

**MÁRCIA APARECIDA DE OLIVEIRA**

**MODELAGEM DE BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADOS  
PARA O MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO  
TIBAGI - PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação  
Mestrado em Geografia. Área de Concentração: Análise  
Ambiental, da Universidade Estadual de Maringá – UEM, para  
obtenção do grau de Mestre.  
Orientador Professor Dr. Edvard Elias de Souza Filho

**MARINGÁ**  
**2008**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

O48m Oliveira, Márcia Aparecida de  
Modelagem de banco de dados georreferenciados para o monitoramento da qualidade da água do rio Tibagi - Paraná / Márcia Aparecida de Oliveira. -- Maringá : [s.n.], 2008. 78 f. : il., figs., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Geografia, 2008.

1. Água - Qualidade - Rio Tibagi. 2. Água - Qualidade - Monitoramento - Rio Tibagi. 3. Água - Indicadores de qualidade - Rio Tibagi. 4. Índice de qualidade da água (indicador). 5. Banco de Dados Georreferenciados. I. Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-graduação em Geografia. II. Título.

CDD 21.ed. 628.112

## **Dedicatória**

Sigo com orgulho a vocação de meus antepassados de empreender e desbravar o mundo. E como eles levo comigo a alegria de não ter tido medo de realizar os meus sonhos, pois só aquele que ousa lutar, ousa vencer.

No entanto conquista de sonhos às vezes implica sacrifícios. Por isso quero dedicar este trabalho aos meus pais, Naôr José de Oliveira, Rosa de Almeida Silva, aos meus irmãos Vilma, Jorge e “Tuti”(in memorian) os quais têm dado seu apoio e compreendido as minhas necessidades.

Em especial ao meu namorado Robson Leandro Seco que me mostra diariamente o sentido da simplicidade em ser feliz.

Vocês são co-autores deste trabalho e de todas as minhas realizações.

## AGRADECIMENTOS

Quero registrar meu sincero agradecimento às seguintes pessoas:

Ao professor Edvard Elias de Souza Filho pela dedicação como orientador.

Ao professor co-orientador (não oficializado), amigo e “guru” José Hilário Delconte Ferreira, pela idéia da pesquisa e pelas orientações e apoio diários.

A amiga e companheira de laboratório Rebeca Janina Delconte Ferreira, pela amizade e apoio técnico.

Agradeço à COPEL Geração e Transmissão S.A. (Companhia Paranaense de Energia), através do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) 6491-036/2007, pelo apoio financeiro, e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pelo apoio administrativo e de infraestrutura.

Às colegas de estudo Andréia e Luciana pela companhia nas viagens e momentos de descontração, pela “torcida” e por compartilharem um momento especial da minha vida.

E por último, não poderia deixar de agradecer ao meu pai **Naôr José de Oliveira** que sempre me mostrou que o céu não tem limites.

## RESUMO

O Brasil, mesmo possuindo grande capacidade hídrica, enfrenta problemas relacionados à escassez de água decorrentes dos processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola desordenados. A qualidade da água está relacionada diretamente à qualidade ambiental, que resulta de ações antrópicas ou transformações naturais. O monitoramento pode ser a alternativa que fornece conhecimento sobre a qualidade ambiental e da água. Para a realização do monitoramento é preciso utilizar um indicador, sendo que neste estudo foi o índice de qualidade da água – IQA, integrado a um Banco de Dados Georreferenciados – BDG. Considerando que a eficiência do monitoramento depende da operação adequada do sistema de informações - SIG, que é constituído pela aquisição, manipulação, análise e utilização da informação obtida. A aquisição dos dados cartográficos e de parâmetros de água foi por dados secundários. A área de aplicação do estudo foi a Bacia Hidrográfica do rio Tibagi – BHT, Paraná, que ocupa aproximadamente 13% do território do estado, desenvolvendo-se do sentido sudeste ao norte, compreendida entre os paralelos 22°46' a 25°40' S e 49°38', a 51°28' W, limitando-se ao sul com a bacia do rio Iguaçu, ao norte com a bacia do rio Paranapanema, a oeste com a bacia do rio Ivaí e a leste com as bacias dos rios Ribeira, Jaguariaíva e Cinzas. A BHT foi dividida em sub-bacias e para estas foi aplicada a metodologia proposta pelo IGAM – SCQA (IQA), para a determinação do IQA, com a utilização de dados de estações da SUDERHSA, para o período de 1985 a 2005, que foram divididos em quinquênios. Neste trabalho são descritas e aplicadas as metodologias de obtenção de base georreferenciada e de determinação de IQA. Considerando-se os resultados obtidos, a bacia apresentou um IQA médio considerado qualitativamente bom para os três primeiros quinquênios e médio para os dois últimos.

**PALAVRAS-CHAVE:** “Qualidade da Água”, “Banco de Dados”, “Monitoramento”

## ABSTRACT

Even presenting high hydric capacity, Brazil deals with/faces problems related to the lack of water due to processes of urbanization, industrialization and disordered agriculture expansion. The quality of water is directly related to the environmental quality that results from anthropic actions or natural transformations. The monitoring can be the alternative that provides knowledge about the environmental quality and the water. Water Quality Index – WQI, integrated to a Geo-referred Data Bank – GDB, was used as the indicator to carry out the monitoring, in this study. The efficiency of monitoring depends on the correct operation of the information system – GIS, that is composed by acquisition, manipulation, analysis and utilization of the obtained information. The acquisition of the cartographic data and the water parameters was done by secondary data. The area of the study application was the Tibagi river basin – TRB that occupies approximately 13% of the territory Paraná. This basin is between the parallels 22°46' to 25°40' S and 49°38' to 51°28' W and has limits with: south by Iguaçu river basin, north by Paranapanema river basin, west by Ivaí river basin and east by Ribeira, Jaguariaíva and Cinzas river basins. TRB was divided into sub-basins. To these ones, it was applied the methodology reported by IGAM – SCQA (WQI) to the determination of WQI using data from stations of SUDERSHA to the period from 1985 to 2005 that was divided into five years. The methodologies to obtain the geo-referenced base and determinate. The WQI were described and applied in this work. The obtained results indicated that the river basin presented a mean WQI value that was considered qualitatively good to the first three five years and a mean value to the last two five years.

KEY WORDS: "Water Quality", "Database", "Monitoring"

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 –	Localização da bacia hidrográfica do rio Tibagi .....	16
FIGURA 2 –	Espectro eletromagnético .....	29
FIGURA 3 –	Sub-bacias hidrográficas do rio Tibagi .....	37
FIGURA 4 –	Gráficos das curvas de valoração .....	41
FIGURA 5 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 04 .....	49
FIGURA 6 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 05 .....	49
FIGURA 7 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 06 .....	50
FIGURA 8 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 07 .....	50
FIGURA 9 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 11 .....	51
FIGURA 10 –	Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 12 .....	51
FIGURA 11 –	Representação dos valores de IQA por sub-bacias nos quinquênios estudados .....	52
FIGURA 12 –	Médias das sub-bacias para 1987 .....	53
FIGURA 13 –	Mapa representativo do IQA para 1987 .....	54
FIGURA 14 –	Médias das sub-bacias para 1991 .....	55
FIGURA 15 –	Mapa representativo do IQA para 1991 .....	55
FIGURA 16 –	Médias das sub-bacias para 1997 .....	56
FIGURA 17 –	Mapa representativo do IQA para 1997 .....	57
FIGURA 18 –	Médias das sub-bacias para 2001 .....	57
FIGURA 19 –	Mapa representativo do IQA para 2001 .....	58
FIGURA 20 –	Médias das sub-bacias para 2007 .....	59
FIGURA 21 –	Mapa representativo do IQA para 2007 .....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Cores correspondentes aos comprimentos de onda do espectro eletromagnético .....	28
TABELA 2 – Períodos correspondentes aos quinquênios estudados .....	35
TABELA 3 – Siglas, nomenclatura das sub-bacias e municípios pertencentes .....	36
TABELA 4 – Pesos atribuídos aos parâmetros envolvidos no cálculo do IQA .....	38
TABELA 5 – Exemplo do cálculo de IQA .....	39
TABELA 6 – Cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água .	41
TABELA 7 – Adaptação das cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água.....	41
TABELA 8 – Estações existentes nas sub- bacias da BHT .....	43
TABELA 9 – Estações das sub-bacias com dados de IQA.....	43
TABELA 10 – Sub-bacias da BHT e dados de IQA apresentados .....	47
TABELA 11 – Índices de Máxima, Média e Mínima por sub-bacias em cada quinquênio .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

AT – Alto Tibagi

BDG – Banco de Dados Geográficos

BHT – Bacia Hidrográfica do rio Tibagi

BT – Baixo Tibagi

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MT – Médio Tibagi

NSF – National Sanitation Foundation

Ntotal – Nitrogênio Total

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PI – Plano de Informação

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SPRING – Sistema para processamento de Informações Georreferenciadas

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE INTEGRADA DE ESTUDO.....</b>	<b>14</b>
2.1 DESCRIÇÃO GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI – BHT.....	15
<b>3 PARÂMETROS E MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>20</b>
3.1 PARÂMETROS APRESENTADOS NAS ESTAÇÕES DISTRIBUÍDAS AO LONGO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI .....	21
3.1.1 Oxigênio Dissolvido – OD .....	22
3.1.2 Coliformes Totais e Fecais.....	22
3.1.3 Potencial Hidrogeniônico – pH.....	23
3.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	23
3.1.5 Nitrogênio – Ntotal.....	24
3.1.6 Fosfatos Totais .....	24
3.1.7 Temperatura .....	25
3.1.8 Turbidez – NTU.....	25
3.1.9 Sólidos Totais.....	26
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO PRESENTE ESTUDO.....</b>	<b>27</b>
4.1 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	27
4.2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS ORBITAIS.....	28
4.3 GEOPROCESSAMENTO E SUAS FERRAMENTAS.....	30
4.3.1 Sistema de Informação Geográfica – SIG.....	31
4.3.2 Análise espacial de dados.....	28
4.3.3 Sistemas de suporte à decisão.....	31
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
5.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E SUB-BACIAS PARAÁREA DE ESTUDO.....	33
5.2 QUALIDADE DA ÁGUA, OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS.....	33

<b>5.2.1 Obtenção de dados .....</b>	<b>33</b>
<b>5.2.2 Tratamento dos dados.....</b>	<b>37</b>
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
6.1 DIVISÃO DAS SUB-BACIAS.....	43
6.2 TRATAMENTO DOS DADOS.....	46
<b>7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar de ter grande disponibilidade hídrica, o Brasil enfrenta problemas relacionados à escassez de água. Estes decorrem da combinação entre o crescimento exagerado das demandas localizadas e a conseqüente degradação da qualidade das águas, provenientes dos crescentes processos de urbanização, industrialização e expansão agrícola desordenados.

O desenvolvimento sócio-econômico fundamenta-se na disponibilidade de água de boa qualidade e em sua capacidade de conservação e proteção dos mananciais. Neste contexto, aspectos relacionados com a qualidade apresentam-se tão ou mais importantes quanto sua disponibilidade.

Tem-se na poluição o principal objeto de prejuízo da qualidade da água, em decorrência do uso dos recursos ambientais. A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH - Lei 9.433/97, indica os possíveis usos das águas e a Resolução CONAMA 357/2005 determinam procedimentos e parâmetros a serem atendidos.

A alteração dos parâmetros indicadores de qualidade está diretamente relacionada com o carreamento de cargas difusas, geradas de forma distribuída ao longo da superfície do solo por inúmeros agentes poluidores, que afluem aos corpos de água preferencialmente por ocasião das chuvas podendo comprometer a qualidade das águas superficiais.

Para realização de monitoramento de qualidade da água, é necessário adotar um índice que auxilie na transformação dos dados de campo em informação relevante e simples, alcançando o objetivo de aumentar a capacidade de comunicação buscar medidas preventivas e corretivas para recuperação dos mananciais atingidos.

Este trabalho objetivou a modelagem de um Banco de Dados Georreferenciados para monitoramento da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Tibagi, utilizando o Índice de Qualidade de Água – IQA. Este trabalho faz parte do projeto “Relação entre a qualidade da água e a evolução do uso do solo da bacia hidrográfica do rio Tibagi”, subsidiado pela COPEL/ANEEL, em parceria com a UTFPR/FUNTEF e UEM.

No primeiro capítulo, tem-se uma abordagem contextualizada da bacia hidrográfica, e de suas características. Em seguida, versa-se sobre os parâmetros de qualidade da água que são utilizados na determinação do IQA.

A conceituação das geotecnologias adotadas e a aplicação de tais ferramentas, precedem a discussão dos contextos, onde são apresentados os resultados obtidos por meio da integração dos aspectos teóricos e dos dados secundários estudados, que são representados por gráficos indicativos do caráter quantitativo e mapas temáticos indicativos do caráter qualitativo.

## **2 BACIA HIDROGRÁFICA: UNIDADE INTEGRADA DE ESTUDO**

Uma bacia hidrográfica ao ser escolhida como uma unidade de estudo, possibilita uma visualização da combinação dos elementos físicos e biológicos presentes na área da bacia, permitindo a representação cartográfica da mesma, com observações da diversificação da paisagem, que a torna uma unidade de estudo funcional.

Todo planejamento ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, seja pelo meio físico-biótico, a ocupação humana ou seu inter-relacionamento, em convivência com o conceito de desenvolvimento sustentável que estabelece a ocupação territorial precedida de uma análise abrangente de seus impactos no ambiente a curto, médio e longo prazo (CÂMARA et al., 1999).

Brigante & Espíndola (2003) conceituam bacia hidrográfica como uma unidade natural, delimitada por limites eminentes do próprio escoamento de águas sobre a superfície, resultando de fatores como: material de origem, topografia, vegetação e clima.

Silva (2003) definiu que bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, em um determinado ponto de um canal fluvial. Esta tem como limites os divisores de drenagem ou divisores de águas. Coelho Neto (1994) ressaltou que estas ainda podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo de seu eixo-tronco ou canal coletor.

Magalhães (1989) identificou bacia hidrográfica como uma área onde a precipitação é coletada e conduzida para seu sistema de drenagem natural, isto é, um sistema de drenagem natural, que inclui os usos da água e dos solos existentes na localidade.

Odum (1983) adotou a bacia hidrográfica como a menor unidade de um ecossistema a ser considerado para interesses humanos. É usada ainda como unidade de planejamento por possuírem estreita relação com a população humana em todos seus aspectos. Tanto que o uso e o crescimento populacional acarretam danos ao ecossistema. O crescimento do contingente humano e o uso excessivo da água acabam por diminuir a qualidade e a disponibilidade da água (SONODA, 2005).

As bacias hidrográficas são importantes unidades espaciais utilizadas para gerenciar atividades de uso e de conservação dos recursos naturais (SILVA, 2003). Leopold

(1971)<sup>1</sup> e Branco (1999)<sup>2</sup>, citados por Brigante & Espíndola (2003), expuseram que a água, originária da precipitação se converte em um curso de água que drena a bacia. Desta forma é possível afirmar que um curso de água, responde tanto às influências de fatores naturais quanto de alterações antrópicas de uma bacia.

Características de uma bacia pontuam em sub-bacias, que facilitam a identificação das variáveis, evidenciam os focos para estruturação do manejo, considerando-se que a degradação dos recursos naturais, do solo e da água, que podem crescer e atingir níveis críticos refletidos na deterioração do meio ambiente (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

Para a conservação dos sistemas aquáticos, a adoção de medidas de recuperação e manejo são imprescindíveis. No entanto, estas devem ser associadas à administração pública brasileira, que por sua vez faz uso do Código das Águas. O Código da Águas de 1934 que em sua estrutura dá ênfase aos recursos hídricos e abrange vários aspectos do setor energético que atua aceleradamente na degradação, e atualmente com a Lei 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, que em seu capítulo I, inciso V, fundamenta:

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

No Estado do Paraná, contamos ainda com a Lei 12.726/99, que institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos – PERH, com bases na PNRH. Estas leis funcionam como ferramentas que subsidiam o planejamento e o uso dos recursos hídricos no país e no estado.

## 2.1 DESCRIÇÃO GERAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI – BHT

Ao caracterizar uma bacia hidrográfica, geralmente toma-se por base fatores: geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, de precipitação e temperatura e de cobertura vegetal nativa. Dependendo do tipo de estudo a ser aplicado, o uso do solo também é analisado para traçar comparativos entre aspectos de caracterização natural e real (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

---

<sup>1</sup> LEOPOLD, L. (1971). The hidrologic effects of urban land use. In: DETWYLER, T.R. Man's impact on environment. New York: McGraw-Hill. Cap. 6 p. 205-224

<sup>2</sup> BRANCO, S.M. (1999). A água, meio ambiente e saúde. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B; TUNDISI, J.G. (Orgs.) Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras. Cap. 7, p. 227-247

A Bacia Hidrográfica do Tibagi – BHT localiza-se principalmente no Segundo Planalto Paranaense (MAACK, 2002). O rio Tibagi principal afluente do rio Paranapanema, tem suas nascentes nos Campos Gerais, a oeste da Escarpa Devoniana, e seu percurso abrange aproximadamente 550 km<sup>2</sup>(Figura 1).

Esta bacia ocupa área de 24.937,38 km<sup>2</sup>que corresponde a aproximadamente 13% da área total do estado do Paraná e é considerada a terceira maior bacia hidrográfica do estado.

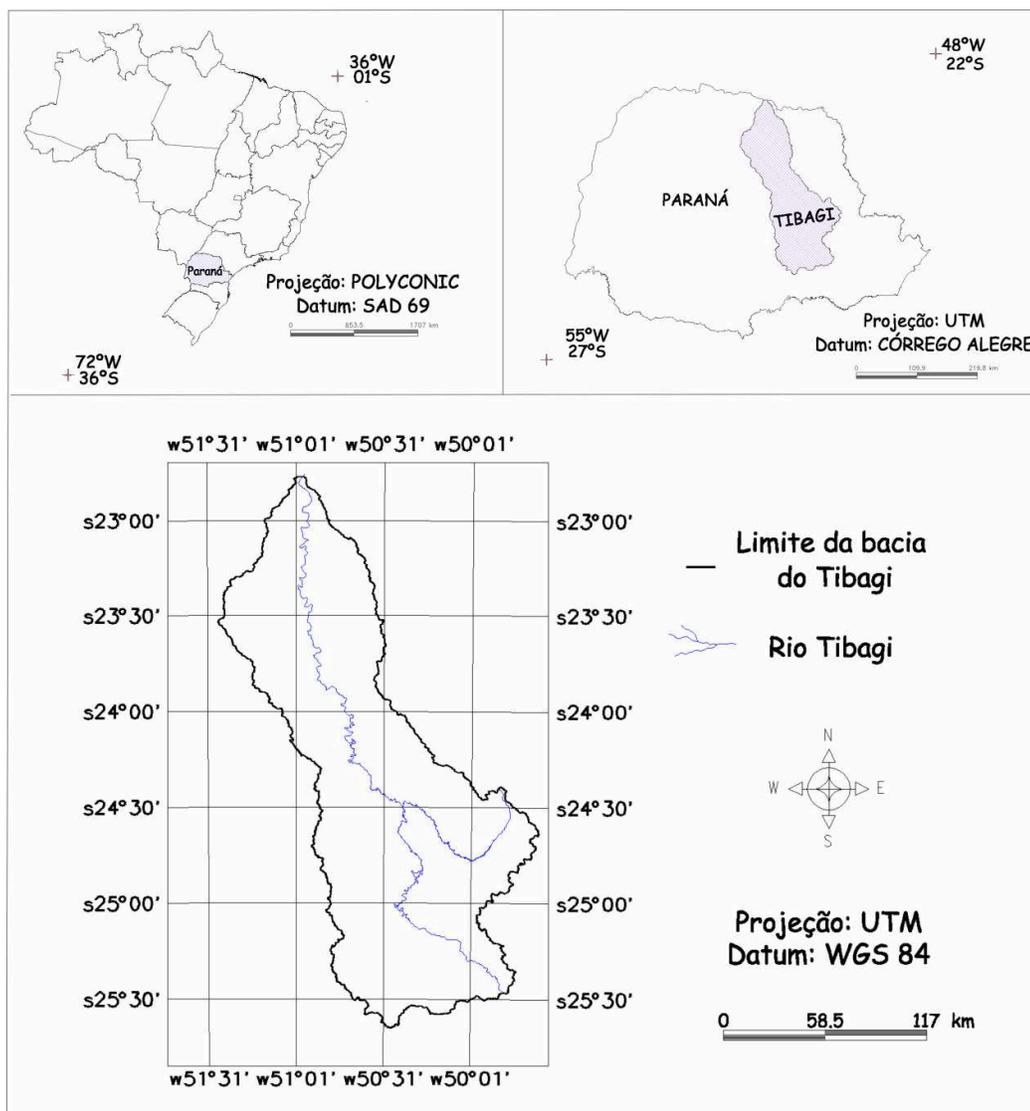


FIGURA 1. Localização da bacia Hidrográfica do rio Tibagi

A BHT, que corta o estado do Paraná, possui forma retangular, desenvolvendo-se do sentido sudeste ao norte, e está compreendida entre os paralelos 22°46' a 25°40' S e 49°38', a

51°28' W, limitando-se ao sul com a bacia do rio Iguaçu, ao norte com a bacia do rio Paranapanema, a oeste com a bacia do rio Ivaí e a leste com as bacias dos rios Ribeira, Jaguariaíva e Cinzas (SUDERHSA, 2008).

A BHT possui comprimento médio de 320 km e largura média de 78 km e situa-se em rochas sedimentares e basálticas (STIPP, 2000).

É importante destacar que a foz do rio Tibagi ocorre na confluência com o rio Paranapanema a aproximadamente 275 m de altitude. Suas nascentes localizam-se entre os municípios de Palmeira e Ponta Grossa, na Serra das Almas, a cerca de 1060 m de altitude perfazendo queda total de 785 m e percorrendo distância de 603 km (COPEL, 1997).

De acordo com a SUDERHSA (2008), o rio Tibagi percorre três diferentes regiões fisiográficas do relevo paranaense, sendo elas o Primeiro, o Segundo e o Terceiro planaltos. Assim, esse rio apresenta diferentes características de relevo e tipos de rochas. A bacia apresenta também grande diversidade de tipos de solos, que variam de acordo com as regiões, que envolvem a Bacia Sedimentar do Paraná.

De acordo com a Resolução CERH/PR N° 49 de 20 de dezembro de 2006, as unidades hidrográficas da BHT são definidas em três zonas de norte para o sul, o baixo Tibagi (BT), o médio Tibagi (MT) e o alto Tibagi (AT), com altitudes entre 350m e 1.150 m.

Na porção que ocupa o Primeiro Planalto Paranaense, considerada como Alto Tibagi, a BHT possui altitude entre 1120 m a 700 m, compreendendo as regiões sul e sudeste da bacia, desde as nascentes em Ponta Grossa e Palmeira até Telêmaco Borba. Essa é uma região formada por rochas sedimentares e metamórficas que apresenta relevo do tipo ondulado com forte declividade e o rio encaixado (SUDERHSA, 2008).

A região do Médio Tibagi está localizada no Segundo Planalto a altitude de 700 m a 450 m, na Zona Central que se estende de Telêmaco Borba até o rio Apucarantina. Nesta região há predominância de relevos tabulares em *cuesta*, com solos pouco profundos e de baixa fertilidade, contrapondo-se ao Baixo Tibagi (Terceiro Planalto) com altitude de 450 m a 300 m, compreendendo a região norte da bacia que se estende do rio Apucarantina até a foz do Rio Tibagi, no município de Primeiro de Maio. O substrato desta área é composto por rochas vulcânicas, com relevo suave e ondulado, apresentando solos férteis (SUDERHSA, 2008).

Brigante & Espíndola (2003), apontaram que a concepção é complexa, não podendo ser medida como uma entidade simples, pois compreende variação de uma série de fatores que são mensuráveis.

Seguindo a classificação de Köppen, pode-se caracterizar a BHT em três áreas distintas, conforme apresentado na Minuta elaborada pela SUDERHSA (2008), na qual os autores Mendonça & Danni-Oliveira (2002) as classificam como:

- Área I – apresenta tipo climático Cfa (Clima Subtropical), esta área está localizada na porção setentrional da BHT, este tipo climático caracteriza-se por ser, úmido em todas as estações do ano com verão quente, e predominância dos sistemas atmosféricos intertropicais, Massas de ar Tropical Atlântica (Mta), Massa de ar Tropical Continental (Mtc), Massa de ar Equatorial Continental (Mcc) e Massa de ar Polar Atlântica (Mpa).
- Área II: está localizada na porção média da BHT, com tipo climático misto Cfa/Cfb, úmido em todas as estações do ano e verão quente à moderadamente quente, com atuação conjugada dos sistemas atmosféricos tropicais e polares (Mta, Mtc, Mcc e Mpa).
- Área III: está localizada na porção meridional da BHT, apresenta um tipo climático Cfb (Clima temperado), úmido em todas as estações do ano e verão moderadamente quente, com atuação conjugada dos sistemas atmosféricos tropicais e polares (Mta, Mtc, Mcc e Mpa).

Por compreender espaços nos três planaltos, a BHT apresenta coberturas vegetais pertencentes a biomas distintos. Estas vegetações se organizam em escalas variadas. De acordo com Torezan (2002), citado por Viani & Viera (2007), são encontrados ao longo dos 550 km de extensão da BHT:

- Floresta Estacional Semidecidual e Decidual (BT, MT);
- Floresta Ombrófila Mista (Floresta de Araucária) (MT, AT);
- Cerrados (MT);
- Campos (AT);
- Florestas ripárias (BT, MT e AT).

Maack (2002) abordou que a BHT, em sua composição original era formada por 22% de Floresta Estacional Semidecidual, 49% de Floresta Ombrófila Mista, 18% de Campos Naturais com ocorrência de zonas mistas de Floresta Ombrófila Mista, 11% de Campos Naturais com enclaves de Cerrado, não quantificados.

Essa bacia abrange direta e indiretamente 53 municípios, sendo que somente 49 serão utilizados na divisão das sub-bacias devido ao fato de Campo Largo, Faxinal, Figueira e São João do Triunfo possuírem uma pequena área dentro da BHT.

O agrupamento dos 49 municípios que compõem a BHT possui aproximadamente 1.699.736 habitantes, dando-se destaque para Londrina e Ponta Grossa com 447.065 habitantes e 273.616 habitantes, respectivamente (SUDERHSA, 2008).

Soares (2008), afirmou que, em função de sua capacidade e características hidrológicas, o rio Tibagi como tem um grande potencial hidroenergético. Estudos da Eletrobrás/GCPS e da COPEL indicaram a possibilidade de serem construídas sete Usinas Hidroelétricas ao longo do rio, podendo futuramente a bacia se tornar uma seqüência de lagos, águas paradas, com poucos quilômetros de corredeiras em suas nascentes.

O uso do solo de uma bacia hidrográfica influencia diretamente a qualidade da água de mananciais que compõem a bacia (TUCCI, 1997). As mudanças no uso e cobertura do solo podem provocar significativas alterações no balanço de água com reflexos nas camadas superficiais e subsuperficiais, erosão, transporte de sedimentos e elementos químicos bio-ativos, que podem causar modificações no sistema ecológico e na qualidade da água (TOLEDO e BALLESTER, 2001).

O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam deterioração do ambiente. Os processos intensos de erosão intensos, as inundações e os assoreamentos desenfreados de lagos e reservatórios são conseqüências do mau uso da terra (PRADO, 2004). A combinação de tais dados fundamenta a discussão de dados posteriores.

O Alto Tibagi é caracterizado pela presença de indústrias, atividades agrícolas, com média concentração de cidades. No Médio Tibagi prevalece a atividade agropastoril, com baixa concentração de cidades. No Baixo Tibagi, há o predomínio de indústria, atividades agrícolas, e alta concentração de cidades (SUDERHSA, 2008).

Tais fatores designam a importância sócio-econômica e ambiental da bacia e enfatizam a necessidade de estudos e de políticas de gestão e de ações com vistas ao equacionamento dos usos múltiplos de suas águas.

### **3 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA - IQA**

O momento atual, contextualizado na evolução das tecnologias e no uso e ocupação do espaço, almeja uma nova conduta, para que se possa eliminar escassez de recursos hídricos no futuro, bem como de outros recursos naturais.

Para Tundisi (2003), a urbanização acelerada em todo o planeta produz inúmeras alterações no ciclo hidrológico, aumentando as demandas por grandes volumes de água, os custos de tratamento, bem como a necessidade de mais energia para distribuição de água e a pressão sobre os mananciais.

Diante da escassez mundial de água doce, o Brasil encontra-se em situação confortável, pois detém aproximadamente 14% do total disponível para atender às demandas da humanidade e à manutenção da vida no planeta. Entretanto, a distribuição da água no país não é homogênea, tanto naturalmente como socialmente. Além disso, em regiões onde o contingente populacional é maior, grande parte dos rios enfrenta problemas de falta qualidade da água e estes já não podem ser usados para abastecimento doméstico sem tratamento avançado (PRADO, 2004).

A humanidade sempre teve dependência pelos recursos hídricos para seu desenvolvimento econômico. Utilizada comumente para uso doméstico, irrigação, uso industrial e hidroeletricidade, a água tem seu consumo aumentado à medida em que as atividades econômicas se diversificam. Por ser distribuída de forma irregular, a água doce aparece como um dos maiores modificadores da diversidade e estrutura de habitats aquáticos. Tal impacto contribui para deterioração e redução da heterogeneidade ambiental, resultando em profundas alterações nas características físicas, químicas e biológicas (Carvalho et al., 2000).

Desta forma, o estudo das características das águas rio, nas áreas urbanas da região do rio Tibagi e ao longo do seu percurso por áreas de produção agrícola e atividades dos mais variados tipos, fornece uma rica fonte de informações que pode orientar futuras políticas ambientais no sentido de minimizar a degradação de suas águas, bem como avaliar se o tratamento aplicado hoje é eficaz (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

### 3.1 PARÂMETROS UTILIZADOS DAS ESTAÇÕES DISTRIBUÍDAS AO LONGO DO RIO TIBAGI

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos, o extenso grau de urbanização e o aumento populacional resultaram em uma multiplicidade de impactos que exigem diferentes tipos de avaliação, novas tecnologias de monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas. Este último tópico tem fundamental importância no futuro dos recursos hídricos, pois como já descrito anteriormente, os cenários de uso aumentado e excessivo dos recursos ambientais estão relacionados com uma continuidade das políticas no uso e gestão pouco evoluída conceitualmente e tecnologicamente (TUNDISI, 2003).

Uma das formas de se avaliar e compreender as alterações e a dinâmica de um corpo hídrico é o monitoramento, que pode ser definido como a coleta contínua ou periódica de dados, comparando e analisando dados e informações para propósitos de efetivo gerenciamento das águas. O monitoramento é sensor que possibilita o acompanhamento dos processos de utilização dos cursos de água, delineando seus efeitos sobre as características quantitativas das águas, de forma a subsidiar ações de controle ambiental (SMITH & PETRERE, 2000<sup>3</sup>, citado por BRIGANTE & ESPINDOLA, 2003).

Para caracterização da qualidade da água, alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas foram estabelecidos pela National Sanitation Foundation – NSF, para desenvolvimento de um índice que indica a qualidade da água - IQA. Desta forma nove parâmetros foram considerados mais representativos: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais (FERREIRA & ALMEIDA, 2005).

Qualidade da água expressa a apropriação desta aos mais variados usos. Ela é afetada por fatores climáticos, pela origem e características do manancial e por fatores antrópicos. Uma das principais fontes de poluição em ambientes aquáticos é o despejo de esgoto doméstico e efluentes industriais, sem qualquer tipo de tratamento ou com algum tratamento inadequado (ALBERTIN, 2008).

Apesar dos dados das sub-bacias apresentarem alguns outros parâmetros que refletem significância, os parâmetros supra-citados serão mais enfatizados, conceituados e

---

<sup>3</sup> Smith, W. S. & M. Petrere Jr. (2000). Caracterização Limnológica da bacia de drenagem do rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Limnol. Bras.*, (12):15-27

contextualizados. Os dados obtidos tiveram seus resultados avaliados de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

### **3.1.1 Oxigênio dissolvido – OD**

Sabe-se que a concentração de oxigênio dissolvido em qualquer massa de água está em permanente equilíbrio com a pressão parcial do oxigênio atmosférico. Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

Essa concentração é proporcional à temperatura da água e pode ser expressa em termos de porcentagem de saturação. Quando a água recebe uma determinada carga de matéria orgânica, parte do oxigênio dissolvido presente no meio líquido será utilizado na oxidação biológica da matéria orgânica introduzida, reduzindo desta forma a concentração do mesmo na água. Portanto, a concentração de oxigênio dissolvido em um curso de água pode ser usada como um dos parâmetros de determinação da qualidade da água. Quanto menor for a concentração de oxigênio, maior será o índice de poluição do curso de água (PRADO, 2004).

Sonoda (2005) abordou que uma provisão adequada de oxigênio é essencial para manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Através de medição do teor de oxigênio dissolvido no meio líquido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência dos processos de tratamento de esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade que um corpo de água natural possui de manter a vida aquática.

### **3.1.2 Coliformes Totais e Fecais**

Conforme a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, o grupo de coliformes totais é definido como bacilos gram negativos, não formadores de esporos e oxidase-negativos. Esses microorganismos são capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou de agentes tensoativos que fermentam lactose produzindo ácidos, gás e aldeídos a temperatura de  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  em período de 24-48 horas. Os coliformes totais podem apresentar

atividade da enzima  $\beta$ -galactosidase. O grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e de outros animais de sangue quente (IGAM, 2007).

O uso da bactéria coliforme fecal para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme "total". A determinação das unidades formadoras de colônias dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, desintéria bacilar, cólera, dentre outros (Carvalho, 2005).

### **3.1.3 Potencial Hidrogeniônico – pH**

A basicidade ou a acidez de uma solução são freqüentemente expressas em termos de concentração de íons  $H^+$  que é denominada pH. O mesmo é considerado como uma das variáveis mais importantes, ao mesmo tempo em que é uma das mais difíceis de se interpretar. Ecossistemas aquáticos que apresentam valores baixos de pH com mais freqüência têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone (ESTEVES, 1988).

Segundo Calijuri et al. (1999), os três grandes processos que interferem nos valores de pH são a fotossíntese, a respiração e a assimilação de nitrogênio pelo fitoplâncton.

Algumas alterações neste parâmetro, podem acarretar desaparecimento de organismos e ainda, podem alterar o sabor da água, contribuir para corrosão do sistema de distribuição de água potável, vindo a favorecer extração do ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio, além de dificultar a descontaminação da água (SONODA, 2005).

### **3.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO**

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Sonoda (2005) abordou DBO como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo (em geral, cinco dias), a temperatura de incubação de aproximadamente 20°C.

Em casos de poluição orgânica, surgem valores de DBO inferiores a 5 mg/l indicam água limpa, e superiores a 10 mg/l indicam poluídas de um corpo hídrico (CETESB, 2008).

Os maiores aumentos de DBO em um corpo de água são provocados por dejetos de origem predominantemente orgânica. A presença de elevado teor de matéria orgânica pode induzir à completa eliminação do oxigênio na água, com conseqüente desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática, intervindo no equilíbrio da sobrevivência da biota, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (SONODA, 2005).

### **3.1.5 Nitrogênio ( $N_{total}$ , $NO_2^-$ , $NO_3^-$ , $NH_4$ )**

O nitrogênio está presente em muitos depósitos minerais na forma de nitrato. Na matéria orgânica sofre trocas do complexo protéico de aminoácidos para amônia, nitrito e nitrato. A concentração total de nitrogênio é altamente importante, considerando-se os aspectos tópicos do corpo de água (SONODA, 2005). Este elemento, existe em solução e por este motivo é mais facilmente transportado em superfícies com maior umidade.

O escoamento superficial é responsável pelo transporte de grande quantidade de nitrogênio e ainda, a drenagem de solos adubados pode proporcionar a elevação na concentração de nitrogênio e contribuir também para a eutrofização. O nitrogênio pode atingir os corpos de água por meio do lançamento de esgotos sanitários, tornando-se um dos principais elementos que atuam no metabolismo do meio aquático. Caso ocorra em valores baixos, pode oferecer uma condição limitante à produção primária de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

### **3.1.6 Fósforo Total**

É originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antropogênico advém dos despejos domésticos e industriais, além de detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos de água pode conduzir ao processo de eutrofização (IGAM, 2007), pelo desenvolvimento de

algas ou de outras plantas aquáticas em reservatórios ou em águas paradas (BRIGANTE & ESPINDOLA, 2003).

### **3.1.7 Temperatura**

Segundo Esteves (1988) uma queda brusca de temperatura deveria ocorrer abaixo do primeiro metro de profundidade nos corpos de água devido a forte absorção da radiação. Porém isto não ocorre, devido a ação do vento que promove turbulência da água, produzindo redistribuição do calor por toda a massa de água. Nos ecossistemas aquáticos continentais, a quase totalidade da propagação do calor ocorre por transporte de massa de água, sendo a eficiência deste processo, função da presença ou ausência de camadas de diferentes densidades.

Variações de temperatura fazem parte do regime climatológico normal e corpos de águas naturais apresentam variações sazonais e diurnas com estratificação vertical. Latitude, altitude, estações do ano, período do dia, fluxo de água e profundidade do canal influenciam na temperatura superficial (SONODA, 2005).

Na natureza, a influência da temperatura sobre a comunidade fitoplanctônica faz parte do conjunto de influências exercidas pela duração do dia, disponibilidade de luz e estabilidade da massa de água (CALIJURI, 1999). Além de interferir nos processos bioquímicos do sistema, a temperatura também está relacionada ao pH, densidade, taxa de oxigênio dissolvido, dentre outros fatores, sendo importante considerá-la nos estudos limnológicos (PRADO, 2004).

### **3.1.8 Turbidez**

A turbidez está associada à presença de material em suspensão na água tais como argilas e detritos que impedem a passagem de luz. A água tratada e destinada ao consumo humano deve ter turbidez inferior a 5 NTU – Unidades Nefelométrica de Turbidez, porque o material em suspensão pode servir de proteção para microrganismos patogênicos presentes na água (LEONARDO, 2003).

A concentração de sólidos em suspensão de um curso de água varia de acordo com a descarga de água doce por meio da rede de drenagem ou de esgotos domésticos e

efluentes industriais. Quanto menor o grau de poluição dos corpos hídricos, menores serão os índices da turbidez (GIOMETTI, 1999).

O transporte de sólidos em suspensão depende da velocidade de escoamento e da turbulência da água. Variações dessas propriedades irão determinar os locais preferenciais de deposição das partículas e conseqüentemente de assoreamento (NOVO e BRAGA, 1995).

### **3.1.9 Sólidos Totais**

Ressuspensão dos sedimentos de fundo, devido à ação de vento, são também responsáveis pelo aumento da concentração de sólidos em suspensão na coluna de água. Os sólidos em suspensão constituem-se em fração inorgânica (partículas minerais) e fração orgânica (organismos planctônicos e matéria orgânica particulada) (NOVO e BRAGA, 1995).

A fração inorgânica dos sólidos totais em suspensão é a grande responsável pela turbidez da água e esta atinge o corpo de água geralmente de forma difusa pelo escoamento superficial (PRADO, 2004).

Nos últimos anos, vários autores têm demonstrado, redução intensa da zona eufótica (região limitada por irradiância descendente inferior a 1% da incidente em subsuperfície), nos períodos de grande precipitação. Assim, o tipo de ocupação territorial parece ter maior impacto nos processos erosivos, que podem ser os responsáveis pelo aumento de sólidos em suspensão na água, acarretando no assoreamento de reservatórios (PRADO, 2004).

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO ESTUDO

Câmara (2008), ressaltou que compreender a distribuição espacial de dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui grande desafio para elucidação de questões centrais em diversas áreas na atualidade.

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que viabiliza a aquisição de informações sobre a superfície da Terra por meio de captação da energia refletida ou emitida pela superfície. Essa tecnologia possibilita interpretações analíticas através da integração entre conjuntos de técnicas computacionais e informações inerentes às imagens digitais quando aliada ao geoprocessamento (BIONDI, 2006).

Em consonância com o número de sistemas que o sensoriamento remoto pode favorecer aos Sistemas de Informações Geográficas – SIG's, ocorre a permissão de armazenamento e gerenciamento de dados obtidos como parte do conjunto total das geoinformações disponíveis e registradas.

Blaschke e Kux (2007) discutiram que apesar de sensoriamento remoto, ser geralmente definido como 'obtenção de informações sobre objetos distantes, sem contato com os mesmos', o moderno sensoriamento remoto não atua mais próximo a sua origem, que é a fotografia aérea. Esse processo utiliza a transmissão de informações da luz na faixa do visível, infravermelho próximo e médio, infravermelho termal ou na faixa de microondas (radar).

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como o produto das interações entre a energia eletromagnética e objetos terrestres e consistem na quantidade e qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida (MOREIRA, 2005).

...“tais interações são determinadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podendo ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos, vindo a ser a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. O que torna os sensores remotos ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais”(MOREIRA, 2005).

Os sensores são projetados avaliar a para sensibilidade em comprimento de onda da energia radiante que pode ser refletida ou emitida de volta ao espaço e atmosfera, a

chamada radiação de retorno. É importante considerar as janelas atmosféricas, que são regiões do espectro que não são influenciadas pela absorção.

A energia com a qual operam os sensores remotos pode ser proveniente de uma fonte natural ou uma fonte artificial (FLORENZANO, 2002), de modo que os objetos da superfície terrestre, tais como vegetação, água e solo refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnética em proporções que variam com o comprimento de onda, de acordo com suas características biológicas e físico-químicas.

#### 4.1 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A radiação eletromagnética é definida por Sausen (2008), como sendo a energia que se move na forma de ondas ou partículas eletromagnéticas à velocidade da luz e que não necessita de um meio material para se propagar, onde os sistemas sensores captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos na superfície da Terra.

Para interpretação desta radiação, utiliza-se o espectro eletromagnético, construído com base nos comprimentos de onda (ou frequências) das radiações conhecidas, e representa a distribuição da radiação eletromagnética, segundo o comprimento de onda e a frequência (FLORENZANO, 2002). O espectro eletromagnético está dividido em regiões ou bandas cujas denominações estão relacionadas com a forma com que as radiações podem ser produzidas ou detectadas (STEFFEN, 2008).

A Tabela 1 apresenta, as cores correspondentes aos comprimentos de onda do espectro eletromagnético.

	<i>Nanômetro (nm)</i>	<i>Micrômetro (µm)</i>
Violeta	400 a 446	0,40 a 0,446
Azul	446 a 500	0,446 a 0,500
Verde	500 a 578	0,500 a 0,578
Amarela	578 a 592	0,578 a 0,592
Laranja	592 a 620	0,592 a 0,620
Vermelha	620 a 700	0,620 a 0,700

TABELA 1. Cores correspondentes aos comprimentos de onda do espectro eletromagnético  
Fonte: Adaptado de Moreira (2005).

O conjunto de todas estas radiações, desde os raios gama até as ondas de rádio, forma o espectro eletromagnético, que nada mais é do que a ordenação destas radiações em função do comprimento de onda e da frequência.

A Figura 2 apresenta o espectro eletromagnético e a ordenação da energia eletromagnética a partir do seu comprimento de onda e frequência.

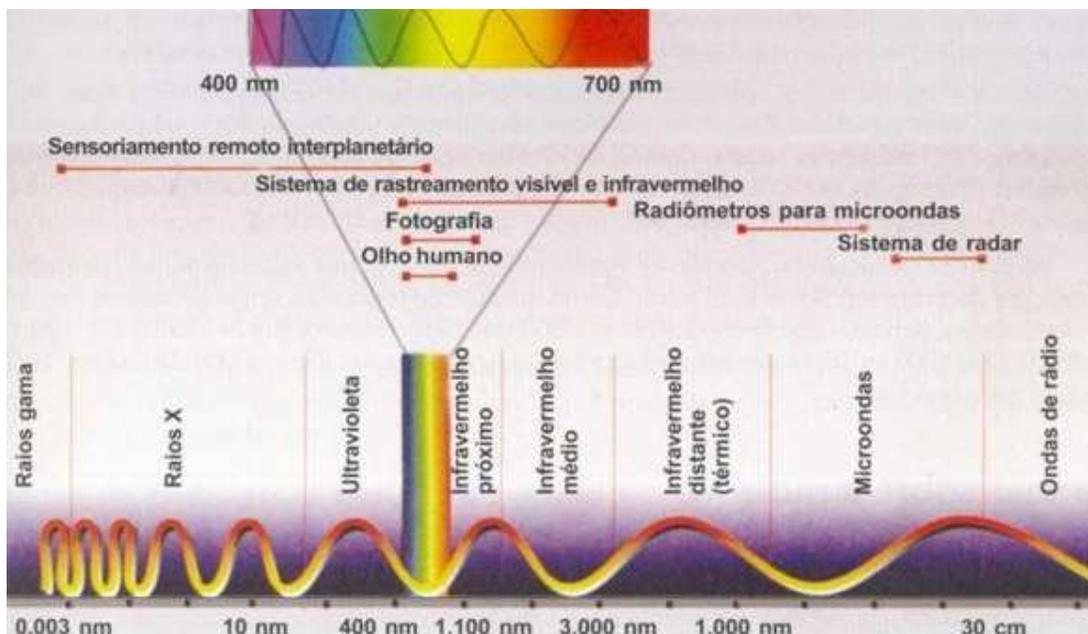


FIGURA 2. Espectro eletromagnético e a ordenação da energia eletromagnética em função do seu comprimento de onda e frequência  
Fonte: adaptado de Moreira (2005).

Moreira (2005), evidenciou as cores referente energia eletromagnética e ilustrou o espectro eletromagnético, descreveu que as interações da energia eletromagnética com os constituintes atmosféricos influenciam na caracterização da energia solar e terrestre disponíveis para o sensoriamento remoto de recursos naturais, sendo que esta energia é espalhada ao atingir a atmosfera e parte dela retorna para o espaço e é detectada pelos sensores orbitais.

#### 4.2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS ORBITAIS

Os dados em um Sistema de Informação Geográfica – SIG, precisam refletir realidade e para isto estes sistemas possuem formas específica de obtenção de dados.

O processamento digital de dados obtidos por sensoriamento remoto orbital têm recebido o nome de processamento digital de imagens. Mascarenhas e Velasco (1984) citados por Prado (2004) apontou o entendimento de, como um norteador deste contexto, onde os entendem por processamento digital de imagens a análise e a manipulação de dados via computador com o objetivo de facilitar a identificação de alvos e a extração das informações.

Imagens obtidas por sensores remotos registram a energia proveniente dos objetos da superfície observada. Quanto maior a resolução e mais adequada à escala, mais direta e fácil é a identificação dos objetos em uma imagem.

Na maioria das vezes, o resultado da interpretação de uma imagem obtida por sensor remoto é apresentado em forma de um mapa, na qual são assinalados limites, estradas, drenagem e o nome dos objetos identificados. É um procedimento comum quando os dados são utilizados em formato digital e analisados diretamente por uso de um software de processamento de imagens e de um SIG (FLORENZANO, 2002).

#### 4.3 GEOPROCESSAMENTO E SUAS FERRAMENTAS

##### 4.3.1 Sistema de Informações Geográficas - SIG

O SIG é a ferramenta computacional do Geoprocessamento, na qual são utilizadas utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. Florenzano (2002) caracterizou o SIG como ferramenta de grande importância no monitoramento e planejamento dos recursos naturais.

Prado (2004), citou que Dangermond (1992)<sup>4</sup> conceitua esses sistemas como um conjunto de hardware, software e dados geográficos projetados eficientemente para adquirir, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar todas as formas de informações geograficamente referenciadas, tendo a organização do banco de dados como o aspecto mais importante no estabelecimento de um SIG.

---

<sup>4</sup> DANGERMOND, J (1992). What is a Geographic information system (GIS)? In: JOHNSON, A. I.; PETERSSON, C. B.; FULTON, J. L. *Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards*. Philadelphia: ASTM STP 1126, Eds. American Society for testing and Materials. P11-17.

### 4.3.2 Análise Espacial de Dados

A geoestatística é um nome associado a um conjunto de técnicas utilizadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço ou tempo (CÂMARA et al., 2000), constituindo-se uma das ferramentas da análise espacial de dados.

As técnicas geoestatísticas de inferência consideram os atributos ambientais como variáveis aleatórias, o que possibilita a modelagem das incertezas associadas às inferências. Essas técnicas têm sido utilizadas, com frequência, para espacialização de atributos ambientais amostrados pontualmente (PRADO, 2004). O uso das técnicas de geoprocessamento engloba procedimentos metodológicos gerais para a análise espacial (TEIXEIRA & CHRISTOFOLETTI, 1997).

### 4.3.3 Sistemas de suporte à decisão

Um dos aspectos mais importantes do uso das geotecnologias é o potencial de um SIG de facilitar a produção de novas informações a partir de um banco de dados geográficos. Assim, é possível estabelecer indicadores que permitam uma visão quantitativa da informação espacial.

O grande desafio da produção de novas informações em um SIG é a capacidade de comparar e avaliar as diferentes possibilidades de geração de novos mapas, sendo muito útil dispor de ferramentas de suporte à decisão, que nos ajudem a organizar e estabelecer um modelo racional de combinação dos dados (INPE, 2004).

O conceito fundamental de vários modelos de tomada de decisão apontado por Prado (2004), é o da racionalidade, baseado em critérios objetivos de julgamento, cujo fundamento será satisfazer um nível pré-estabelecido de aspirações (INPE, 2004).

Para Bailey e Gatrell (1995)<sup>5</sup> citados por Prado (2004), a integração de análises estatísticas e SIG tem crescido rapidamente e há ainda grande potencial computacional a ser oferecido às análises estatísticas de dados, considerando a importância de uma análise adequada por parte do pesquisador, assim como uma boa interpretação e entendimento dos dados para a obtenção de resultados mais precisos com relação à realidade e a confiabilidade.

---

<sup>5</sup> BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. (1995). *Interactive Spatial Data Analysis*. England: Addison Wesley longman Limited, Edinburg Gate, Harlow. Essex CM 202 JE. 413p.

A confiabilidade pode contar com a acurácia, que representa a proximidade dos resultados oriundos das observações, computações e cálculos, em relação aos valores reais ou aos valores aceitos como sendo reais. A acurácia está relacionada com a exatidão do resultado e se distingue da precisão, que por sua vez, relaciona-se com a exatidão do procedimento pelo qual se obtêm os resultados (TEIXEIRA, & CHRISTOFOLETTI, 1997).

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA E SUB-BACIAS PARA A ÁREA DE ESTUDO**

Esta etapa foi desenvolvida por meio de informação básica dos dados cartográficos das cartas topográficas SF-22-Y-B, SF-22-Y-D, SF-22-V-B, SF-22-Z-A, SF-22-Z-C, SF-22-X-A e SF-22-X-C em escala de 1:250.000. Foram utilizadas as cenas Landsat 221-76, 221-77, 222-77 e 222-78.

O primeiro passo para desenvolver o projeto foi efetuar o escaneamento das cartas topográficas. Para obter os dados necessários ao desenvolvimento do trabalho essas bases foram georreferenciadas, utilizando o *software* SPRING 4.3.3 desenvolvido pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, considerando e respeitando as informações do *datum* de cada folha.

Posteriormente, realizou-se a digitalização das cartas topográficas como categoria temática, complementando as informações de drenagem e altimetria por meio dos dados obtidos pelas imagens de satélite. Após a digitalização das cartas foram criados elementos temáticos de drenagem, delimitada a bacia hidrográfica, de acordo com a metodologia proposta por Granel Del Pèrez (2001). A delimitação da bacia foi realizada considerando as linhas e pontos cumeados, com base no plano de informação de curvas de nível da base cartográfica digital. Posteriormente foram delimitadas as sub-bacias. Para obtenção dos dados cartográficos, foram utilizadas cartas, mapas temáticos e diferentes escalas, e uso de imagens LandSat.

Com os dados cartográficos obtidos, foram criado um Banco de Dados Georreferenciado, e um projeto (denominados Tibagi) no programa SPRING.

### **5.2 QUALIDADE DA ÁGUA, OBTENÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS**

#### **5.2.1 Obtenção dos dados**

O estudo foi realizado na BHT para anos de 1987, 1991, 1996, 2001 e 2007. Esta etapa da pesquisa aconteceu concomitantemente as demais, abrangendo basicamente a análise

dos dados de qualidade da água a partir dos parâmetros físico - químicos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, para uso posterior em confronto de dados de uso de solo, utilizando-se análise estatística.

Bernardes (2004) afirmou que é necessário o conhecimento individualizado da área e integração dos dados para estudo de uma bacia, daí a divisão em sub-bacias. Juchem (1999) abordou a importância de dados secundários, neste caso as séries históricas.

Para o início desta etapa, fez-se o levantamento da fundamentação teórica necessária e de dados sobre a área em questão. Foi gerado um banco de dados, por meio de técnicas manuais, sobre dados cartográficos e sobre as imagens de satélites, visando compartimentalizar as sub-bacias utilizando o SIG SPRING 4.3.3.

Em seguida, foi realizada a integração dos dados obtidos na etapa anterior por meio do SIG. Novos mapas temáticos foram gerados contendo estas novas informações.

Para caracterização da qualidade da água, utilizaram-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, considerados indicadores da qualidade da água, cujos resultados evidenciam conformidade ou não, de acordo com os parâmetros estabelecidos.

Os parâmetros considerados neste trabalho foram estabelecidos pela National Sanitation Foundation (NSF) nos Estados Unidos, por meio de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental para desenvolvimento de um índice que indicasse a qualidade da água (IQA).

Desta forma os nove parâmetros considerados como mais representativos pelo em Sistema de Cálculo da Qualidade da Água – SCQA foram: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

Definidos os critérios, obteve-se os códigos das estações fluviométricas pertencentes a BHT por meio de pesquisa no *site* da SUDERHSA e dados da Agência Nacional de Águas – ANA (<http://hidroweb.ana.gov.br>).

De posse destes códigos, foi feito em contato com a Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA, órgão do governo do Estado do Paraná, por meio de ofício, solicitando dados disponíveis das estações fluviométricas da sub-bacia.

A SUDERHSA forneceu os dados solicitados no período de 1985 a 2007. Os dados de todas as estações foram analisados subjetivamente para determinação da qualidade da água com base em informações existentes em séries históricas de dados de qualidade da água das estações fluviométricas das sub-bacias.

Como os dados recebidos estavam em blocos de notas, foram importados pelo programa Access, sendo subdivididos nos seguintes parâmetros: cota, IQA, resumos e medições e vazão. Foram elaboradas tabelas específicas para cada parâmetro, com a finalidade de isolar os dados de IQA. Essas tabelas foram posteriormente subdivididas em quinquênios. Para a divisão em quinquênios adotou-se a padronização dos períodos conforme apresenta a tabela2:

<i>Quinquênio</i>	<i>Período</i>
Quinquênio 1	1987 - < 1988
Quinquênio 2	1990 - > 1987 e <1993
Quinquênio 3	1996 – 1992 e < 1997
Quinquênio 4	2002 – 1996 e < 1997
Quinquênio 5	2007 – 2003 e < 2007

TABELA 2. Períodos correspondentes aos quinquênios estudados

Feita esta divisão, efetuou-se o procedimento de consulta no Access, criando uma nova tabela por parâmetro e por quinquênio. A etapa seguinte foi a de realizar consultas específicas, considerando: mínima, máxima, média, desvio padrão e variância em todas as tabelas. Durante este processo de organização das tabelas, é importante salientar que as coordenadas geográficas de cada estação estão vinculadas a elas, para que posteriormente possam ser adicionadas como Banco de Dados geográficos – BDG.

De acordo com a metodologia aplicada pela CETESB (2001) e IGAM (2005) para cada parâmetro foram traçadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das suas respectivas concentrações.

Os resultados foram avaliados, e optou-se por utilizar as médias para a continuidade do trabalho, por ser o fator que melhor atende a dinâmica do objetivo.

Bastos (2005), destacou o programa *Access*, como uma das mais conhecidas implementações do modelo relacional de banco de dados em uma plataforma para computador. Este sistema de gerenciamento de banco de dados em que o programa *Access* apresentou difusão e aceitação devido a sua facilidade na aquisição e interação com SIG's como o SPRING.

Para melhor compreensão e menor sobrecarga de dados referentes aos municípios pertencentes a BHT, estes foram divididos em sub-bacias, conforme a tabela 3.

<i>Sigla</i>	<i>Sub-bacia</i>	<i>Municípios</i>
SB-01	Tibagi I	Palmeira, Ponta Grossa e Teixeira Soares
SB-02	Imbituva	Fernandes Pinheiro, Guarniranga, Irati, Imbituva, Ipiranga e Teixeira Soares
SB-03	Pitangui	Carambeí, Castro e Ponta Grossa
SB-04	Tibagi II	Carambeí, Imbituva, Ipiranga, Ivaí, Ponta Grossa e Tibagi
SB-05	Iapó	Castro, Piraí do Sul, Tibagi e Ventania
SB-06	Tibagi III	Curiúva, Imbaú, Ortigueira, Reserva, Sapopema, Telêmaco Borba, Tibagi e Ventania
SB-07	Tibagi IV	Assaí, Apucarana, Califórnia, Londrina, Marilândia do Sul, Mauá da Serra, Nova Santa Bárbara, Ortigueira, Santa Cecília do Pavão, Sapopema, São Jerônimo da Serra, São Sebastião da Amoreira e Tamarana
SB-08	Apertados	Arapongas e Londrina
SB-09	Três Bocas	Arapongas, Cambé, Londrina e Rolândia
SB-10	Jacutinga	Cambé, Ibiporã e Londrina
SB-11	Congonhas	Congonhinhas, Cornélio Procópio, Leópolis, Nova América da Colina, Nova Fátima, Rancho Alegre, Santo Antônio do Paraíso, Sertaneja e Uraí
SB-12	Tibagi V	Assaí, Bela Vista do Paraíso, Cambé, Ibiporã, Jataizinho, Londrina, Primeiro de Maio e Sertaneja.

TABELA 3. Siglas, nomenclatura das sub-bacias e municípios pertencentes  
 Fonte: Organização da Agência de Bacia do Tibagi, 2002

A partir dos dados desta tabela e de limites resultantes da delimitação das sub-bacias e seguindo nomenclatura estabelecida pela SUDERHSA, foi elaborado o mapa temático representativo da BHT, e sua respectiva divisão por sub-bacias. A nomenclatura de modo que além da representação da divisão das sub-bacias, esta delimitação foi utilizada em outra etapa do trabalho, como base para aplicação dos critérios qualitativos da qualidade da água.

O produto cartográfico que resultou desta etapa foi um mapa temático com a delimitação das sub-bacias.

No banco de dados já existente no SPRING foi criada a categoria “sub-bacias” referente aos limites das sub-bacias e um Plano de Informação, denominado “sub-bacia\_suderhsa”.

A Figura 3 apresenta a divisão das sub-bacias e a associação a nomenclatura utilizada pela SUDERHSA.

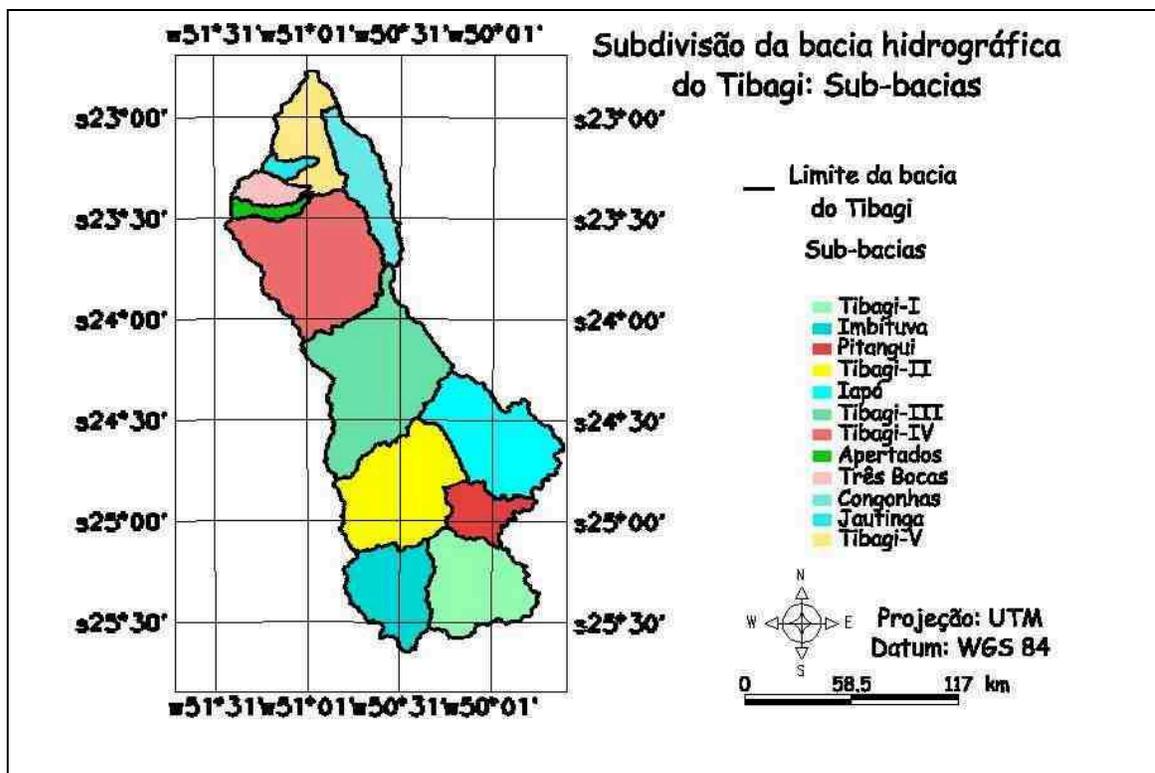


FIGURA 3 – Sub-bacias hidrográficas do rio Tibagi

### 5.2.2 Tratamento dos dados de qualidade

Definidos os parâmetros a serem utilizados para determinação da qualidade da água da BHT e com auxílio do programa Excel, determinou-se as equações utilizadas para o cálculo do índice de qualidade para cada parâmetro conforme metodologia proposta pela CETESB (2001).

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio,

fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais, cujos valores para cada parâmetro, estão no anexo 1.

Foram consideradas as curvas médias de variação da qualidade da água para os parâmetros definidos. A cada parâmetro foi atribuído um peso, de acordo com a sua importância relativa no cálculo do IQA (Tabela 4), e traçadas curvas de máxima, média e mínima de variação da qualidade das águas em função da concentração dos mesmos.

<i>Parâmetro</i>	<i>Peso - wi</i>
Oxigênio dissolvido – OD (%ODSat)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitrogenio (mg/L)	0,10
Fosfatos (mg/L PO <sub>4</sub> )	0,10
Variação na temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos totais (mg/L)	0,08

TABELA 4. Pesos atribuídos aos parâmetros envolvidos no cálculo do IQA  
Fonte: CETESB, 2001.

Os parâmetros utilizados para compor o IQA visam principalmente verificar o impacto das fontes de poluição e avaliar se a qualidade da água é adequada ao uso que se faz dela ou ao uso pretendido. Cabe destacar que o IQA é um indicador da contaminação orgânica por esgotos domésticos e industriais valendo-se para determinação de níveis de qualidade para usos da água pela população humana, não contemplando outros usos como proteção das comunidades aquáticas, da manutenção da biodiversidade e da integridade do corpo hídrico (PINHEIRO et al., 2008).

As metodologias para o cálculo do IQA consideram duas formulações, uma aditiva e outra multiplicativa. O IGAM (2005) adota o IQA multiplicativo, que é calculado pela equação 1:

(Equação 1)

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade de Água, variável de 0 a 100;

$q_i$  = qualidade do parâmetro  $i$  obtido através da curva média específica de qualidade;

$w_i$  = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, variável de 0 e 1.

Na Tabela 5, são apresentados valores correspondentes a concentração que são dados utilizados ficticiamente para exemplo do cálculo. Os valores correspondentes ao peso da variável, qualidade da variável serão explicados posteriormente.

	1	2	3	4
Variável Analisada	Concentração	Peso da variável ( $W_i$ )	Qualidade da variável ( $q_i$ )	$q_i/w_i$
Coliformes	200	0,15	40	$40^{0,15}$
pH	7,5	0,12	90	$90^{0,12}$
DBO	10	0,10	35	$35^{0,10}$
Nitrogênio Total	10	0,10	50	$50^{0,10}$
Fósforo Total	1	0,10	40	$40^{0,10}$
Variação da Temperatura	0	0,10	93	$93^{0,10}$
Turbidez	20	0,08	90	$90^{0,08}$
Sólidos Totais	50	0,08	90	$90^{0,08}$
% OD de saturação	60	0,17	60	$60^{0,17}$
$IQA = 40^{0,15} \times 90^{0,12} \times 35^{0,10} \times 50^{0,10} \times 40^{0,10} \times 93^{0,10} \times 60^{0,08} \times 90^{0,08} \times 60^{0,17} = 57$				

TABELA 5. Exemplo do cálculo de IQA  
Fonte: IGAM, 2005

Em que:

$IQA = Q_i \text{ oxigênio dissolvido}^{w_i} * Q_i \text{ coliformes fecais}^{w_i} * Q_i \text{ pH}^{w_i} * Q_i \text{ demanda bioquímica de oxigênio}^{w_i} * Q_i \text{ nitrogênio}^{w_i} * Q_i \text{ fosfato total}^{w_i} * Q_i \text{ temperatura da água (93)}^{w_i} * Q_i \text{ turbidez}^{w_i} * Q_i \text{ sólidos totais}^{w_i}$ .

O valor de  $q_i$  é determinado pela sua localização em relação às curvas de valoração da condição de cada parâmetro do IQA-NSF, de modo que Essas curvas de variação

são sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente. Desta forma, o IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros definidos.

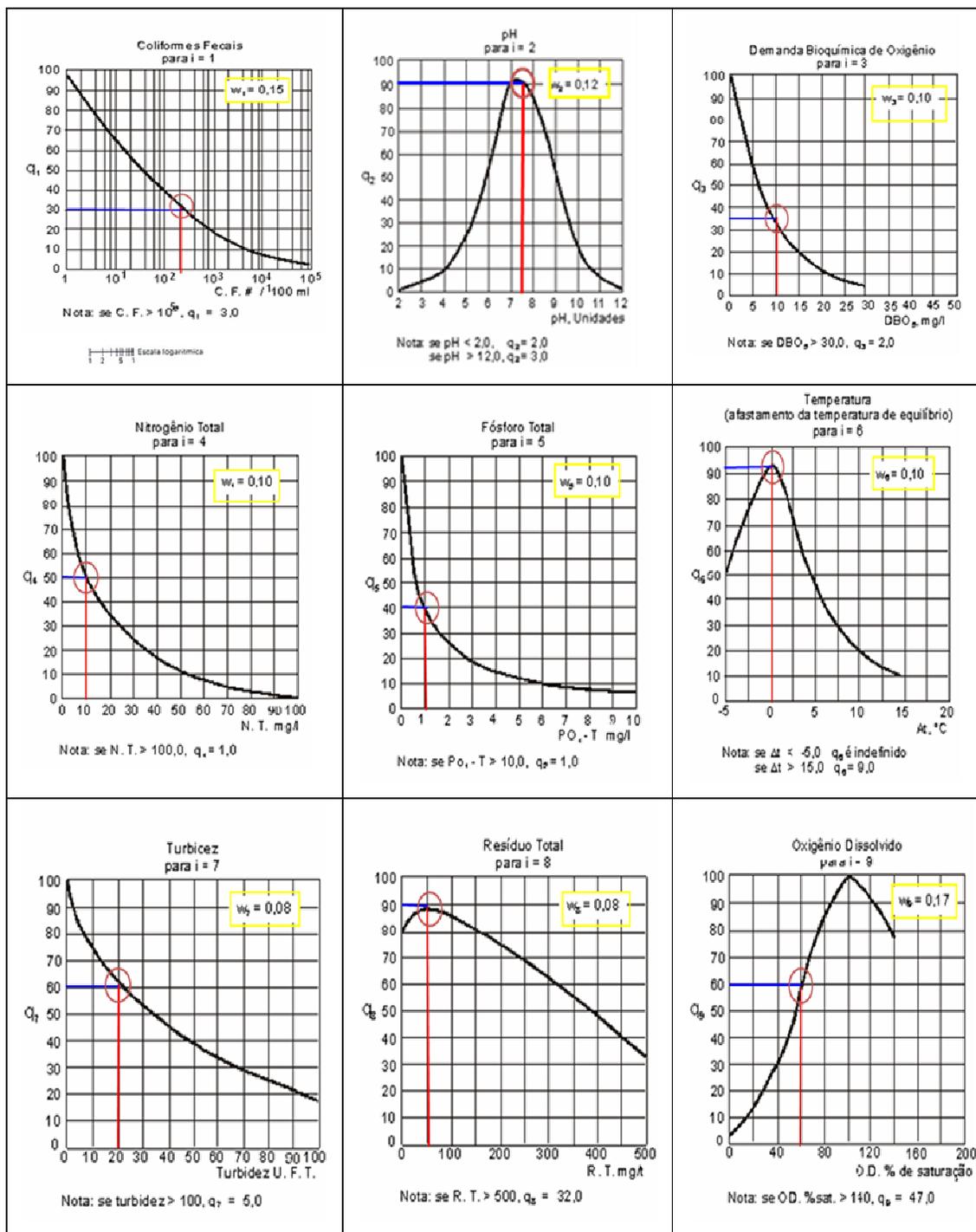


FIGURA 4. Gráficos das curvas de valoração

Fonte: CETESB, 2001

No cálculo original do IQA pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos, considerava-se o nitrogênio na forma de nitrato. No entanto, a CETESB realizou uma adaptação desse índice para nitrogênio no Estado de São Paulo, pois os rios se mostram comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, tais como nitrogênio orgânico e amoniacal. A CETESB e o IGAM consideram o parâmetro temperatura como estável para o território brasileiro sendo o  $w_i$  de 93.

A equiparação qualitativa dos valores é representada por cores, pelo IGAM que manteve a classificação sugerida pelo *National Sanitation Foundation* - NFS e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo - CETESB (que adaptou o IQA) utilizando uma outra classificação.

A Tabela 6 apresenta Cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água

<i>Nível de Qualidade</i>	<i>Faixa</i>
<b>Excelente</b>	$90 < IQA \leq 100$
<b>Bom</b>	$70 < IQA \leq 90$
<b>Médio</b>	$50 < IQA \leq 70$
<b>Ruim</b>	$25 < IQA \leq 50$
<b>Muito Ruim</b>	$0 \leq IQA \leq 25$

TABELA 6. Cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água  
Fonte: Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM, 2005.

Como as variáveis da tabela de cores poderiam não representar eficientemente os índices de qualidade da água, optou-se por adaptá-la com maior quantidade de níveis para maior representatividade. Assim foi feita uma adaptação da classificação adotada pelo IGAM (2005). A Tabela 7 apresenta a adaptação das cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água.

<i>Nível de Qualidade</i>	<i>Faixa</i>
<b>Excelente</b>	$90 < IQA \leq 100$
<b>Bom +</b>	$80 < IQA \leq 90$
<b>Bom -</b>	$70 < IQA \leq 80$
<b>Médio +</b>	$60 < IQA \leq 70$
<b>Médio -</b>	$50 < IQA \leq 60$
<b>Ruim +</b>	$40 < IQA \leq 50$
<b>Ruim</b>	$25 < IQA \leq 40$
<b>Muito Ruim</b>	$0 \leq IQA \leq 25$

TABELA 7. Adaptação das cores e valores a serem utilizados na representação da qualidade da água

Fonte: Adaptada do Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM, 2005.

Os valores resultantes do cálculo de IQA foram classificados na faixa de variação dos seus níveis de qualidade de acordo com a tabela 7.

Em seguida no BDG “Tibagi”, já existente no SPRING, foi criada uma nova categoria denominada IQA, onde foram criadas as classes de índice de qualidade da água de acordo com a Tabela 7, e em seguida um novo PI com o mesmo nome, no qual foi feita a classificação das sub-bacias por valor de IAQ.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 DIVISÃO DAS SUB-BACIAS

Com o intuito de sintetizar e concomitantemente integrar as informações obtidas sobre as estações para avaliar a qualidade da água da BHT, as estações fluviométricas foram categorizadas por código, rio em que se localiza, município pertencente, sigla e nome da sub-bacia, conforme apresentado na Tabela 8.

<i>Código</i>	<i>Estação</i>	<i>Rio</i>	<i>Município</i>	<i>SIGLA</i>	<i>SUB-BACIA</i>
64429000	ETA - PALMEIRA	Rio Pugas	Palmeira	SB – 01	Tibagi I
64430200	PONTA GROSSA MONTANTE	Rio Tibagi	Ponta Grossa	SB – 01	Tibagi I
64441020	ETA – IRATI	Rio Imbituva	Fernandes Pinheiro	SB – 02	Imbituva
64442300	ETA – IMBITUVA	Rio Ribeiro	Imbituva	SB – 02	Imbituva
64442800	LAJEADO	Rio Imbituva	Imbituva	SB – 02	Imbituva
64444000	UVAIA	Rio Tibagi	Ponta Grossa	SB – 03	Pitangui
64447000	ENGENHEIRO ROSALDO LEITÃO	Rio Tibagi	Ponta Grossa	SB – 01	Tibagi I
64447500	BALSA DO PITANGUI	Rio Tibagi	Carambeí	SB – 03	Pitangui
64449500	REPRESA ALAGADOS (MONTANTE)	Rio Pitangui	Carambeí	SB – 03	Pitangui
64453000	BARRA DO PITANGUI	Rio Pitangui	Carambeí	SB – 03	Pitangui
64460000	BOM JARDIM	Rio Capivari	Tibagi	SB – 04	Tibagi II
64465000	TIBAGI	Rio Tibagi	Tibagi	SB – 04	Tibagi II
64474950	ETA- CASTRO ( SÃO CRISTÓVÃO)	Rio São Cristóvão	Castro	SB – 05	Iapó

64477020	TIJUCO PRETO	Rio Piraí do Sul	Piraí do sul	SB – 05	Iapó
64477600	CHÁCARA CACHOEIRA	Rio Iapó	Castro	SB – 05	Iapó
64481000	FAZENDA MANZANILHA	Rio Iapó	Tibagi	SB – 05	Iapó
64481001	FAZENDA MANZANILHA	Rio Iapó	Tibagi	SB – 05	Iapó
64482000	TELÊMACO BORBA	Rio Tibagi	Telêmaco Borba	SB – 06	Tibagi III
64482600	BARRA DO MANDAÇAIA	Rio Tibagi	Telêmaco Borba	SB – 06	Tibagi III
64490900	SALTO DAS ANTAS	Rio das Antas	Curiúva	SB – 06	Tibagi III
64491000	BARRA RIBEIRÃO DAS ANTAS	Rio Tibagi	Curiúva	SB – 06	Tibagi III
64491001	BARRA RIBEIRÃO DAS ANTAS – CANAL FUGA	Rio Tibagi	Ortigueira	SB – 06	Tibagi III
64491250	CANAL FUGA USINA MAUÁ	Rio Tibagi	Curiúva	SB – 06	Tibagi III
64491260	LAJEADO LISO	Ribeirão Lajeado	Sapopema	SB – 07	Tibagi IV
644911261	LAJEADO LISO	Ribeirão Lajeado	Sapopema	SB – 07	Tibagi IV
64494950	MONTANTE BARRA FIU	Rio Apucarantina	Tamarana	SB – 07	Tibagi IV
64498550	SÃO JERÔNIMO	Rio Tibagi	Londrina	SB – 07	Tibagi IV
64500000	SALTO SÃO PEDRO	Ribeirão do Tigre	São Jerônimo da Serra	SB – 07	Tibagi IV
64501000	PORTO LONDRINA	Rio Tibagi	São Jerônimo da Serra	SB – 07	Tibagi IV
64501950	SITIO PAU D'ALHO	Rio São Jerônimo	Assaí	SB – 07	Tibagi IV
64502000	SITIO IGREJINHA	Rio Taquara	Londrina	SB – 08	Apertados
64504100	ETA – ASSAÍ	Ribeirão Jataizinho	Assaí	SB – 07	Tibagi IV
64504210	CEBOLÃO	Rio Tibagi	Londrina	SB – 08	Apertados
64504450	ETA – ARAPONGAS	Rio Apertados	Arapongas	SB – 08	Apertados

64504550	APERTADOS	Rio Apertados	Londrina	SB – 08	Apertados
64504581	JUSANTE DO RIBEIRÃO CICLONE	Ribeirão Cafezal	Cambé	SB – 09	Três Bocas
64504591	MONTANTE ETA – LONDRINA (CAFEZAL)	Ribeirão Cafezal	Londrina	SB – 09	Três Bocas
64506000	CHÁCARA ANA CLÁUDIA	Rio Tibagi	Jataizinho	SB – 12	Tibagi V
64506001	CHÁCARA ANA CLÁUDIA	Rio Tibagi	Jataizinho	SB – 12	Tibagi V
64506500	CANAL FUGA JATAIZINHO	Rio Tibagi	Jataizinho	SB – 12	Tibagi V
64507000	JATAIZINHO	Rio Tibagi	Ibiporã	SB – 12	Tibagi V
64507100	ETA – SAMAE – IBIPORÃ	Rio Jacutinga	Ibiporã	SB – 12	Tibagi V
64508020	ETA – CORNÉLIO PROCÓPIO	Rio Congonhas	Cornélio Procópio	SB – 11	Congonhas
64508500	PONTE PRETA	Rio Congonhas	Cornélio Procópio	SB – 11	Congonhas

TABELA 8. Estações existentes nas sub- bacias da BHT

Após ter sido feita a categorização, as sub-bacias foram separadas por parâmetros. Neste estudo são apresentadas as estações por sub-bacia que dispunham de dados de IQA.

A Tabela 9 apresenta as estações das sub-bacias que possuem dados dos parâmetros utilizados para calcular o IQA.

<b>Código</b>	<b>Estação</b>	<b>Rio</b>	<b>Município</b>	<b>SIGLA</b>	<b>SUB-BACIA</b>
64429000	ETA - PALMEIRA	Rio Pugas	Palmeira	SB – 01	Tibagi I
64447000	ENGENHEIRO ROSALDO LEITÃO	Rio Tibagi	Ponta Grossa	SB - 01	Tibagi I
64447000	ENGENHEIRO ROSALDO LEITÃO	Rio Tibagi	Ponta Grossa	SB – 01	Tibagi I
64447500	BALSA DO PITANGUI	Rio Tibagi	Carambeí	SB - 03	Pitangui
64453000	BARRA DO PITANGUI	Rio Pitangui	Carambeí	SB - 03	Pitangui
64460000	BOM JARDIM	Rio Capivari	Tibagi	SB - 04	Tibagi II
64465000	TIBAGI	Rio Tibagi	Tibagi	SB - 04	Tibagi II
64477600	CHÁCARA CACHOEIRA	Rio Iapó	Castro	SB-05	Iapó

64482000	TELÊMACO BORBA	Rio Tibagi	Telêmaco Borba	SB – 06	Tibagi III
64491000	BARRA RIBEIRÃO DAS ANTAS	Rio Tibagi	Curiúva	SB – 06	Tibagi III
64500000	SALTO SÃO PEDRO	Ribeirão do Tigre	São Jerônimo da Serra	SB – 07	Tibagi IV
64501000	PORTO LONDRINA	Rio Tibagi	São Jerônimo da Serra	SB – 07	Tibagi IV
64501950	SITIO PAU D’ALHO	Rio São Jerônimo	Assaí	SB – 07	Tibagi IV
64504100	ETA – ASSAÍ	Ribeirão Jataizinho	Assaí	SB – 07	Tibagi IV
64502000	SITIO IGREJINHA	Rio Taquara	Londrina	SB – 08	Apertados
64504450	ETA – ARAPONGAS	Rio Apertados	Arapongas	SB – 08	Apertados
64504581	JUSANTE DO RIBEIRÃO CICLONE	Ribeirão Cafezal	Cambé	SB – 09	Três Bocas
64504591	MONTANTE ETA – LONDRINA (CAFEZAL)	Ribeirão Cafezal	Londrina	SB – 09	Três Bocas
64508500	PONTE PRETA	Rio Congonhas	Cornélio Procópio	SB – 11	Congonhas
64506000	CHÁCARA ANA CLÁUDIA	Rio Tibagi	Jataizinho	SB – 12	Tibagi V
64507000	JATAIZINHO	Rio Tibagi	Ibiporã	SB – 12	Tibagi V
64507100	ETA – SAMAE – IBIPORÃ	Rio Jacutinga	Ibiporã	SB – 12	Tibagi V

TABELA 9. Estações fluviométricas das sub-bacias com dados de IQA

Esta classificação, objetivou, a constatação dos parâmetros para realização do cálculo de IQA, pois conhecendo-se as estações, e sabendo-se a quais bacias pertenciam, foi possível agrupá-las em suas respectivas sub-bacias.

## 6.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Os índices de qualidade das águas são úteis quando existe a necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, servindo de orientação às ações de gestão da

qualidade da água, sendo necessário no caso deste estudo, a existencia de dados em todos os quinquênios.

No desenvolver do trabalho, constatou-se que algumas sub-bacias não apresentavam dados em alguns quinquênios. Esta verificação é demonstrada na Tabela 10.

<b>SUB-BACIA</b>	<b>1987</b>	<b>1991</b>	<b>1997</b>	<b>2001</b>	<b>2005</b>
SB – 01					62,42
SB – 02					
SB – 03	87,34				
SB – 04	73,63	77,41	73,86	69,81	67,68
SB – 05	66,34	61,77	71,94	72,22	49,1
SB – 06	76,45	79,32	73,85	60,74	60,73
SB – 07	79,19	76,02	74,75	56,07	28,41
SB – 08					74,56
SB – 09				78,27	61,48
SB – 10		70,98		74,47	57,55
SB – 11	56,84	64,73	74,85	66,57	55,26
SB – 12	65,4	71,06	73,25	78,6	64,92

TABELA 10. Sub-bacias da BHT e dados de IQA apresentados

A sub-bacia SB- 02, não possui qualquer estação com dados de IQA. Já as sub-bacias SB-01, SB-03 e SB-08, apresentam estações com dados relativos a IQA, nos períodos de 2005, 1987 e 2005, respectivamente. A sub-bacia SB-09 apresentou estações com dados de IQA em dois períodos recentes nos quinquênios referentes a 2001 e 2005. Os quinquênios representados foram para 1991, 2001 e 2005 na sub-bacia SB-01. Neste contexto, foram

definidas como base para elaboração dos estudo, apenas as sub-bacias que apresentaram dados em todos os quinquênios, sendo elas: SB-04, SB-05, SB-06, SB-07, SB-11 E SB-12.

A partir da metodologia aplicada para avaliação do Índice de Qualidade da Água, para os quinquênios de 1985 a 2005, foi possível compor cinco gráficos de variação temporal, com valores de máxima, média e mínima (Tabela 11).

<b><i>SUB-BACIA</i></b>	<b><i>1987</i></b>	<b><i>1991</i></b>	<b><i>1997</i></b>	<b><i>2001</i></b>	<b><i>2005</i></b>
<b>SB-04 Max</b>	79,88	89,76	89,57	80,42	77,69
<b>SB-04 Med</b>	73,63	77,41	73,86	69,81	67,68
<b>SB-04 Min</b>	52,89	63,18	60,47	63,95	58,27
<b>SB-05 Max</b>	73,67	64,94	81,05	72,33	50,62
<b>SB-05 Med</b>	66,34	61,77	71,94	72,22	49,10
<b>SB-05 Min</b>	55,44	59,69	65,33	72,11	47,58
<b>SB-06 Max</b>	85,08	86,37	80,06	60,74	64,01
<b>SB-06 Med</b>	76,45	79,32	73,85	60,74	60,73
<b>SB-06 Min</b>	71,62	75,69	67,81	60,74	57,44
<b>SB-07 Max</b>	82,44	85,20	78,94	69,34	28,41
<b>SB-07 Med</b>	79,19	76,02	74,75	56,07	28,41
<b>SB-07 Min</b>	75,26	66,86	63,40	39,87	28,41
<b>SB-11 Max</b>	61,09	75,61	84,07	66,64	59,92
<b>SB-11 Med</b>	56,84	64,73	74,85	66,57	55,26
<b>SB-11 Min</b>	53,30	55,18	68,19	66,49	50,60
<b>SB-12 Max</b>	75,82	72,45	78,05	78,60	64,92
<b>SB-12 Med</b>	65,40	71,06	73,25	78,60	64,92
<b>SB-12 Min</b>	54,31	69,66	67,06	78,60	64,92

TABELA 11. Índices de Máxima, Média e Mínima por sub-bacias em cada quinquênio

De acordo com Zimmermann (2008), a qualidade da água é avaliada de acordo com a determinação de uma série de parâmetros físico-químicos, cuja interpretação dos dados pode ser estudada por meio de correlações. Após a determinação dos índices de IQA, foi possível confeccionar os seguintes gráficos representativos, de sub-bacia por quinquênio.

A Figura 5 apresenta as curvas dos valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005 na sub-bacia 04

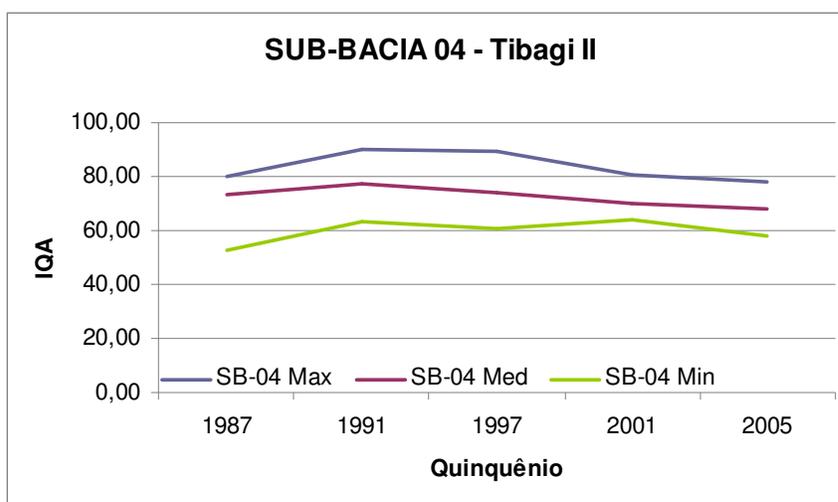


FIGURA 5. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 04.

A Figura 6 apresenta a sub-bacia 05 e as curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005.

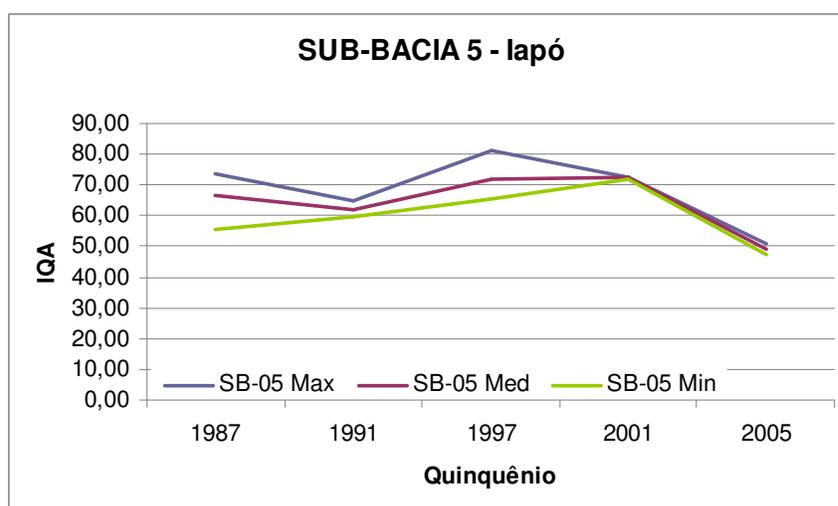


FIGURA 6. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 5.

A Figura 7 apresenta as curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005 na sub-bacia 06 – Tibagi III.

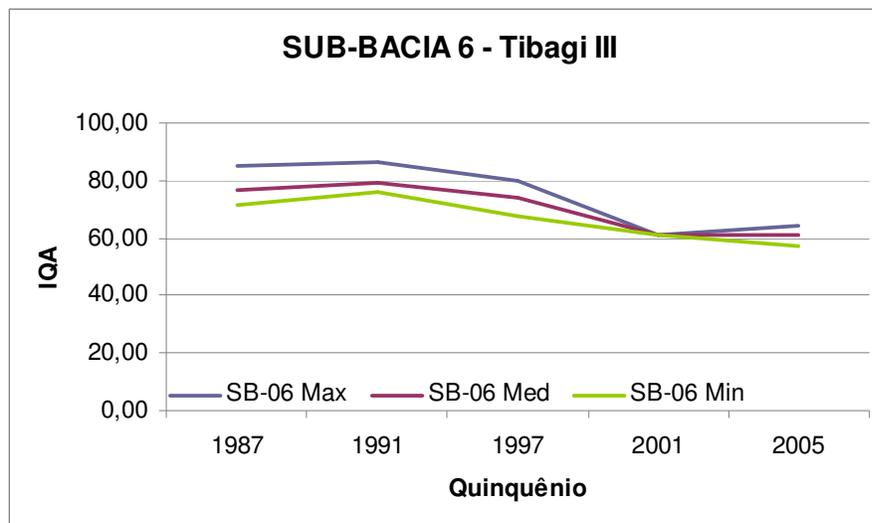


FIGURA 7. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 6.

A figura 8 representa a sub-bacia 07, com as curvas de valores máximo, médio e mínimo apresentados no período de 1985 a 2005.

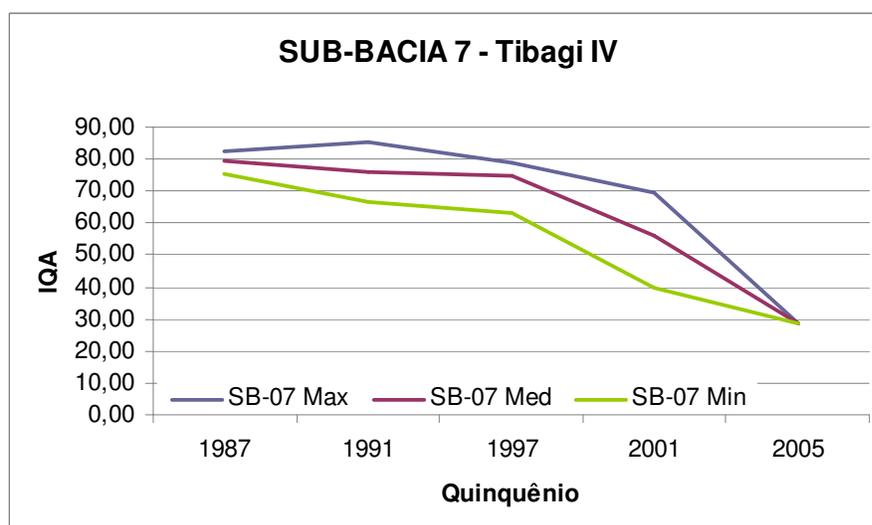


FIGURA 8. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 7.

A sub-bacia 11 tem suas curvas de valores máximo, médio e mínimo para o período de 1985 a 2005 representadas na Figura 9.

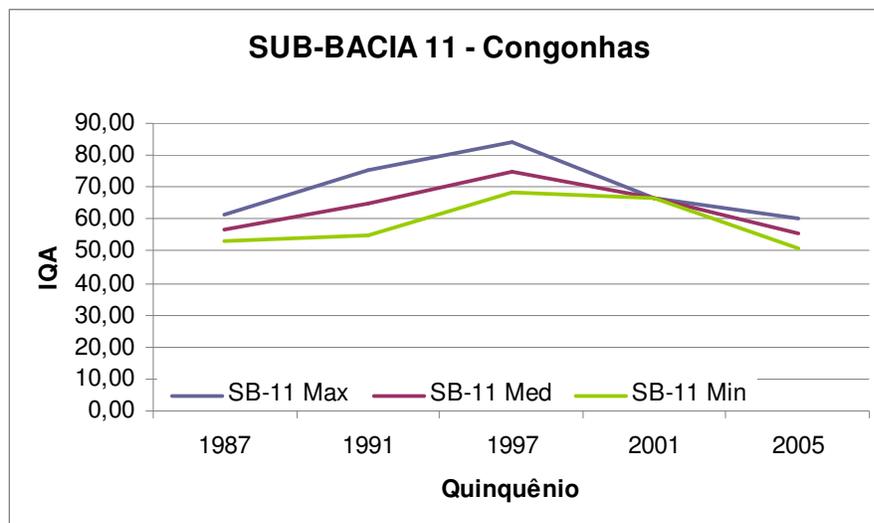


FIGURA 9. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 11.

A Figura 10 apresenta as curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005 na sub-bacia 12.

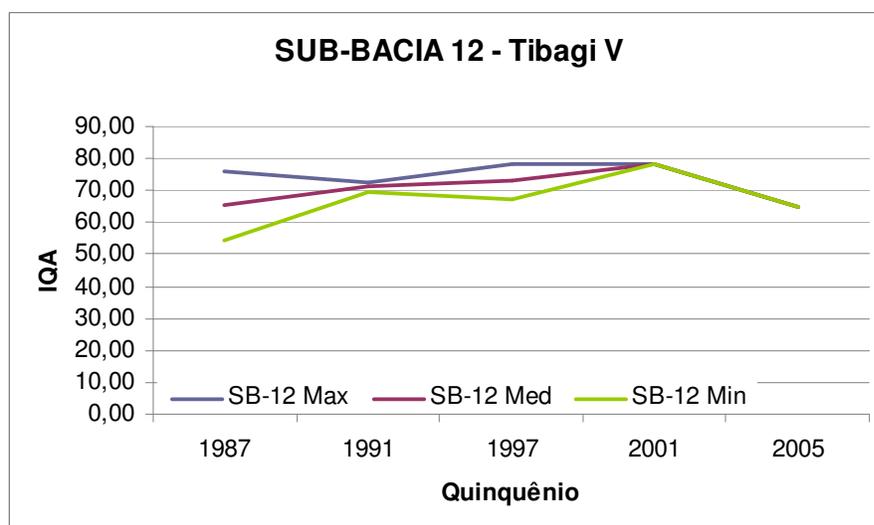


FIGURA 10. Curvas de valores máximo, médio e mínimo de IQA para o período de 1985 a 2005, na sub-bacia 12.

Foi possível observar os valores para média, mínima e máxima apresentaram mesmo padrão linear em todas as bacias fornecendo suporte para adoção dos valores das médias como parâmetro de composição para classificação quantitativa e qualitativa.

## 7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores destes índices uma vez espacializados na forma de mapas, poderão ser confrontados com mapas de uso de solo, orientando na elaboração de um diagnóstico das sub-bacias a ser utilizado para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos desta bacia.

A confecção dos mapas temáticos referentes aos resultados das médias finais do Índice de Qualidade da Água – IQA foi originado a partir da elaboração dos gráficos de média por quinquênio da partir da fragmentação dos resultados por sub-bacias, onde observou-se a necessidade da representação qualitativa. Para a elaboração final, foram utilizados valores de média do IQA por quinquênio e por sub-bacia, uma vez os valores de máxima, média e mínima apresentaram padrão linear nos resultados e de variabilidade entre os quinquênios estudados. Estes últimos apresentaram maior representatividade.

A Figura 11 apresenta a representação dos valores médios de IQA por sub-bacias da BHT por quinquênios estudados.

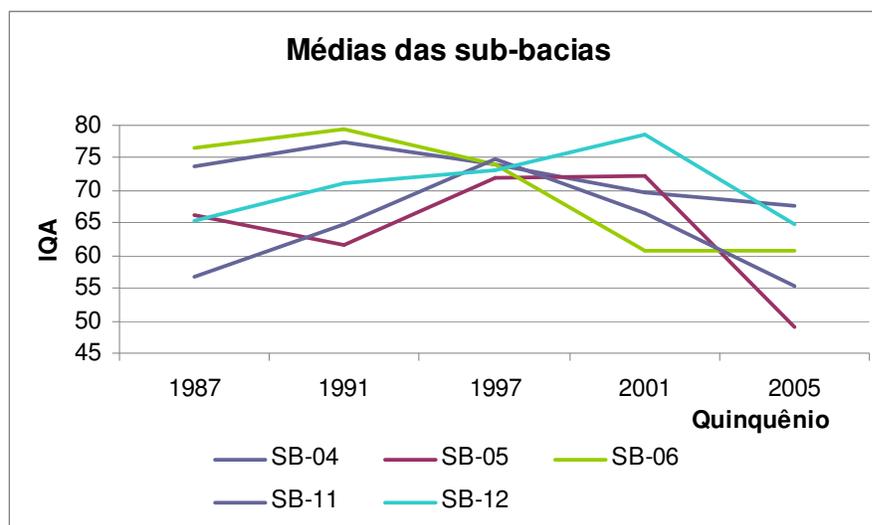


FIGURA 11 Representação dos valores médios de IQA por sub-bacias nos quinquênios estudados

É possível observar na Figura 11 variação significativa do valor de IQA por sub-bacia no primeiro quinquênio (1987). No início do segundo quinquênio, as sub-bacias SB-04 e SB-05, apresentam em um momento um mesmo IQA quando atingem no segundo quinquênio, referente ao período de 1991, atingem um IQA de 63, que é considerado pela classificação adaptada do IGAM (2005) e aplicada neste estudo, um IQA médio, entretanto a

SB-04 mantém um aumento significativo até o terceiro quinquênio (1997) decaindo nos quinquênios seguintes. As demais sub-bacias mesmo com valores diferenciados tendem a uma piora em seu índice, de modo que nenhuma delas manteve o IQA. Estes fatores ficam melhor destacados, quando discutimos o desempenho das sub-bacias de individualmente por quinquênio.

No primeiro quinquênio foi observado aumento do IQA nas sub-bacias SB-04, SB-06, SB-11 e SB-12. Foi observado também diminuição na sub-bacia SB-05.

Com o propósito de melhor identificar o desempenho do IQA, apresenta-se gráficos das sub-bacias, considerando sua classificação por quinquênios, e adequando os valores de IQA nos gráficos. Estes valores representam o aspecto quantitativo do IQA por sub-bacia nos períodos. Os mapas temáticos seguem a representação de cores pré-estabelecidas e apresentam os valores de IQA, associados ao aspecto qualitativo adaptado pelo IGAM(2005).

As sub-bacias que tinham resultado apenas para alguns quinquênios, como: SB-01, SB-02, SB-03, SB-08, SB-09 e SB-10, foram representadas no mapa qualitativo, porém não aparecem nos gráficos que possuem dados referentes às sub-bacias com os quinquênios completos.

A correlação entre os aspectos quantitativos e qualitativos é demonstrada por gráficos e mapas. A Figura 12 apresenta as médias das sub-bacias para 1987.

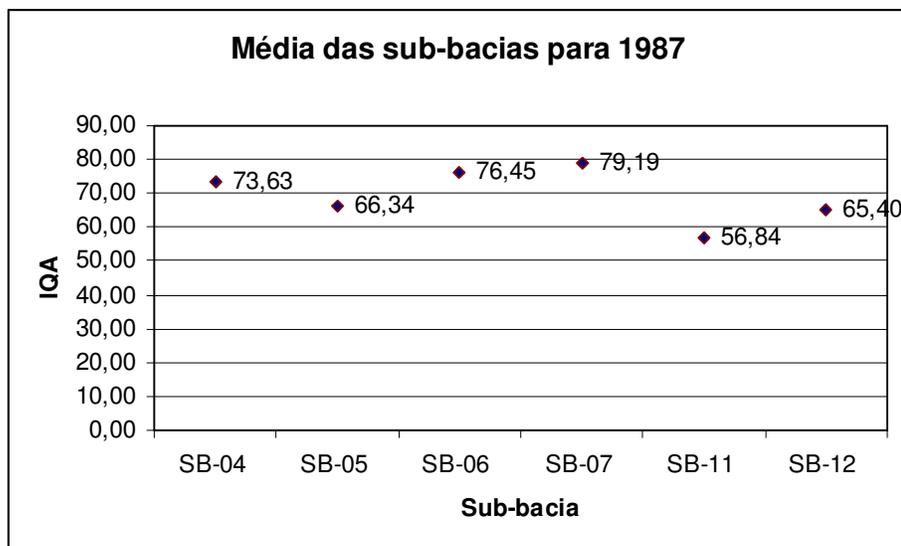


FIGURA 12. Médias das sub-bacias para 1987

No primeiro quinquênio (1987), o IQA teve variação de 56,84 (SB-11) que é classificado como médio- a 79,19 (SB-07) considerado bom- de acordo com a classificação adotada. A SB-05 com IQA 66,34 apresentou um desempenho próximo da SB 12 (65,40) considerado médio+. Nas sub-bacias SB-04 e SB-06 os valores médios de IQA foram de 73,63 e 76,45, respectivamente, que de acordo com a classificação proposta equivalem ao classificação equivalem ao parâmetro bom-.

A Figura 13 apresenta o mapa representativo do IQA para 1987.

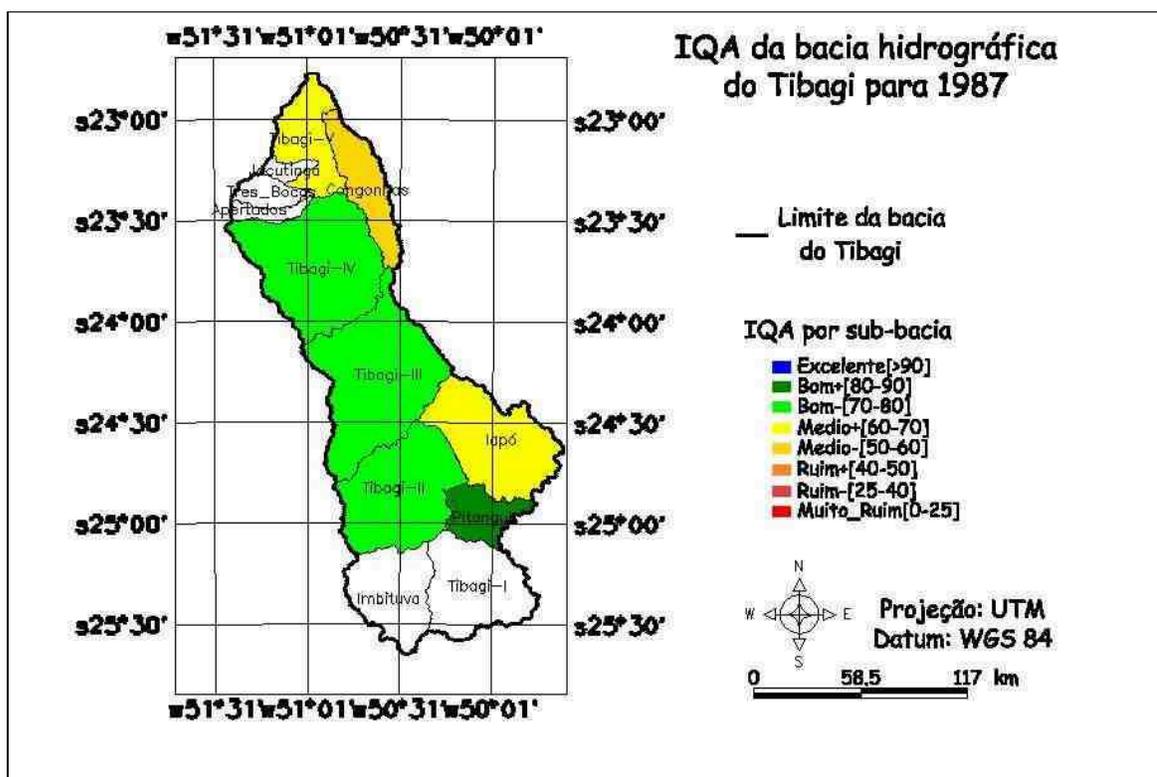


FIGURA 13. Mapa representativo do IQA para 1987

Na representação qualitativa apresentou apenas uma sub-bacia com um IQA bom+, que é a sub-bacia Pitanguí (SB-03) com valor de IQA de 87,34, que foi representada neste mapa, e não discutida no gráfico de médias. As sub-bacias Tibagi II (SB-04), Iapó (SB-05) e Tibagi V (SB-12), apresentaram um IQA entre 60 e 70, considerado na classificação como médio+. É possível observar na Figura 13 que as sub-bacias Tibagi III (SB-06), Tibagi IV (SB-07), apresentaram IQA conceituado como Bom-. A sub-bacia com menor valor de IQA, foi a Congonhas (SB-11).

A Figura 14 apresenta as médias dos valores de IQA das sub-bacias da BHT no quinquênio 2 – 1991.

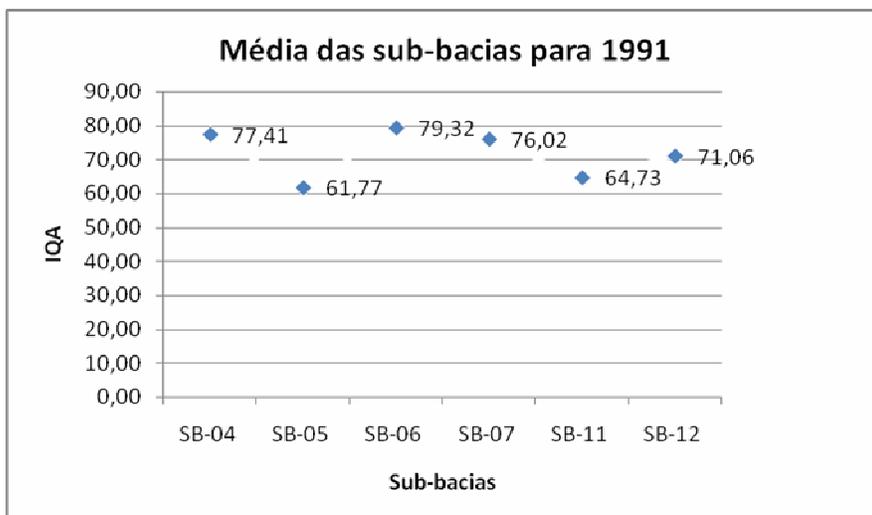


FIGURA 14. Médias das sub-bacias para 1991

É possível notar uma melhora do IQA das sub-bacias SB-04 e SB-06 neste período, porém não houve mudança na representação qualitativa.

A Figura 15 representa a classificação qualitativa do IQA da bacia hidrográfica do rio Tibagi para o quinquênio 1991.

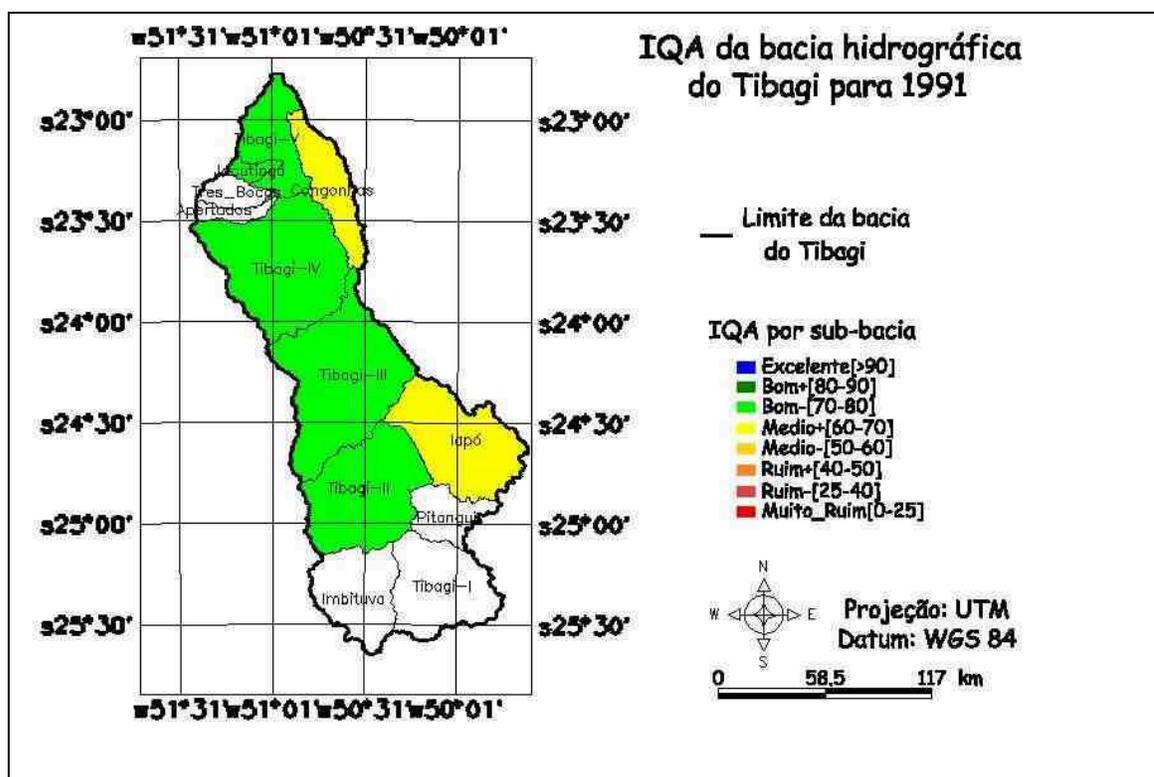


FIGURA 15. Mapa representativo do IQA para 1991

As sub-bacias Iapó (SB-05) e Tibagi IV (SB-07) apresentaram diminuição no IQA, sem alterar a faixa de qualidade em que se enquadravam de acordo com representação na Figura 15.

A Figura 16 representa a média das sub-bacias da BHT para 1997.

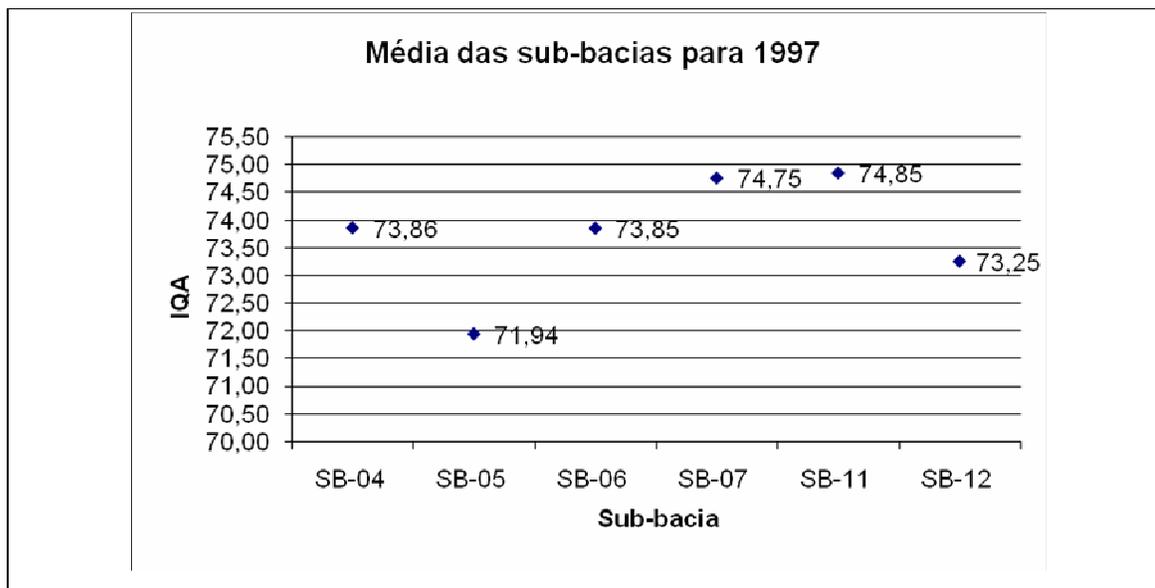


FIGURA 16. Médias das sub-bacias para 1997

Destacam-se neste quinquênio, as sub-bacias Tibagi V (SB-12) e Congonhas (SB-11) que apresentaram melhoria no IQA, alterando inclusive suas classificações de médio+ para bom- e de médio- para médio+, respectivamente.

Notou-se diminuição do IQA nas sub-bacias SB-06 e SB-07, entretanto, houve aumento de índice nas sub-bacias SB-05, SB-11 e SB-12. Neste período observou-se, que mesmo com diferenças no valor do IQA, todas as sub-bacias se enquadraram na mesma faixa de classificação, sendo consideradas no nível de qualidade bom-.

Na representação qualitativa, salienta-se a melhoria do IQA das sub-bacias Iapó (SB-05) e Congonhas (SB-11), que tiveram melhoria no nível de qualidade. A Figura 17, representa a classificação dos valores de IQA para o quinquênio 3 - 1997.

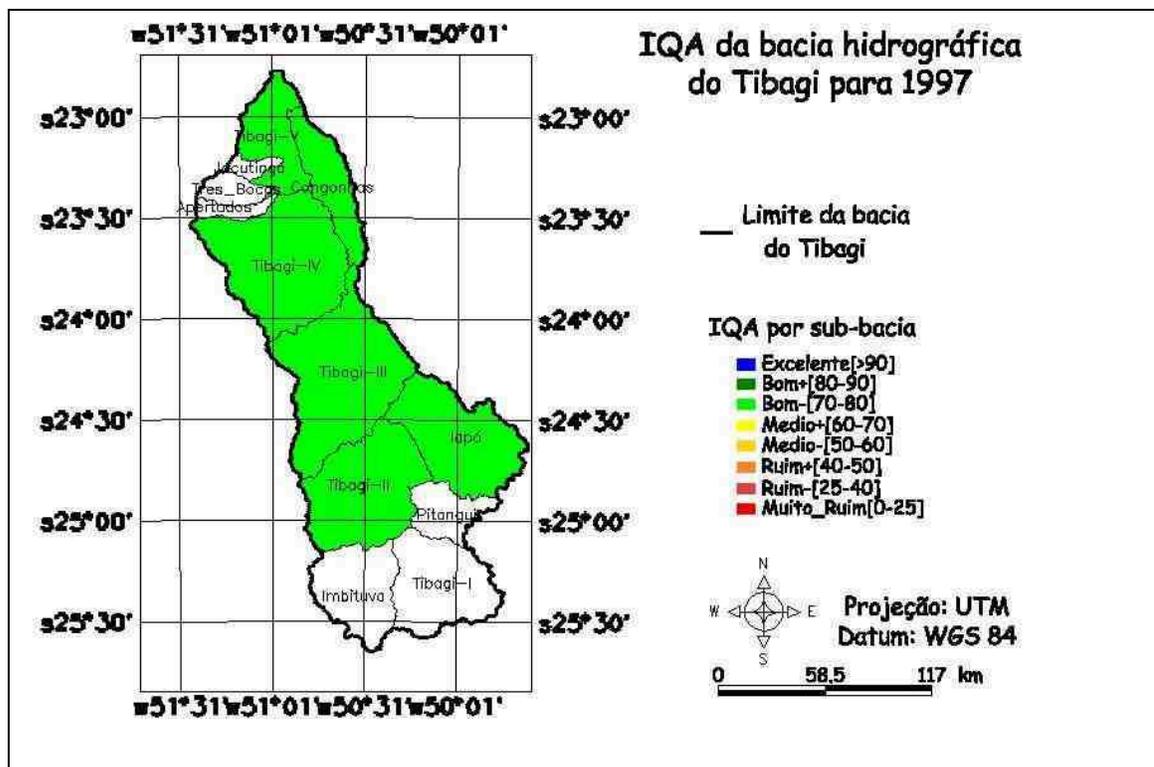


FIGURA 17. Mapa representativo do IQA para 1997

Para o período 2001, nota-se queda expressiva na sub-bacia Tibagi IV (SB-07) em relação a 1987 e alteração na classificação do nível de IQA qualitativo de bom+ para médio-.

A representação quantitativa dos valores de IQA para o quinquênio 4 – 2001, é apresentada na Figura 18.

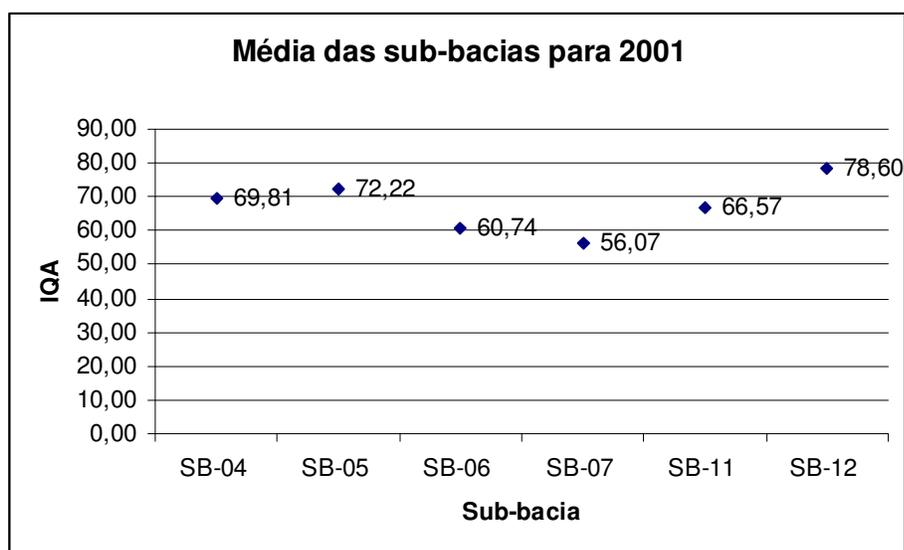


FIGURA 18. Médias das sub-bacias para 2001

As bacias que apresentaram diminuição no IQA foram Tibagi II (SB-04), Tibagi III (SB-06) e Congonhas (SB-11), tendo alteração do nível de qualidade para médio+. A sub-bacia Iapó (SB-05) manteve seu índice de classificação.

Na Figura 19, são mostradas as sub-bacias Jacutinga (SB-10) e Três Bocas (SB-09) que não estão presentes nas médias gerais, mas que possuem dados para este período.

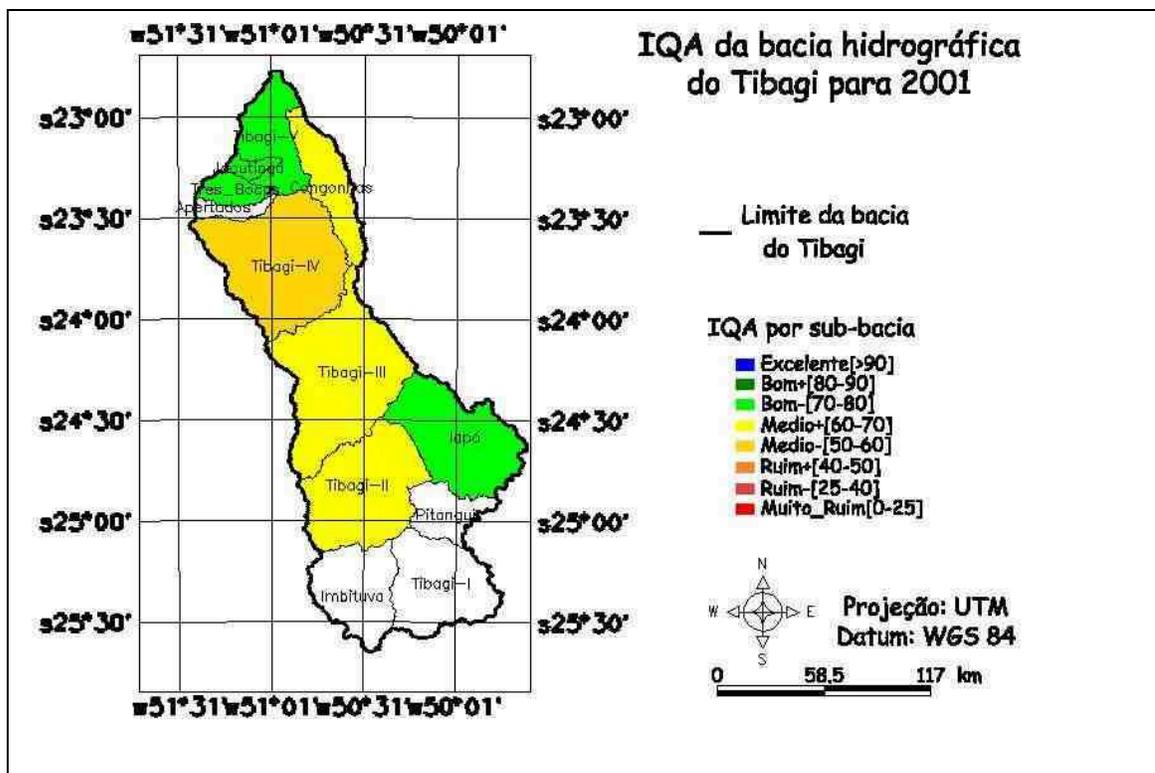


FIGURA 19. Mapa representativo do IQA para 2001

No período de 2007, observou-se que todas as sub-bacias apresentaram diminuição no valor do IQA. As sub-bacias que apresentaram maior valor significância foram a SB-05 que foi de 72,22 (2001) para 49,10 (2007), e a SB-07 com uma alteração expressiva de 56,07 (2001) para 28,41 (2007, conforme pode ser verificado na Figuras 20 e na Figura 21.

A Figura 20 representa as médias dos valores de IQA das sub-bacias da BHT para o quinquênio 5 – 2005.

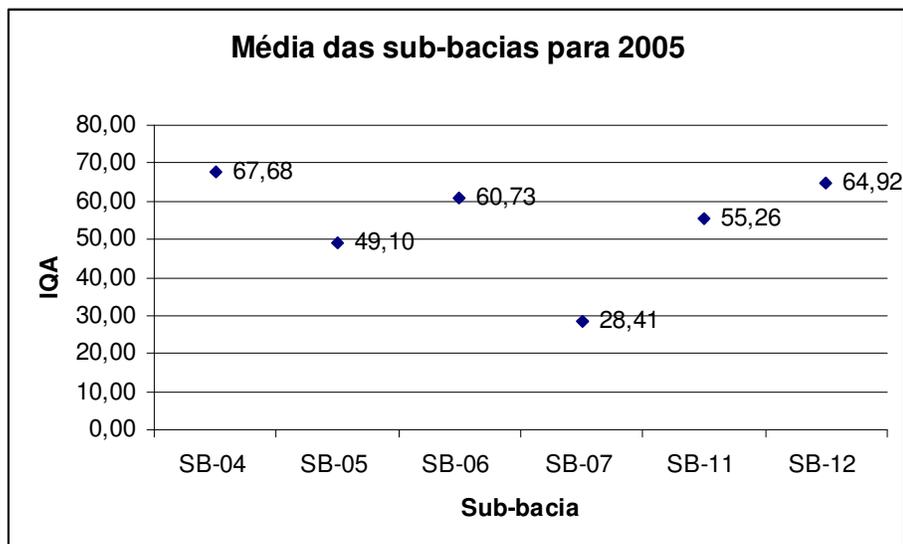


FIGURA 20. Médias das sub-bacias para 2007

A Figura 21 representa o IQA da bacia hidrográfica do rio Tibagi para o quinquênio 5 – 2007.

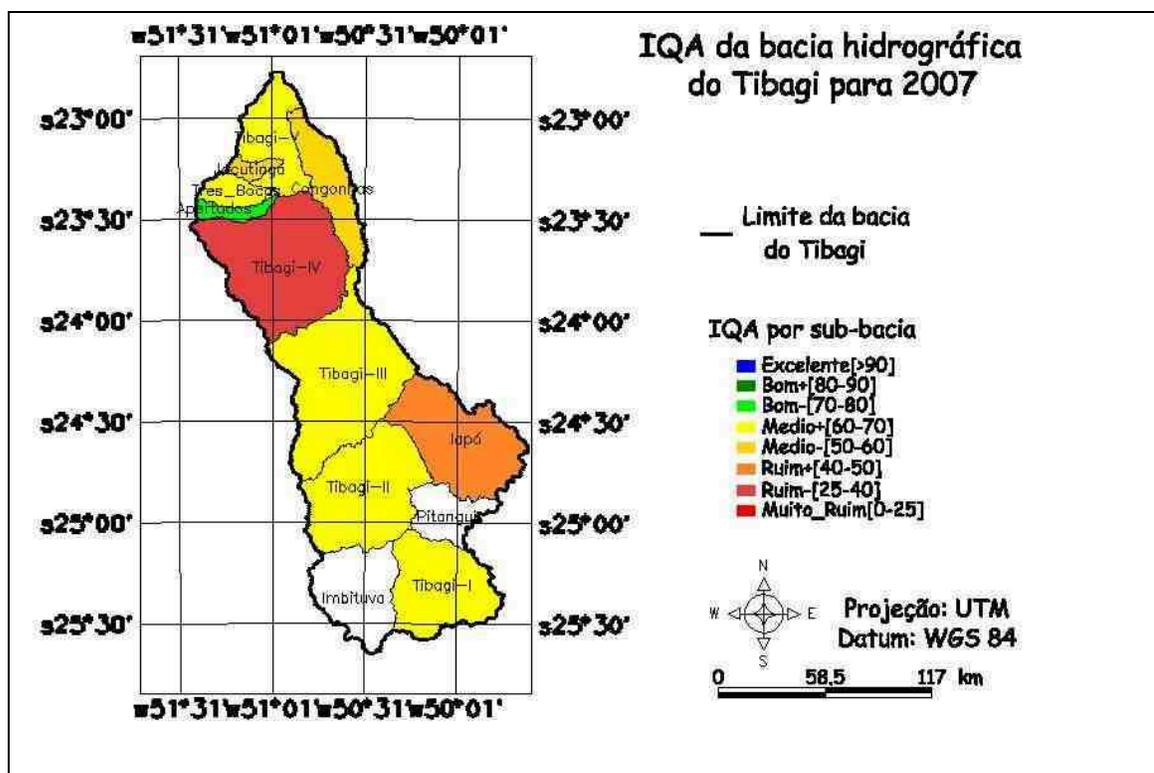


FIGURA 21. Mapa representativo do IQA para 2007

Em relação à SB-07, observou-se diminuição progressiva dos valores de IQA ao longo dos períodos. Essa redução pode estar relacionada à industrialização de algumas cidades pertencentes a sub-bacia, tais como: Assaí, Apucarana, Califórnia, Londrina, Marilândia do Sul, Mauá da Serra, Nova Santa Barbara, Ortigueira, Santa Cecília do Pavão Sapopema, São Jerônimo da Serra, São Sebastião da Amoreira e Tamarana. Além disso sugere-se que a diminuição pode ser em decorrência de algum risco pontual ou erro na leitura de coleta dos parâmetros iniciais utilizados na determinação do IQA.

## 8 CONCLUSÕES

Com as metodologias utilizadas neste trabalho, foi possível verificar as características da bacia hidrográfica do rio Tibagi e confrontar com os dados obtidos da qualidade da água, consolidando os resultados e possibilitando sugerir as possíveis causas.

As principais conclusões levantadas no desenvolvimento deste trabalho foram:

- A BHT, devido sua extensão, possui características fisiográficas diferenciadas, que interferem nos processos de infiltração e escoamento da água, contribuindo para determinação da qualidade da água;
- As técnicas de Sensoriamento Remoto aplicadas para a obtenção de mapas temáticos mostraram-se eficientes para a escala de estudo proposta de 1:250.000;
- A divisão da BHT em sub-bacias permitiu a distribuição das estações fluviométricas, facilitando a integração dos dados, e a determinação do IQA. Assim foi possível destacar as áreas emergenciais a ser realizado Planejamento dos Recursos Hídricos em escala regional;
- O quinquênio referente ao período de 1987 apresentou poucas variações nos valores de IQA entre as sub-bacias;
- A BHT apresentou um IQA considerado bom, no início do estudo referente ao período 1987;
- No quinquênio 2 houve melhoria do IQA nas sub-bacias SB-11 e SB-12, com mudança na faixa de IQA quantitativo;
- Tem-se no quinquênio 3 de 1991, o período em que as sub-bacias apresentaram equivalência de índices, sendo que foram todas classificadas qualitativamente na faixa de 70 a 80 de IQA;
- Em todos os quinquênios, a sub-bacia Tibagi IV (SB-07) apresentou menor valor de IQA, e com classificação ruim;
- Apesar de a bacia Tibagi IV (SB-07) apresentar diminuição progressiva do IQA, a disparidade dos valores no último quinquênio em relação ao anterior é muito elevada, sugerindo-se que para este caso pode ser uma variável de risco pontual;
- Nenhuma das bacias apresentou IQA na faixa de ótimo, nem muito ruim, oscilando entre 50 e 80 no valor de IQA, com exceção da SB-07;

- Os dados trabalhados e discutidos neste estudo serão utilizados, juntamente com dados de uso de solo para elaboração de relatório de Qualidade da água da BHT sob a influência de diferentes usos de solo, nos quinquênios determinados;
- A modelagem de BDG para monitoramento dos valores de IQA é uma ferramenta que correlaciona e representa qualitativamente os dados, e mostrou-se funcional, facilitando a leitura e compreensão dos dados;
- O BDG pode ser utilizado tanto no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, quanto para divulgação de informações de forma clara para os grupos interessados;

Frente aos resultados e conclusões obtidas, é possível verificar as sub-bacias que apresentaram acentuadas variações no Índice de Qualidade da Água – IQA, sugerindo que a partir do conhecimento destes resultados haja a realização de estudo das variáveis que possam interferir no IQA, e realização de Plano de Gerenciamento dos recursos Hídricos em escala Regional e Local.

## REFERÊNCIAS

ALBERTIN, L. L. **Proposta de gerenciamento da qualidade hídrica superficial baseada na otimização multiobjetivo.** 2008. 189 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

BASTOS, G. **Estruturação de Banco de dados a partir do mapeamento geotécnico aplicado à região de Ribeirão Preto – SP.** Tese (Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG: Novos sistemas sensores: Métodos inovadores.** 2 ed. São Paulo, Oficina de textos, 2007.

BERNARDES, George de Paula. **Monitoramento de pequenas bacias hidrográficas no médio Vale do rio Paraíba do sul.** In: PAIVA, João Batista Dias de; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro et alii (orgs.). Monitoramento de bacias hidrográficas e processamento de dados. Vol. 1. São Carlos, São Paulo: Rima, 2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo.** São Paulo: Ícone, 1990.

BIONDI, Michelli Miranda. **Utilização do sensoriamento remoto na avaliação das características limnológicas do reservatório de Itaparica, no sub-médio rio São Francisco.** Recife, 2006. 47p. Dissertação Mestrado - UFPE.

BRASIL. (2005). Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA **Resolução nº357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu.** 1. ed. São Carlos: Rima Editora, 2003.

CALIJURI, M. C.; DEBERDT, G. L. B.; MINOTI, R. T. **A produtividade primária na represa de Salto Grande.** In: HENRY, R. (Ed.). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: FAPESP/ FUNDIBIO, 1999.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio V.; PAIVA, João Argemiro; D'ALGE, Júlio Cesar L. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações.** 1999. Disponível in: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Com acesso em 20 de março de 2008.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M. & TORNISIELO, V. L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água.** Química Nova, 2000. 23(5):618-622.

CASANOVA, M.; CÂMARA, G. DAVIS, C.; VINHAS, L. & QUEIROZ G. R. **Banco de Dados Geográficos**. Editora MundoGEO. 2005. 506 p.

COELHO NETO, A. L. **Hidrologia de encosta ma interface com a geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1994.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Variáveis de qualidade das águas: Demanda Bioquímica de Oxigênio**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. com Acesso em 10 de julho de 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2001**. .Estado de São Paulo. Série Relatórios. São Paulo-SP, 2001.

CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Normativa Nº 357 / 2005**.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Revisão da Divisão de Queda do Trecho Médio do Rio Tibagi**. Curitiba, 1997.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência:FINEP, 1988.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Relatório 1. PNMA II. . Minas Gerais, SEMAD, 2005.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambiental**. Oficina de Textos. 2002. 97 p

GIOMETTI, Analúcia Bueno dos Reis. **As condições ambientais da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos e sua inserção no Município de Torrinha**. Torrinha, SP: Prefeitura Municipal de Torrinha, 1999.

GRANEL DEL PÈREZ, M. del C. **Trabalhar geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2ª ed., 2001.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão de Águas. **Sistema de Cálculo de Qualidade da Água (SCQA) - Estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. IGAM, Belo Horizonte, 2005. 16pp.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais na Bacia do Rio São Francisco Norte em 2006**. Relatório Anual - Belo Horizonte: 2007.

JUCHEM, Peno Ari. **A questão ambiental**. In: PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. MAIA - Manual de Avaliação de Impactos Ambientais. 3. ed. Curitiba: SEMA/IAP/GTZ, 1999.

LEONARDO, Hudson Carlos Lissoni. **Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo Cue, região oeste do estado do Paraná**. Piracicaba, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Dissertação. 2003.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Livraria José Olympio Editora, 2ª ed., Rio de Janeiro-RJ, 2002.

MAGALHÃES, P. C. **Hidrologia superficial**. ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 2. 1989.

MENDONÇA, F. de A & DANNI-OLIVEIRA I. M. **Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi**. In: A Bacia do Rio Tibagi. MEDRI, M. E. Londrina, 2002.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3 ed. Atual. Ampl. Viçosa: UFV, 2005.

NOVO, E. M.; BRAGA, C. Z. F. **Segundo relatório do projeto sensoriamento remoto de sistemas aquáticos**. Convênio CRHEA/USP-INPE/MCT. São José dos Campos, 1995.

ODUM, E. P.. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

PRADO, R.B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos Hídricos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada. Tese de doutorado. São Carlos 2004.

PINHEIRO, Mariana R. C. ; SILVA, Felipe Eliakim; PRIOSTE, Mauro; FERREIRA, Maria Inês Paes. **Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Macaé e aplicação do Índice de qualidade de água**. Disponível em: [www.cefetcampos.br/observatorioambiental/publicacoes-cientificas/mjhh/II%20SIMPOSIO%20DE%20RH%20-%20RJ\\_2008.pdf](http://www.cefetcampos.br/observatorioambiental/publicacoes-cientificas/mjhh/II%20SIMPOSIO%20DE%20RH%20-%20RJ_2008.pdf). Com acesso em 23 de outubro de 2008.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**. Divisão de Sensoriamento Remoto. Disponível em: [http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/senso\\_aplic\\_rec\\_natur.htm](http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/senso_aplic_rec_natur.htm). Com acesso em: 22 de fevereiro de 2008.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA, 2003..

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

SOARES, Francisco Striquer. **A Diversidade Biológica da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi**. Disponível em: <http://www.geocities.com/RainForest/1743/dora8.htm>. com acesso em: 15 de abril de 2008.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. Divisão de Sensoriamento Remoto. Disponível em: <http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/inntrodsensoriamentoremoto.htm>. Com acesso em: 20 de fevereiro de 2008.

SONODA, Khatia Cristina. **Relação entre uso da terra e composição de insetos aquáticos em quatro bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. Piracicaba, Escola superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. 2005. 124p. (Tese) doutorado. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-17102006-164011/>. Com acesso em: 10/02/2008.

STIPP, N.A.F (org.) **Macrozoneamento Ambiental da bacia hidrográfica do rio Tibagi - PR**. Londrina, Ed. UEL, 2000.

SUDERHSA, Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Agência de Bacia do rio Tibagi. **Bacia do rio Tibagi**. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/meioambiente/riotibagi/bacia.shtml>. Com acesso em: 15 de jan. de 2008.

TEIXEIRA, A. L. A. & CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de informação geográfica: dicionário ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997.

TOLEDO André Marcondes Andrade; BALLESTER, Maria Vitória Ramos. **Variabilidade espaço-temporal do uso e cobertura do solo e a qualidade da água em duas microbacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP. Anais X SBSR, Foz do Iguaçu, 21-26 abril 2001, INPE, p. 543-545.

TOREZAN, J.M. D. **Nota da bacia do rio Tibagi**. In: A Bacia do Rio Tibagi. MEDRI, M. E. Londrina, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade/UFRGS. ABRH, 1997.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

VIANI Ricardo Augusto Gorne; VIEIRA Ana Odete Santos. **Flora arbórea da bacia do rio Tibagi (Paraná, Brasil): Celastrales sensu Cronquist**. Acta Bot. Bras. [periódico na Internet]. 2007 Jun [citado 2008 Maio 08] ; 21(2): 457-472. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062007000200019&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062007000200019&lng=pt&nrm=iso). doi: 10.1590/S0102-33062007000200019

ZIMMERMANN, C. M. ; GUIMARAES, O. M. ; ZAMORA, P. P. . **Avaliação da qualidade do corpo hídrico do rio Tibagi na região de Ponta Grossa utilizando análise de componentes principais (PCA)**. Química Nova (Online), 2008. ; ISSN/ISBN: 1678064. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2008/vol31n7/24-AR07613.pdf>. Com acesso em: 28 de setembro de 2008.

## **ANEXOS**

**SUBBACIA 01 – MÉDIA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C. Fecais
64447000	1982	18,90909	6,372727			6,528182				
64447000	1983	23	6,7	59	1	7,2425	99,75	0,085	0,6275	15351,23
64447000	1984	18,25	7,075	27,25	1,25	7,66	63,25	0,03575	0,295	283
64447000	1985	22	7,35	22,56667	1	8,4	70,83333	0,045	0,43	226,5132
64447000	1986	18,5	7,2	65,25	1	7,936667	119,8333	0,069507	0,781667	4268
64447000	1987	18,4	7,09	21,58	1	7,686	85,9	0,0429	0,578	9121

**SUBBACIA 01 - MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64447000	1988	17	7,4	9,5	3	8,9	40	0,021	0,14	17
64447000	1988	17	7,4	9,5	3	8,9	40	0,021	0,14	17
64447000	1988	24	7	43	1	7,36	70	0,037	0,94	90000
64447000	1988	22	6,6	25	1	7,3	151	0,05	0,3	
64447000	1989	19	7,2	12	4	8	102	0,026	0,25	1300
64447000	1989	21	5,1	12	1	6,56	82	0,023	0,45	
64447000	1989	19	7,2	12	4	8	102	0,026	0,25	1300
64447000	1989	18	6,9	25	2	6,8	35	0,042	0,26	
64447000	1990	22	6,4	13	1	6,46	34	0,03	0,2	33
64447000	1990	11	6,4	22	1	7,18	60	0,033	0,25	110
64447000	1990	22	6,4	13	1	6,46	34	0,03	0,2	33
64447000	1990	11	6,4	22	1	7,18	60	0,033	0,25	110
64447000	1991	15	6,9	12	2	8,98	53	0,048	0,31	17
64447000	1991	19	7,4	18	1	7,42	95	0,093	0,5	130
64447000	1991	19	6,5	64	1	6,54	136	0,105	0,5	800
64447000	1991	15	6,9	12	2	8,98	53	0,048	0,31	17
64447000	1991	20	6,9	28	1	7,48	151	0,079	0,24	
64447000	1991	19	7,4	18	1	7,42	95	0,093	0,5	130
64447000	1991	19	6,5	64	1	6,54	136	0,105	0,5	800
64447000	1992	17	5,7	11	1	7,26	50	0,048	0,26	800
64447000	1992	22	5,9	26	3	7,62	139	0,08	0,14	230
64447000	1992	17	5,7	11	1	7,26	50	0,048	0,26	800
64447000	1992	22	5,9	26	3	7,62	139	0,08	0,14	230

**SUBBACIA 01 - MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NitroG Total	C.Fecais
64447000	1994	21	7,1	21	2	7,68	117	0,031	0,14	220
64447000	1995	17	7	13	1	8,06	112	0,022	0,31	50
64447000	1996	16,58333	6,8	19,33333	2,33333	7,566667	37	0,052333	0,295	363,333

**SUBBACIA 01 - MÉDIA IQA 2002**

Estacao	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N.Total	C.Fecais
64447000	1997	19,14286	6,62857 1	16,71429	2	7,14	54,2857 1	0,074	0,37333 3	173,3333
64447000	1998	17,85714	6,87142 9	21,57143	1	7,491429	59,5714 3	0,056571	0,21666 7	457,3333
64447000	1999	18,5	7,18	13,5	4	8,272	80,4	0,0524	0,82	100
64447000	2000	16,2	6,66	42,4	1,52	6,94	98,2	0,0964	1,03	4020
64447000	2001	18	7,7	25	2	7,8	91	0,109	0,92	20
64447000	2002	17	7,5	17	2,2		37	0,066		

**SUBBACIA 01 - MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N.Total	C.Fecais
64447000	2004	14	7,3	140	9,1	7,2	86	0,076	0,64	2200
64447000	2005	20	7,333333	29,66667	2	7,393333	53,66667	0,062	0,856667	3253,333
64429000	2003	21,33333	5,366667	16	6	8,466667	38,33333	0,22	0,44	3074,667
64429000	2005	17,75	7,5	15,625	2,125	8,825	41,25	0,04775	0,82	17250

**SUBBACIA 03 - MÉDIA IQA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N.Total	C.Fecais
64453000	1984	20	6,1	175	5	7,76	475	0,16	3	700000
64453000	1985	20,5	7,2	49,55	2	7,24	989,5	0,02	1,55	70115
64453000	1986	22	7,25	23,45	1,5	7,81	76,5	0,1365	1,4	2850

**SUBBACIA 03 - MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N.Total	C. Fecais
64447500	1993	20	7	6,6	1	8,26	51	0,017	0,1	13
64447500	1994	17,66667	7,0333	24,333	1,33333	7,946666	69,66667	0,029667	0,666667	1033,333

**SUBBACIA 03 - MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N.Total	C.Fecais
64447500	1997	14,33333	7,166667	17	1,666667	8,873333	65,33333	0,051667	0,726667	633,3333

**SUBBACIA 03 - MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecaiss
64447500	1993	20	7	6,6	1	8,26	51	0,017	0,1	13
64447500	1994	17,66667	7,033333	24,33333	1,333333	7,946666	69,66667	0,029667	0,666667	1033,333
64447500	1997	14,33333	7,166667	17	1,666667	8,873333	65,33333	0,051667	0,726667	633,3333
64453000	1984	20	6,1	175	5	7,76	475	0,16	3	700000
64453000	1985	20,5	7,2	49,55	2	7,24	989,5	0,02	1,55	70115
64453000	1986	22	7,25	23,45	1,5	7,81	76,5	0,1365	1,4	2850

**SUBBACIA 04 - MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecaiss
64465000	1988	12	6,9	8,5	1	10,28	23	0,018	1,29	3000
64465000	1988	18	7,1	13	2	7,56	122	0,035	0,44	
64465000	1988	21	6,4	26	2	8,44	91	0,059	0,66	5000
64465000	1988	18	6,7	60	1	8,64	248	0,117	0,66	17000
64465000	1989	20	7,2	12	1	8,5	29	0,003	0,42	11000
64465000	1989	16	7,1	12	1	9,8	42	0,016	0,02	3000
64465000	1989	16	7,4	4,5	2	10,7	50	0,018	0,28	14000
64465000	1989	22	7,5	8,5	3	9	56	0,023	0,49	3000
64465000	1989	17	7	15	2	8,6	42	0,03	0,05	1300
64465000	1989	18	5,7	27	1	8,6	73	0,051	0,27	2300
64465000	1989	23	6,6	30	1	7,4	47	0,065	0,22	
64465000	1989	17	6,7	32	5	8,8	128	0,085	0,66	17000
64465000	1989	17	6,5	48	6	8,7	86	0,18	1,06	11000
64465000	1989	16	7,4	4,5	2	10,7	50	0,018	0,19	14000
64465000	1989	22	7,5	8,5	3	9	56	0,023	0,36	3000
64465000	1989	22	7,1	22	1	7,42	90	0,05	0,46	7000
64465000	1989	18	5,7	27	1	8,6	73	0,051	0,18	2300
64465000	1990	23	6,5	16	1	7,94	98	0,044	0,51	2800
64465000	1990	18	7,1	68	1	7,38	129	0,134	0,74	8000
64465000	1990	22	7,1	128	1	7,02	221	0,276	1,39	2300
64465000	1990	23	6,5	16	1	7,94	98	0,044	0,34	2800
64465000	1991	23	7	6,7	2	7,44	80	0,053	0,24	24000
64465000	1991	13	7	16	1	9,62	42	0,057	0,33	7000
64465000	1991	23	7,1	24	1	9,16	115	0,075	0,48	800
64465000	1991	24	7,2	3,8	2	7,26	41	0,08	0,25	22
64465000	1991	25	7	7	1	7,84	221	0,108	0,62	3000
64465000	1992	20	6,1	13	3	7,8	56	0,062	0,37	800
64465000	1992	22	6,3	7,3	11	7,86	166	0,16	0,8	160000

**SUBBACIA 04 - MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	N Total	C Fecais
64460000	1994	21	7,3	20	2	8,4	106	0,014	0,14	48
64460000	1995	15	7,3	4,5	1	8,7	71	0,022	0,12	11
64460000	1996	19,5	7,225	6,675	2,25	9,18	39	0,0185	0,495714	427,5
64465000	1993	26,5	7,1	56,5	4	7,33	104,5		1,28	30
64465000	1994	16,61538	7,115385	17,82308	3,615385	8,813846	56,23077	0,040692	0,314615	596,3333
64465000	1995	24	7,6	17	2	8,04	126	0,01		
64465000	1996	20,3913	7,256522	21,1087	2,391304	8,781818	174,3043	0,070304	0,563182	2621,545

**SUBBACIA 04 - MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64460000	1997	19,33333	7,4	15,66667	1	9,58	69	0,048	0,47	6
64460000	1998	18	7,25	7	1	9,425	37	0,01475	0,16	2
64460000	1999	16	7,3	5,216667	1	9,171429	73,14286	0,017429	0,186667	33,57143
64460000	2000	17	7,24	10,8	1,28	9,4	41	0,0428	0,81	45
64465000	1997	18,25	6,9	24,575	1	8,57	78,25	0,07425	0,564	2928
64465000	1998	19,25	7,05	31	1,5	8,47	79	0,07425	0,45	955,5
64465000	1999	19,33333	7,233333	11,25	1,666667	9,133333	52	0,041667	0,62	4
64465000	2000	21,8	7,22	11,42	1,51	8,43	76,7	0,0966	1,466667	2813
64465000	2001	20,83333	7,05	51,5	2	8,083333	92,66667	0,075167	1,2	1300
64465000	2002	17	7,7	28	2	9,04	76	0,052		

**SUBBACIA 06- MÉDIA IQA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64491000	1987	22,66667	6,933333	20,13333	5	7,906667	72,66667	0,036333	0,72	98

**SUBBACIA 06- MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.fecais
64491000	1988	10	6,9	11	2	10,6	55	0,036	0,78	2800
64491000	1988	19	7,5	9,5	2	8,14	116	0,038	0,57	50
64491000	1988	13	7,2	22	1	10,32	96	0,046	0,9	5000
64491000	1988	29	6,7	2,9	1	7,56	63	0,05	0,21	30
64491000	1988	19	7,5	18	1	7,44	84	0,071	0,48	240000
64491000	1990	22	7,3	14	1	7,64	78	0,037	1,02	1100
64491000	1990	18	7,1	23	1	9,52	90	0,044	0,47	3000
64491000	1990	13	6,8	15	1	10,4	84	0,05	0,34	800
64491000	1990	17	7,4	25	1	11,24	131	0,063	1,02	230
64491000	1991	18	7,4	9,3	2	8,26	104	0,038	0,32	300
64491000	1991	25	7,05	11,85	1,5	8,35	89,5	0,048	0,56	305
64491000	1991	24	7,1	5	1	8,48	55	0,053	0,75	23

64491000	1992	20	6,4	36	1	8,92	61	0,089	0,49	130
64501000	1988	23	7,2	6,5	2	8,82	73	0,053	0,64	13
64501000	1988	25	7	22	2	7,82	135	0,055	0,93	30
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	1,05	220
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	0,7	0,22
64501000	1988	14	7	8	1	9,74				22
64501000	1988	23	7,2	6,5	2	8,82	73	0,053	0,43	13
64501000	1988	25	7	22	2	7,82	135	0,055	0,62	30
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	0,7	220
64501000	1989	25	7,2	43	1	7,9	100	0,107	0,86	5000
64501000	1989	21	7	18	2	12	49	0,047	0,46	
64501000	1989	17	6,1	54	2	9,6	110	0,104	0,58	
64501000	1989	25	7,2	43	1	7,9	100	0,107	0,57	5000
64501000	1990	18	6,9	30	1	9,06	61	0,077	0,84	170
64501000	1990	18	6,9	30	1		61	0,077	0,55	170
64501000	1990	16	6,7	52	2		103	0,108	0,69	50000
64501000	1991	21	7,7	5,3	3	7,56	33	0,071	0,75	8
64501000	1991	28	7,2	34	1	7,56	110	0,088	0,66	2300
64501000	1991	15	7,2	21	1	8,06	66	0,063	0,34	
64501000	1991	21	7,6	5,05	2	8,48	112,5	0,071	0,45	8
64501000	1991	28	7,2	34	1	7,56	110	0,088	0,44	2300
64501000	1992	19	6,3	27	6	9,74	102	0,12	0,38	1700
64501000	1992	22	6,4	52	3	7,94	125	0,147	0,56	800

**SUBBACIA 06- MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64491000	1994	16,5	7,15	63	2	6,83	71	0,1005	0,675	390
64482000	1996	26	7	17	1	8,9	62	0,052	0,48	500

**SUBBACIA 06- MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
		24,3333						0,09366	0,93666	
64482000	1997	3	6,966667	24,66667	2	9,593334	78,66667	7	7	360
64482000	1998	22,5	7,175	36,75	2	9,135	75,25	0,086	0,435	2024
64482000	1999	19	7,3	28	1	9,38	37,5	0,057	0,97	425
64482000	2000	24	7,3	20	1	9,5	65	0,097	0,72	13000

**SUBBACIA 06- MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64482000	2003	20,5	7,4	23,75	2,5	8,1	33,5	0,051	0,67	260
64482000	2005	25	7,45	36,5	3	8,79	82,5	0,073	0,8	7500

**SUB-BACIA – 07 MÉDIA IQA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64501950	1982	21,5	7,25	124	1	8,37	420	0,07	0,85	1151
64501950	1984	23	7,5499995	68,5	1	9,13	158	0,095	1,01	1200
64501000	1981	21,375	7,12499988			8,225				
64501000	1982	22,66667	7,01666657			7,866667				
64501000	1983	21,66667	6,15000019	63,16667	2,666667	8,351667	217,8333	0,149667	0,581667	54420,4
64501000	1984	22	7,5499995	27,75	1,25	8,365	58	0,036	0,1805	18575
64501000	1985	22,4	7,62000008	16,14	1,666667	8,124	108,6667	0,042	0,306667	579,8
64501000	1986	22	7,47999992	44	1,5	8,492	50			519,2
64501000	1987	21,28571	7,22857148	37,54286	1,285714	8,434286	94,57143	0,038857	0,292857	57,66667
64500000	1984	21,5	7	31	1	7,64	90	0,065	0,83	645

**SUB-BACIA – 07 MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64501000	1988	23	7,2	6,5	2	8,82	73	0,053	0,64	13
64501000	1988	25	7	22	2	7,82	135	0,055	0,93	30
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	1,05	220
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	0,7	0,22
64501000	1988	14	7	8	1	9,74				22
64501000	1988	23	7,2	6,5	2	8,82	73	0,053	0,43	13
64501000	1988	25	7	22	2	7,82	135	0,055	0,62	30
64501000	1988	24	6,4	27	2	8,7	77	0,072	0,7	220
64501000	1989	25	7,2	43	1	7,9	100	0,107	0,86	5000
64501000	1989	21	7	18	2	12	49	0,047	0,46	
64501000	1989	17	6,1	54	2	9,6	110	0,104	0,58	
64501000	1989	25	7,2	43	1	7,9	100	0,107	0,57	5000
64501000	1990	18	6,9	30	1	9,06	61	0,077	0,84	170
64501000	1990	18	6,9	30	1		61	0,077	0,55	170
64501000	1990	16	6,7	52	2		103	0,108	0,69	50000
64501000	1991	21	7,7	5,3	3	7,56	33	0,071	0,75	8
64501000	1991	28	7,2	34	1	7,56	110	0,088	0,66	2300
64501000	1991	15	7,2	21	1	8,06	66	0,063	0,34	
64501000	1991	21	7,6	5,05	2	8,48	112,5	0,071	0,45	8
64501000	1991	28	7,2	34	1	7,56	110	0,088	0,44	2300
64501000	1992	19	6,3	27	6	9,74	102	0,12	0,38	1700
64501000	1992	22	6,4	52	3	7,94	125	0,147	0,56	800

**SUB-BACIA – 07 MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64501000	1993	18	7,1	30	2	8,76	105	0,101	0,97	
64501000	1994	20	7,4	12,5	2	7,6	51	0,0565	0,4375	400

**SUBBACIA – 07 MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64501000	1997	18	7,15	7,5	3,5	8,93	46,5	0,0235	0,5975	180
64501000	1998	21,46154	7,157143	35,78571	1,857143	7,921428	104,7857	0,098214	0,616667	402,8571
64501000	1999	22,75	7,8	7,85	2,25	9,33	58,5	0,041714	1,44	18,5
64501000	2000	23,625	7,6	17,14286	1,371429	7,842857	49,66667	0,062286	0,726667	645,5
64501000	2001	25,33333	7,5	129,3333	4	8	105,3333	0,054333	1,1	1100
64500000	2000	21	7,1	19	1	9,5	84	0,074	1,4	600
64500000	2001	17	6,9	120	7,4	7,6	175	0,297	2	50000

**SUB-BACIA – 07 MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64501000	2003	21	7,75	17,5	2	8,1	76,5	0,033	0,58	95
64504100	2005	16	7,1	600	20	7,52	679	1,2	4,6	300000
64500000	2004	19	7,6	66	3	7,8	67	0,092	0,52	2300

**SUBBACIA – 08 MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	CFecais
64504450	2002	19,5	7,05	15	3,5	7,5	60	0,125	0,41	1259,6
64502000	1997	18	7,2	32	4	9,02	107	0,123	1,08	3000
64502000	2000	23,5	7,7	32	1,6	8,05	148,5	0,1205	1	1000
64502000	2001	28	8,2	13	2	8,9	56	0,017	0,3	1500

**SUBBACIA – 08 MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64504450	2003	18,5	7,4	11	5,5	7,75	55	0,055	0,2	256
64502000	2003	16	7,7	15	2	8,5	110	0,017	0,7	170

**SUBBACIA 09 - MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp Amostra	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64504581	1998	20,33333	7,3	11	2,333333	8,04	75	0,128	0,796667	253,3333
64504581	1999	23	7,2	6,1	2	8,8	74	0,177	1,02	130
64504581	2000	22	7,3	7,7	3	7,5	134	0,317	1,2	200
64504581	2001	15	7,1	13	2	8,8	93	0,15	0,72	220
64504591	2000	24	7,5	20	1,4	8,2	207	0,136	2,2	800
64504591	2001	16	7,4	16	2	8,7	94	0,037	0,24	40

**SUBBACIA 09 - MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol.Totais	Fosfato		
								Total	NTotal	C.Fecais
64504581	2003	16	7,4	8,2	4	7,8	95	0,062	0,5	40
64504591	2005	16	7,7	20	3	8,52	86	0,035	0,4	8000

**SUBBACIA 11 – MÉDIA IQA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64508500	1984	25,66667	7,76	28,4	1	6,045	121,6	0,08525	0,5375	83666,67
64508500	1985	23	7,74	65,38	1,4	8,216	169,4	0,1052	0,6	57800
64508500	1986	21,2	7,62	43,432	2,2	7,188	254,6	0,1652	0,872	36740
64508500	1987	21,26667	7,4833	22,7	1,33333	8,74	171,6667	0,043333	0,55	91833,33

**SUBBACIA 11 – MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64508500	1988	18	6,8	18	1	10,2	100	0,019	0,38	35000
64508500	1988	24	6,4	17	1	8,64	66	0,05	0,6	50000
64508500	1988	24	7,9	17	1	8,46	144	0,051	0,28	17000
64508500	1988	24	7,2	43	1	3,81	154	0,166	0,76	130000
64508500	1989	20	7,9	18	2	9	65	0,412	0,59	8000
64508500	1989	21	7,7	15	1	9	81	0,028	0,04	
64508500	1989	17	7,7	46	2	9,7	114	0,074	0,58	14000
64508500	1989	26	7,8	68	1	7,78	124	0,179	0,49	240000
64508500	1989	20	7,9	18	2	9	65	0,412	0,39	8000
64508500	1990	17	7,2	32	1	8,8	109	0,105	1	30000
64508500	1990	19	7,5	18	1	7,86	97	0,053	0,38	
64508500	1990	17	7,2	32	1	8,8	109	0,105	0,67	30000
64508500	1991	21	7,7	5,4	2	8,08	43	0,04	0,24	3000
64508500	1991	19	7,7	13	1	9,2	81	0,044	0,36	500
64508500	1991	25	7,5	21	1	8,14	91	0,072	0,49	90000
64508500	1991	23	7,6	50	2	7,32	123	0,092	0,39	1700
64508500	1991	19								500
64508500	1991	21	7,7	5,4	2	8,08	43	0,04	0,16	3000
64508500	1991	25	7,5	21	1	8,14	91	0,072	0,33	90000
64508500	1991	23	7,6	50	2	7,32	123	0,092	0,26	1700
64508500	1992	18	7,6	82	3	9,16	295	0,196	0,64	11000
64508500	1992	25	6,7	95	2	8	287	0,348	1,49	130000
64508500	1992	18	7,6	82	3	9,16	295	0,196	0,43	11000
64508500	1992	25	6,7	95	2	8	287	0,348	0,99	130000

**SUBBACIA 11 – MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64508500	1993	21,33333	7,5	58,33333	4	7,726667	102	0,272	2,675	83333,33
64508500	1994	25	7,5	55	3,166667	7,2	198,4	0,0995	0,612	3966
64508500	1995	23	7,74	46,1	1,8	8,09	170	0,13225	0,8	942,6667

**SUBBACIA 11 – MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64508500	1997	18,1666	7,46666	19,6666	1,66666	8,68666	119	0,05	0,28666	1369,66
64508500	1998	21	7,511111	45,11111	1	8,362222	120,1111	0,095	0,297778	2625
64508500	1999	23	8	9,68	1,4	10,42	68,4	0,0452	0,72	2440
64508500	2000	25,2	8,1	6,7	1,46	8,04	79,6	0,0436	0,58	1820
64508500	2001	24	7,55	49,5	2	8,2	125,5	0,102	0,84	3000

**SUBBACIA 11 – MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64508500	2003	21,5	7,65	164	2	7,4	189,5	0,2625	1,12	4000
64508500	2005	19	7,85	24,5	2,9	7,91	92	0,32	0,71	43500

**SUBBACIA 12 – MÉDIA IQA 1987**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64507100	1984	20	6,7	25	7	8,16	188	0,4	7	49000
64507000	1987	23	7,46666	28,7333	1,666667	7,766667	120,3333	0,085	0,646667	30543,33

**SUBBACIA 12 – MÉDIA IQA 1990**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64507000	1989	28	7,5	20	1	8,02	140	0,001	0,36	7000
64507000	1989	20	7,3	22	3	9,3	50	0,038	1,01	1300
64507000	1990	17	7,1	26	1	9,7	115	0,078	0,35	8000
64507000	1991	25	7,4	5,9	5	10,08	76	0,015	0,35	1100
64507000	1991	26	7,4	26	2	7,74	182	0,046	0,09	500
64507000	1992	24	7	120	17	7,52	320	0,045	1,36	7000
64507000	1992	16	6,8	33	6	10,08	146	0,147	0,87	23000
64507100	1990	17	7	22	1	9,58	140	0,076	0,5	1100

**SUBBACIA 12 – MÉDIA IQA 1996**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64507000	1993	19	7,3	24	3	8,52	37	0,02	0,55	1700
64507000	1994	28	7,9	10	2	8,76	25	0,024	0,75	5000
64507000	1995	22	8	4,4	2	9,14	28	0,023	0,45	170
64507000	1996	19,33333	7,5	28,16667	2,666667	9,653333	74,33333	0,043333	0,733333	416,6667

**SUBBACIA 12 – MÉDIA IQA 2002**

Estação	Ano	Temp.	pH	DBO	OD	Sol Totais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64507100	2000	23	7,6	1,7	8,2	148	0,091	0,94	300
64506000	1998	19,625	7,377778	1,5	8,286667	94,8	0,0354	0,9	1750
64506000	1999	20,66667	7,64	2,6	8,8	48	0,0625	0,54	100
64506000	2000	20,8	7,55	2,35	6,0825	81	0,052	0,635	1585
64506000	2001	19,66667	7,366667	2	8,533333	39	0,08	1	110

**SUBBACIA 12 – MÉDIA IQA 2007**

Estação	Ano	Temp.	pH	Turbidez	DBO	OD	SolTotais	Fosfato Total	NTotal	C.Fecais
64507100	2003	15	7,6	22	2,4	8,2	147	0,046	0,36	110
64507100	2005	26,5	7,85	28	2,65	8,32	113,5	0,0495	0,82	21500
64506000	2005	26	7,8	22	3,3	7,4	80	0,07	0,8	3000