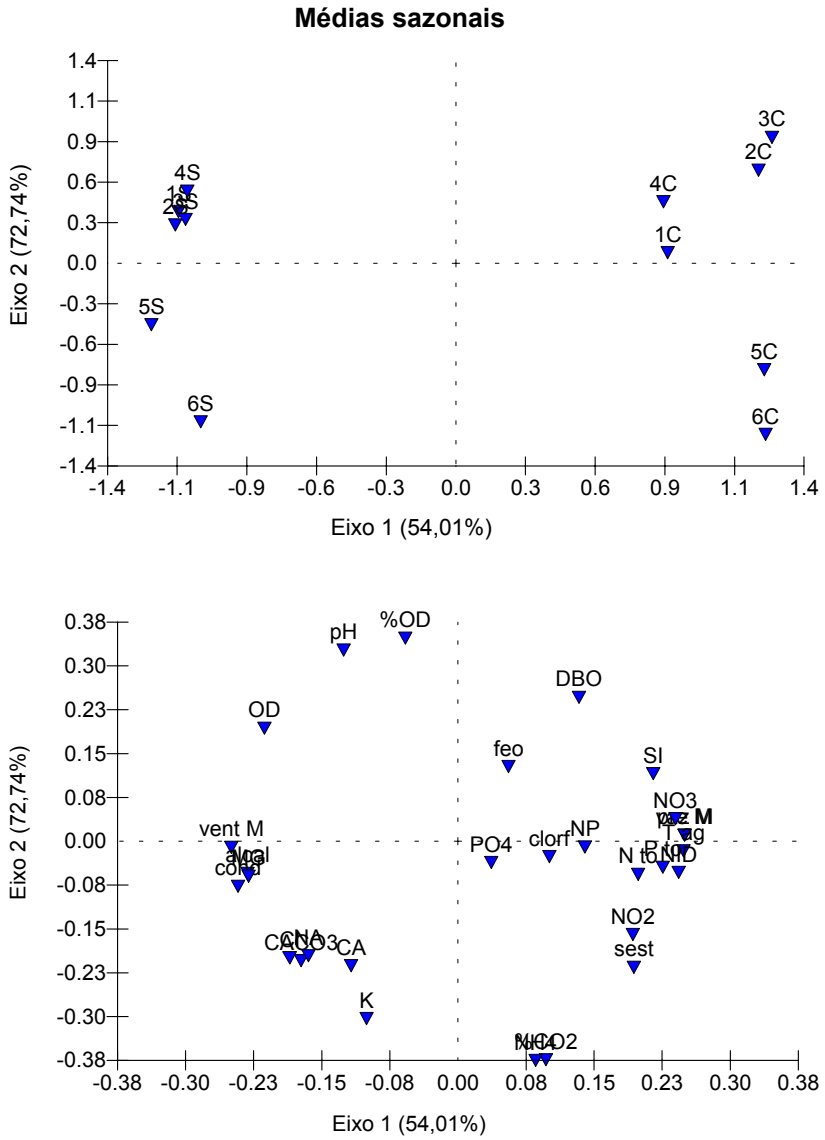


TABELA 14: AUTOVALORES DAS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA OS DOIS PRIMEIROS EIXOS PRINCIPAIS E SUAS RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE VARIÂNCIA.

Variáveis	Eixo 1	Eixo 2
Vazão M	**0,251**	0,01
Precip. M	**0,251**	0,01
Vento M	**-0,251**	-0,01
Temp. água	**0,25**	-0,016
pH	**-0,126**	**0,329**
Alcalinidade	**-0,233**	-0,056
%CO_2	0,097	**-0,376**
Dem. Bioq. Oxigênio (DBO)	**0,134**	**0,247**
Condutividade	**-0,244**	-0,077
Oxig. Dissolvido (OD)	**-0,214**	**0,194**
Sat. %OD	-0,058	**0,349**
Fósforo total (P to)	**0,227**	-0,045
Nitrog. Total (N to)	**0,199**	-0,057
Fosfato (PO_4)	0,037	-0,037
$Si(OH)_4$	**0,216**	**0,116**
Nitrito (NO_2)	**0,194**	**-0,161**
Nitrato (NO_3)	**0,241**	0,039
Amônio (NH_4)	0,086	**-0,377**
Nitrog. Inorg. Dissolv. (NID)	**0,244**	-0,054
Rel. Nitrg/Fósforo (N:P)	**0,141**	-0,01
Clorofila-*a*	**0,101**	-0,026
Feofitina	0,056	**0,128**
Mat. Part. em suspensão	**0,195**	**-0,217**
Cálcio (Ca)	**-0,118**	**-0,214**
Magnésio (Mg)	**-0,232**	-0,06
Cloro (Cl)	**-0,186**	**-0,201**
Sódio (Na)	**-0,165**	**-0,197**
Potássio (K)	**-0,101**	**-0,305**
Autovalores	**15,66**	**5,43**
% variação	**54,01**	**18,73**
% variação acumulada	**54,01**	**72,74**

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho não se ateve somente à avaliação da qualidade da água do rio Cubatão, mas a interação deste sistema aquático com as características geoambientais e ecossistêmicas que o envolvem.

A associação dos estudos sobre a qualidade da água com a influência litológica e as descargas sólidas, aliadas à ordenação espacial em unidades de paisagem, permitiu evidenciar os trechos do rio considerados mais sensíveis às alterações ambientais. Esta associação permitiu também caracterizar as águas da bacia do rio Cubatão, e comparar com outros rios do litoral paranaense. As análises físico-químicas dos cátions e íons permitiram a comprovação da influência litológica na qualidade da água do rio Cubatão, uma vez que o substrato rochoso predominante nesta região são as rochas graníticas alcalino-sódicas com forte influência nos quimismos, estas foram caracterizadas como bicarbonatadas-sódicas e bicarbonatado-mistas.

Outra contribuição importante neste trabalho foi o estudo das descargas sólidas, onde pôde-se constatar que os fluxos de material particulado sofrem influência direta das atividades antrópicas na dinâmica espacial, este fato ficou demonstrado nos valores obtidos nas estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa), enquanto que na dinâmica temporal os maiores valores foram encontrados no período chuvoso em todas as estações pesquisadas.

Embora a área de estudo contendo as seis estações de coleta não ocupe uma área expressiva da bacia do rio Cubatão, estas estações foram distribuídas uniformemente, em trecho central do rio e em área de maior ocupação do solo, sendo, portanto, adequada aos objetivos deste trabalho.

A utilização do geoprocessamento para obtenção de uma visão global da bacia hidrográfica e das unidades de paisagem em que ela está inserida, juntamente com o estudo da influência litológica da água do rio Cubatão, permitiu uma melhor interpretação do comportamento das variáveis investigadas, demonstrando que:

- o trecho do rio que se encontra no setor da Serra do Mar (descrito nas unidades de paisagem), encontra-se em boas condições ambientais e

praticamente sem interferência antrópica, no entanto sabe-se da existência de cultivos de banana em alguns trechos desta região de montanha, pertencente à mesma bacia;

- os dois primeiros pontos de coleta no setor de Planície, nas áreas mais elevadas, apresentam condições ambientais boas, com discreta influência antrópica na primeira estação. Na segunda estação, verifica-se a existência de agricultura intensiva na margem direita e vegetação ciliar natural em boas condições na margem esquerda do rio;

- As demais estações de coleta encontram-se em uma área com grande ocupação agrícola, e, embora as duas últimas estações estejam em área de maior concentração de população, as análises da água são consideradas dentro dos padrões aceitáveis de qualidade da água para um rio de classe 2 (BRASIL, 1986).

A escolha das datas de coleta, concentradas nos meses do período chuvoso e seco, no estudo da dinâmica temporal mostrou-se adequada uma vez que a área de estudo possui características geológicas, vegetacionais e antrópicas bem distintas na sua extensão. Além da diversidade da inclinação de terreno em que o rio se encontra, o clima foi outro fator determinante por possuir esta região altos índices pluviométricos acelerando o intemperismo, fator determinante do quimismo da água.

Verificou-se neste trabalho uma distinção das estações 5 (Igreja) e 6 (Balsa) entre as seis estações de coleta para quase todas as variáveis analisadas. Estas estações encontram-se em ambiente de várzea e com provável influência marinha (represamento da maré) na última estação (6). A aplicação da Análise de Componentes Principais (PCA) reforçou a interpretação visual das características desta região indicando a suscetibilidade, por condições naturais e antrópicas, do trecho do rio onde as mesmas se encontram.

Embora esta pesquisa tenha se limitado a um pequeno trecho da bacia do rio Cubatão, o estudo da delimitação da mesma e os cálculos sobre as descargas sólidas demonstraram a importância desta bacia quanto a sua abrangência e volume de água em relação aos outros rios que deságuam na Baía de Guaratuba.

A bacia do rio Cubatão situa-se quase que inteiramente em uma área de preservação ambiental (APA de Guaratuba), porém, encontra-se consideravelmente próxima a grandes centros urbanos como Joinville (SC) e Curitiba (PR). Além disso, a região possui atrativos naturais como cachoeiras, locais de camping e pesca a barco que poderão ser ambientalmente monitorados para uma futura exploração turística.

Com exceção do trecho mais ao sul, pertencente ao Estado de Santa Catarina, a bacia do rio Cubatão se encontra quase que inteiramente no município de Guaratuba e a agricultura intensiva de banana e de arroz nesta região vem sendo praticada há muitos anos (cerca de 44 anos para a banana), com a utilização de defensivos agrícolas. A condição sócio-econômica da população da Vila de Cubatão, Limeira, Caovi, castelhanos e arredores, depende desta agricultura, há que se ter como prioridade um estudo que permita dar continuidade a esta atividade com uma política ambiental adequada. Análises preliminares solicitadas pelos membros da Associação dos Produtores de Banana da Vila de Cubatão não detectaram a presença de agrotóxicos na água deste rio. No entanto, não sendo pequena a quantidade de defensivos agrícolas utilizados na prática dessa agricultura (informações da EMATER – Guaratuba).

Estudos posteriores sobre o material sedimentado do rio Cubatão poderão contribuir para um melhor conhecimento destes sistemas aquático/terrestre fornecendo informações que possam fortalecer a real possibilidade de utilização desta área como alternativa de sustentabilidade para a população local.

REFERÊNCIAS

ALLAN, J. D.; ERICKSON, D. L. ; FAY, J. **The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scalales.** Freshwater Biology 1997. V. 37, 149-161.

ANGULO, R. J. **Geologia da planície costeira do estado do Paraná.** São Paulo, 1992.Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. 334p.

APHA 1998. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 17ª ed. Washington.

ARANA, L. V. Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura. Florianópolis, 1997. 166 p. Editora da UFSC.

BARROSO, G. F. **Sistema de avaliação de habitats aquáticos. Estudo de caso: Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP.** São Carlos, SP. 1994. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos naturais da Universidade Federal de São Carlos.

BAUMGATEN, M. G. Z, J. M. BARROS, L. F. H. NIENCHESKI**. Manual de análises em oceanografia química.** Ed. Furg, Rio Grande, 1996. 132p.

BIGARELLA, J. J; et. Al. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná.** Edi. J.J.Bigarella et ali. Curitiba, PR, 1978.249 p., Edi. J.J.Bigarella et ali.

BITTENCOURT, A. V. L. **Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí.** Bol. Paranaense de Geociências, 1982. n° 35. Universidade Federal do Paraná, 54 p.

BITTENCOURT, A.V.L. 1993. **Transporte de Sólidos na Bacia do Rio Piquiri** - Pr. In: **V** Simpósio Brasileiro de Geologia. Curitiba. Resumo das Comunicações. Curitiba, Editora da UFPr-SBG, 93, v1:p. 30.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** São Paulo,1986. CETESB/ASCETESB.

BRASIL.MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL. 1986. CONAMA. Conselho Nacional do Meia Ambiente. Resolução n^{o} 20, de 18 de junho de 1986. S.e. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília.

CAMARGO, A. F.M., FERREIRA, R. A. R., SCHIAVETTI, A. & BINI, L. M. **Influence os physiography and human activity on limnological characteristics of lotic ecosystems of the south coast os São paulo, Brazil.** 1996. Acta Limnologica Brasiliência 8:, 231-243.

CARMOUZE, J. P. **O Metabolismo dos Ecossistemas Aquáticos: Fundamentos Teóricos, Métodos de Estudo e Análises Químicas.** Editora Edgard Blücher, 1994. FAPESP. 253 p.

CARVALHO, B. A. **Glossário de saneamento e ecologia.** Rio de Janeiro: 1981. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 203 p.

CARVALHO, I.G. **Fundamentos da Geoquímica dos Processos Exógenos.** São Paulo, 1995. EDUSP, São Paulo.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: 1980. Edgar Blüchler.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais,** edit. Edgard Blucher LTDA , 1999, 236 p.

Compêndio de defensivos agrícolas. Guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. Organização Andrei Editora LTDA, São Paulo, 1987 492 p.

COPEL. **Estudo de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da Usina Hidrelétrica Guaratuba, Bacia do rio Cubatão.** Rel. 1/2. Curitiba – PR, 1993.

COPEL. **Estudo de pré-viabilidade técnica, econômica e ambiental da Usina Hidrelétrica Cubatão, Bacia do rio Cubatão.** Rel. 2/2. Curitiba – PR, 1996.

DEGENS, E. T. **Perspectives on Biogeochemistry.** Springer- Verlag. New York, 1989. 423 p.

DORES, E. F. G. C; FREIRE, E. M. L. **Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático).** Pesticidas: Revista de ecotoxicologia e meio ambiente. 1999. Vol. 9, jan/dez, 1-18 p.

EMATER/Guaratuba. Escritório de Caovi,- Cubatão, Km 6, Guaratuba, PR.

EMBRAPA/IAPAR. RAUEN, M. J. et Al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná (área 11). Boletim técnico, 54 e 09.** EMBRAPA/IAPAR, Curitiba, 1977.128 p.

EMBRAPA/IAPAR. OLMOS, J. I et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. TOMO I.** Boletim técnico da EMBRAPA nº 57 e Boletim técnico do IAPAR nº 16. EMBRAPA- SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Londrina, PR, 1984. 414 p.

EMBRAPA/IAPAR. OLMOS, J. I et al. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. TOMO II.** Boletim técnico da EMBRAPA nº 57 e Boletim técnico do IAPAR nº 16. EMBRAPA- SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Londrina, PR, 1984. 377 p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** Edit. Interciência/ finep, Rio de Janeiro, 1988. 575 p.

FRITZSONS, E. **Avaliação temporal da qualidade da água como diagnóstico do uso e ocupação das terras na bacia do Alto Capivari, Região cárstica curitibana – PR.** Curitiba. 2003. 190 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal).

GAC, J. Y. & PINTA, M. **Bilan de l'érosion et de l'altération en climat tropical humide. Estimation de la vitesse d'approfondissement des profils. Étude du**

Bassin versant de l'Ouham (Republique Centrafricaine). ORSTOM, 1973. sér. Géol. , vol V, n˚ 1, 83-96.

GRASSHOFF, K.; ERHARDT, M. & KREMLING, K. (eds.). **Methods of Seawater Analysis,** 2nd, VERLAG CHEMIE, WEINHEIM, 1983. 419 p.

GUIMARÃES, J. L**. Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno – São José dos Pinhais – PR.** 2000. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná, 205 p.

HILL, A. R. **Nitrate removal in stream riparian zones.**J. Environmental Quality, 1996. 25: 743-755.

IAP-Instituto Ambiental do Paraná. Monitoramento da qualidade da água no rio Arraial e São João, Região metropolitana de Curitiba – PR. 2003.

IBGE-Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. Al. Dr. Carlos de carvalho, 75, Curitiba, PR. Informações pessoais sobre o senso 2000.

IPARDES. Macrozoneamento da APA de Guaraqueçaba. Curitiba, 1990. 2 v.

JALON, D. G.; MONTES, C.; BARCELO, E.; CASADO, C.; MENES, F. **Impacto Ecológico de la Regulación hidroeléctrica del Pirineo Aragones.** Actas del Congresso de Biología Ambiental, Tomo II. Vizcaya, Espanha, 1988, 149-162 p.

KLEIN, R.M. **Southern Brazilian Phytogeographic Features and the probable Inflluence of Upper Quaternary Climatic Changes in the Floristic Distribution**. Bol. Paranaense de Geociências ,1975. nº 33. International Symposium on the Quaternary – jul.. 68-88 p.

KORETSKY, C. **The significance of surface complexation reactions in hydrologic systems: a geochemist's perspectiveJournal of Hydrology,** 2000. 230 , 127–171.

LOWREANCE, R.; TODD, R.; FAIL, J.; HENDRICKSON, O.; LEONARD, R. & ASMUSSEN, L. **Riaparian forests as nutrient filters in agricultural watershed.** Bioscience, 34(6): 374-377.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 2ed. Rio de Janeiro, 1981 J. Olympio, Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte. 450 p.

MACAN, T. T. **Freshwater Ecology.** Edit. Longman Group Limited, London, 1974. 343 p.

MARQUES, P. H. C. **Estudo limnológico do Rio Piraquara (Piraquara – Paraná): variação espacial e temporal das características físicas e químicas e ordenação espacial da bacia hidrográfica.** Tese de Mestrado. Universidade de São Carlos: UFSCar. 2000. 112 p.

MARQUES, P. H. C.; OLIVEIRA, H.T.; MACHADO, E. C. **LImnological study of Piraquara river (Upper Iguaçu basin): Spatiotemporal Variation of Physical and Chemical Variables and Watershed Zoning.** Brazilian Archives of Biology and Technology, 2003, vol. 46, n° 3. 383-394.

MINEROPAR. Rebelo, A; Loyola, L. C. **Minerais do Paraná. Levantamento das Potencialidades Minerais dos Municípios de Antonina, Guaraqueçaba e Morretes.** Curitiba, 1990. 110 p.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Mapa de Pedra Branca de Araraquara**. Folha Escala 1:50000, 1970-71.

MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; PETERSEN, R.C.; CUSHING, C.E.; BRUNS,C.E.; SEDELL, J.R. AND VANNOTE, R.L**. Developments in stream ecosystem theory.** Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1985. 42: 1045-1052.

MORTATTI, J., PROBST, J. L. **Hidrogeoquímica de bacias de drenagem.** CENA/USP, Piracicaba, SP. 1998. 239 p.

MULHOLLAND, P.J**. Regulation of nutrient concentrations in a temperate forest stream: Roles of upland, riparian, and instream processes.** Limnology and Oveanography, 1992. V. 37(7): 1512-1526.

NECCHI, JR., O., BRANCO, L.H.Z. **Análise nictemeral e sazonal de algumas variáveis limnológicas em um riacho no noroeste do estado de São Paulo.** Acta Limnológica Brasiliensia, 1996. Vol.8 169-182.

ODUM, E.P**. Ecologia.** Edit. Rio de Janeiro, RJ., 1985. Edit. Interamericana.

ONG, S. T.Y. ; CHEN, W. **Modeling the relationship between land useand surface water quality.** Journal of Environmental Management, 2002. V. 66, 377-393.

OSTERKAMP, W.R. ; SCHUMM, S.A**. Geoindicators for river and river-valley monitoring. In Fluvial systems (Berger, A .R. The geoindicator Concept and its applications an Introduction** (in Berger, S. W. I. Geoindicators) 1996. A. Balkema. Retudm, 465 p.

PARSONS, T.R.; MAITA, Y.; LALLI, E.C**. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis.** Oxford, 1984. Pergamon press. 173p.

PRISCOLI, G. D. Water and civilization: using history to reframe water policy debates and to build a new ecological realism. Water Policy 1999. V.1 623-636.

REVER, J. I. **The Geochemistry of Natural Waters**. 2nd ed..Prentice-Hall Inc. New Jersey. 1988, 437p.

Revista Medicina & Cia, n° 12, novembro/dezembro, 2002.

RICE, K.C. AND BRICKER, O.P., **. Seasonal cycles of dissolved constituents in streamwater in two forested catchments in the mid-Atlantic region of the Eastern U.S.:** Journal of Hydrology, 1995. v. 170, p. 137-158.

RIOS, L. & CALIJURI, M. C. **A bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas.** Acta Limnológia Brasiliensia ,1995. Vol. VII 151-161.

RIZZI, N. E.; GUIERRA, F.M. **Análise de tipologias de ocupação da bacia hidrográfica do rio Irai.** Agrárias, Curitiba, 1996. Ed. Da UFPR. V. 15(2), p 33-49.

SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI.** Studio Nobel, FUNDAP, São Paulo, 1993.103 p.

SALAMUNI, R. **Fundamentos Geológicos do Paraná. In: História do Paraná.** Grafipar, Curitiba. 1967. V. 2.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T. ; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada.** LACTEC, Curitiba, 2001, 372 p.

SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. **Conceitos de Bacias hidrográficas:teorias e aplicações.** Editus, UESC, Ilhéus, Bahia. 2002. 289 p.

SECRETARIA DE ESTADO DA CULTURA DO ESTADO DO PARANÁ/CURADORIA DE PATRIMÔNIO NATURAL. 1993. **Informações Históricas do Cubatão, PR.**

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Carta de Pedra Branca de Araraquara. Escala: 1:50000, 1980.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente, (Projeto Pró-Atlântica). **Mapa da Geologia, Solo e Vegetação da Bacia do rio Cubatão.** CD-room, 2003.

SUGUIO, K & BIGARELLA J. J. **Ambiente fluvial.** 2. ed. Florianópolis: 1990. Editora da UFSC; Curitiba: Editora da UFPR.

SEITZINGER, S. P. ; KROEZE, C. ; STYLES, R. V.; **Global distribution of N_2O emissions from aquatic systems: natural emissions and anthropogenic effects.** Chemosphere – Global Change Science 2 (2000), 267-279.

SILVEIRA, C. T. **Unidades ecodinâmicas de instabilidade da paisagem : área de proteção ambiental de Guaratuba – PR.** Monografia (graduação de Bacharelado em Geografia) – UFPR, 2003.

STRICKLAND, J. L. H. & PARSONS, T. R. **A Practical Handbook of Sea water Analysis.** Bull. Fish Res. Board Can. 1972. 167 p.

TINDALL, J.A., PETRUSAK, R.L., AND MCMAHON, P.B. **Nitrate transport and transformation processes in unsaturated porous media:** Journal of Hydrology, 1995. V. 169, p. 51-94.

TONIAL, T. M. **Dinâmica da Paisagem na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2003.119 p.

TOWNSEND, C. R.; ARBUCKLE, C.; CROWL, T. A.; SCARSBROOK, M. F. **The relationship between land use and physicochemistry, food resourses and macroinvertebrate communities in tributaries of the Taieri Tiver, New Zealand: a hierarchically scaled approach.** Freshwater Biology, 1997. 37,177-191 p.

TROPPMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente.** 3º ED., Rio Claro, 1989. Graff. SP.

VANNOTE, R. L.; MINSALL, G. W. ;CUMMINS, K. W. ; SEDELL, J. R. ; CUSHING, C. E. **The river continuum concept.** Can. J. Fish, Aquat. Science, 1980. 37: 130-137.

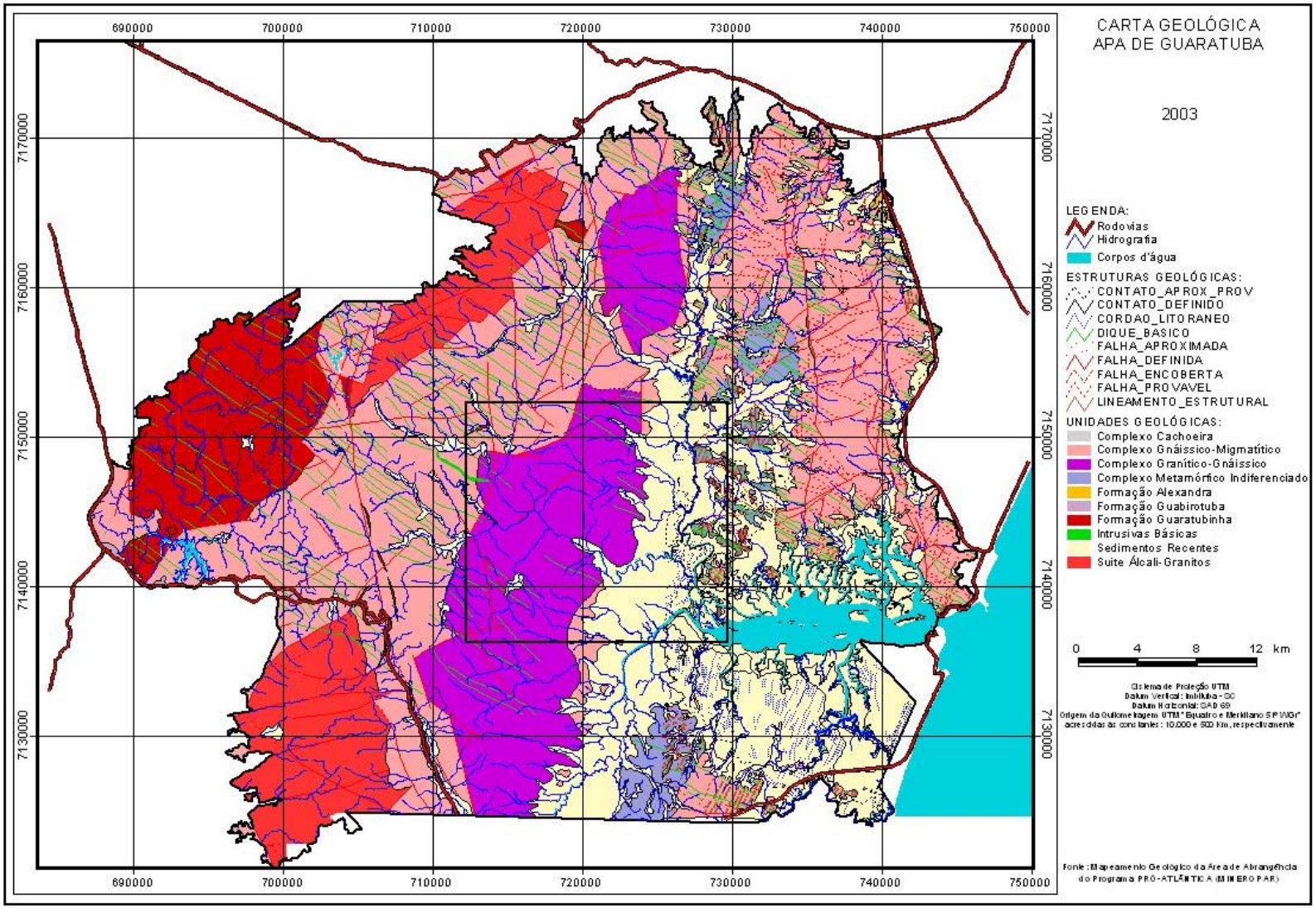
VELOSO, H. P. et all. **Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal.** Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 1991.

WINTERBOURN, M. J. & TOWNSEND, C. R. IN BARNES, R. S. K & MANN, K. H. **Aquatic Ecology.** 1991. Oxford, Blackwell Science Ltd.

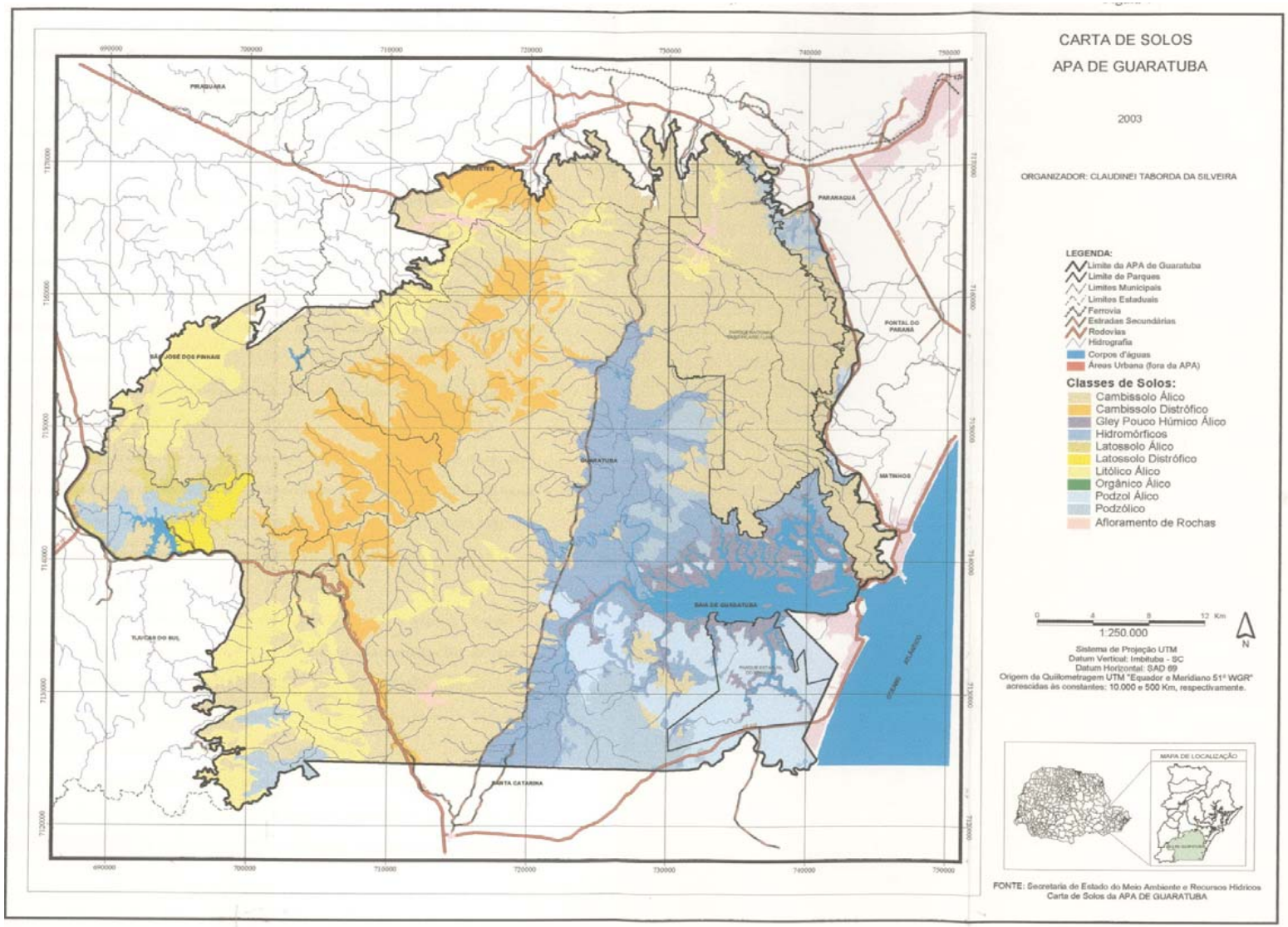
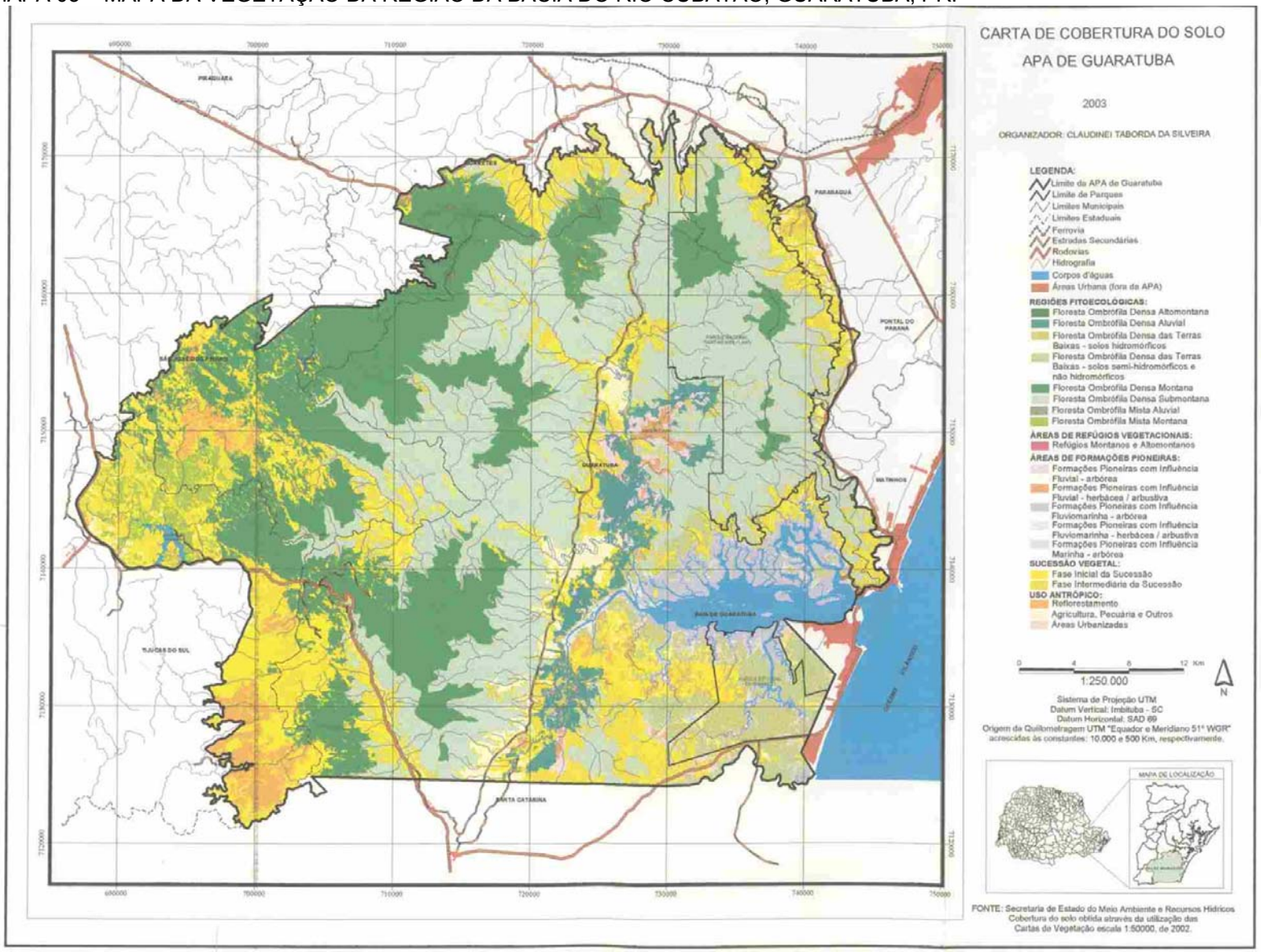
WIANG, X. Integrating water-quality managementand land-use planning in a watershed context. 2001. Journal of Environmental Management , 61, 25–36.

ANEXOS

MAPA 01 - MAPA DA GEOLOGIA DA REGIÃO DA BACIA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.



MAPA 02 - MAPA DO SOLO DA REGIÃO DA BACIA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.



MAPA 03 – MAPA DA VEGETAÇÃO DA REGIÃO DA BACIA DO RIO CUBATÃO, GUARATUBA, PR.