



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

**GELSY WANI PEDRINI SOARES GONÇALVES**



---

Londrina  
2008

**GELSY WANI PEDRINI SOARES GONÇALVES**

**URBANIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA:  
MONITORAMENTO EM LAGOS URBANOS DE LONDRINA-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientadora: Profa. Yoshiya NaKagawara  
Ferreira

Londrina  
2008

**Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

G635u Gonçalves, Gelsy Wani Pedrini Soares.

Urbanização e qualidade da água : monitoramento em lagos urbanos de Londrina-PR / Gelsy Wani Pedrini Soares Gonçalves. – Londrina, 2008. 186 f. : il.

Orientador: Yoshiya Nakagawara Ferreira.

Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2008. Inclui bibliografia.

1. Geografia física – Teses. 2. Abastecimento de água nas cidades – Teses. 3. Solo urbano – Uso – Teses. I. Ferreira, Yoshiya Nakagawara. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. III. Título.

CDU 911.2:628.1

**GELSY WANI PEDRINI SOARES GONÇALVES**

**URBANIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA:  
MONITORAMENTO EM LAGOS URBANOS DE LONDRINA-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Yoshiya Nakagawara Ferreira  
Universidade Estadual de Londrina

---

Profa. Dra. Sandra Márcia Cesário Pereira da Silva  
Universidade Estadual de Londrina

---

Prof. Dr. Paulo Fernando Soares  
Universidade Estadual de Maringá

Londrina, 19 de setembro de 2008.

*A meu marido Roberto,  
a minha mãe Gelcy  
Aparecida pela  
paciência que tiveram  
ao longo dos momentos  
que não pudemos  
compartilhar.*

*Ao meu pai Luiz  
Carlos, uma estrela  
no céu a iluminar meu  
caminho.*

## AGRADECIMENTOS

A meus irmãos Luiz Carlos, Tânia Maris e Lincoln Luiz pelo incentivo na realização deste trabalho;

Aos amigos do Mestrado, pela troca de experiências;

À equipe do Laboratório de Pesquisas Urbanas e Regionais, do Departamento de Geociências, da Universidade Estadual de Londrina (UEL), pelo apoio, sempre pronta a ajudar;

Às secretárias da Pós-Graduação, pela cordialidade;

Aos professores do curso de Pós-Graduação, pela dedicação na transmissão de conhecimentos;

Ao Departamento de Geociências, à Universidade Estadual de Londrina, que depois de muitos anos de minha graduação nessa mesma Universidade, possibilitou a realização do curso de Pós-Graduação;

A bibliotecária Fátima Biz, pela atenção;

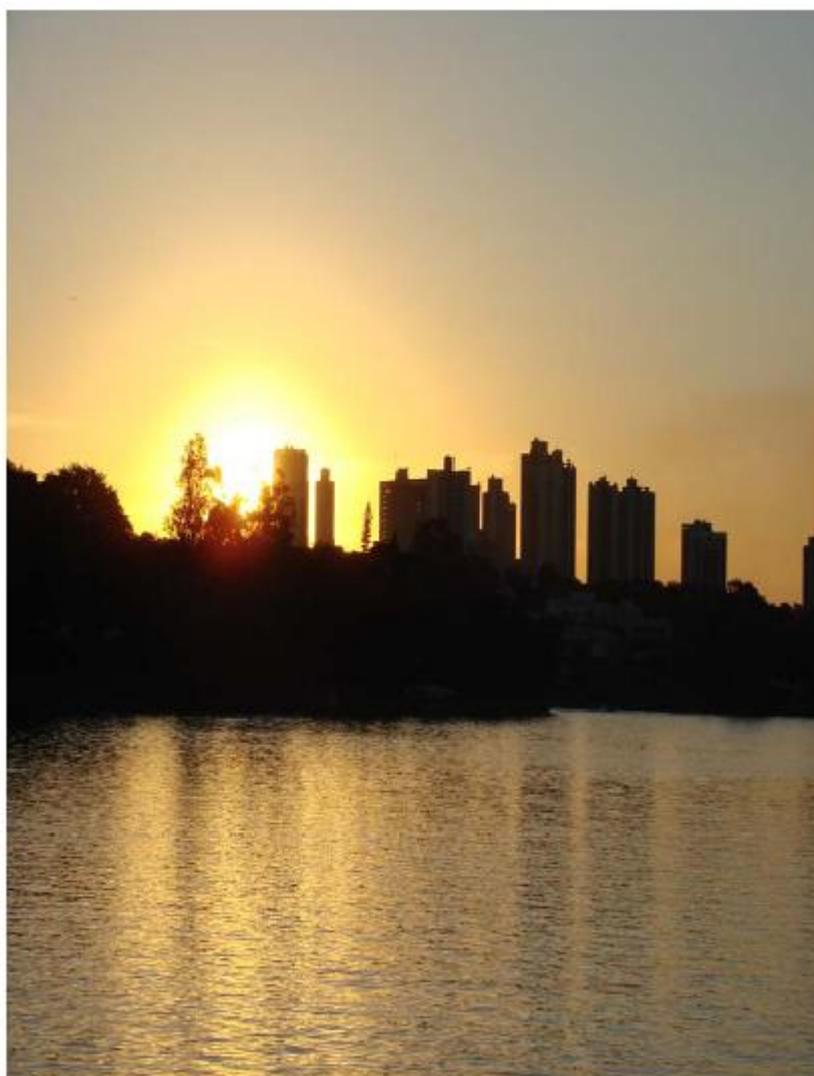
À Profª. Drª. Sandra Cesário Pereira da Silva, pela valiosa contribuição;

Ao Dr. Harry Bollman, pela contribuição imprescindível;

Ao Instituto Ambiental do Paraná, IAP, que proporcionou esta oportunidade de aperfeiçoamento pessoal;

Aos companheiros do Instituto Ambiental do Paraná, funcionários dos laboratórios, a todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial as biólogas Leda Neiva Dias e Ana Carolina;

À Profª. Orientadora Yoshiya Nakagawara Ferreira, pelo apoio, paciência, dedicação, e pelos seus ensinamentos, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.



"A água é o olhar da terra, seu aparelho  
de olhar o tempo".  
Paul Claudel

GONÇALVES, Gelsy Wani Pedrini Soares. **Urbanização e qualidade da água: monitoramento em lagos urbanos de Londrina-PR.** 2008. 191f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## RESUMO

Esta pesquisa centrou-se no conhecimento da ocupação e as formas de uso do solo às margens da Microbacia do Ribeirão Cambé, na cidade de Londrina. O recorte espacial foi avaliar o comprometimento da qualidade da água do Lago Igapó, principal objeto deste estudo. A população urbana de Londrina é de aproximadamente 500.000 habitantes, com cerca de 96% da população concentrada na área urbana. Este trabalho é o resultado da avaliação de dez anos de monitoramento da qualidade da água superficial do Lago Igapó, quatro estações foram localizadas no lago e seis estações localizadas em alguns de seus tributários mais próximos. Foram utilizadas variáveis físicas, químicas e biológicas, que visavam determinar a qualidade da água, através da utilização de Índices de Qualidade, índice de Qualidade de Água de Reservatório - IQAR e Avaliação Integrada da Qualidade da Água - AIQA. Os índices de Qualidade de Água, utilizados apontaram que a qualidade da água dos tributários variou de “Boa” a “Muito Poluída” e a do Lago Igapó variou entre “Moderadamente Degradada” a “Criticamente Degradada”. As concentrações de cargas orgânicas, nutrientes e de coliformes vêm sofrendo incrementos gradativos, decorrentes do aumento de lançamento de esgotos domésticos. Foram registradas baixas concentrações de oxigênio dissolvido, nos tributários e no lago, principalmente no Córrego Leme e no Lago Igapó IV. Devem ser tomadas medidas estruturais de contenção dessas cargas pontuais e não pontuais de poluição, para diminuir a carga afluente ao Lago Igapó, em toda a sua bacia de drenagem, como forma de garantir a qualidade da água para os fins a que se destina. As cargas não pontuais merecem atenção especial, no que se refere a sua identificação, mudanças de práticas de uso da água, seu monitoramento e uso e ocupação do solo.

**Palavras-chave:** Lagos urbanos. Qualidade da água. Monitoramento da Água. Uso e ocupação do solo. Urbanização.

GONÇALVES, Gelsy Wani Pedrini Soares. **Urbanization and water quality: monitoring in urban lakes of Londrina – PR.** 2008. 191p. Dissertation (Master's Degree in Geography, Environment and Development) – State University of Londrina, Londrina, 2008.

### ABSTRACT

This research focused on the occupation of the ground knowledge and the forms of use of the soil at *Ribeirão Cambé* Microbasin riverbank, in the city of Londrina. The purpose was to evaluate the damage caused to the water quality of *Igapó* Lake, the main object of this study. The urban population of Londrina is about 500,000 inhabitants, with 96% of them concentrated in the urban area. This work is the result of the evaluation of a ten-year monitoring concerning the superficial water quality of *Igapó* Lake. Four water treatment plants were located in the lake and six were located in some of its closest tributaries. Physical, chemical and biological variables were used, aiming at determining the water quality through the use of Quality Indexes, Reservoir Water Quality Index – RWQI and Integrated Evaluation of Water Quality – IEWQ. The Water Quality Indexes used, pointed out that the tributaries water quality ranged from “Good” to “Very Polluted” and the water from *Igapó* Lake ranged between “Moderately Degraded” to “Critically Degraded”. Organic charges, nutrients and coliform concentrations have suffered gradual increments from the increase of domestic residences discharge. Low concentrations of oxygen dissolved in tributaries and lakes were registered, especially in the *Leme* Stream and *Igapó* Lake IV. Structural contention measures of these specific pollution charges should be adopted in order to decrease the affluent charge to *Igapó* Lake, in all its drainage basin, as a way of guaranteeing the ultimate purposes of the water quality. Non specific charges deserve special attention, concerning its identification, water use change practices, its monitoring, use and soil occupation.

**Keywords:** Urban lakes. Water quality. Water monitoring. Soil use and occupation. Urbanization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> – Variação temporal da população urbana e rural no município de Londrina no período de 1950 a 2000 .....	23
<b>Figura 02</b> – Localização da Microbacia do Ribeirão Cambé – Lago Igapó .....	27
<b>Figura 03</b> – Uso do solo na década de 1940 da Microbacia do Ribeirão Cambé .....	29
<b>Figura 04</b> – Uso do solo na década de 1950 da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	30
<b>Figura 05</b> – Uso do solo na década de 1960 da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	31
<b>Figura 06</b> – Uso do solo na década de 1970 da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	31
<b>Figura 07</b> – Uso do solo na década de 1980 da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	32
<b>Figura 08</b> – Uso do solo na década de 1990 da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	32
<b>Figura 09</b> – Evolução da ocupação do solo, por década, na Microbacia do Ribeirão Cambe .....	34
<b>Figura 10</b> – Localização dos principais tributários da Microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambe .....	37
<b>Figura 11</b> – Perfil hídrico da Microbacia do Ribeirão Cambe .....	37
<b>Figura 12</b> – Representação dos compartimentos .....	39
<b>Figura 13</b> – Carta hipsométrica da Microbacia do Ribeirão Cambe.....	41
<b>Figura 14</b> – Uso do solo da Microbacia do Ribeirão Cambé (1970).....	43
<b>Figura 15</b> – Uso do solo da Microbacia do Ribeirão Cambé (1980).....	44
<b>Figura 16</b> – Evolução do uso do solo na Microbacia do Ribeirão Cambé (1970-1980) .....	45
<b>Figura 17</b> – Uso atual da minibacia do “Riacho Cambé” .....	46
<b>Figura 18</b> – Localização das indústrias na Microbacia do Ribeirão Cambé .....	47
<b>Figura 19</b> – Interação entre os sistemas .....	60
<b>Figura 20</b> – Efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo da água .....	73

<b>Figura 21</b> – Representação da variação da qualidade das águas sob os aspectos físico - químico e ecotoxicológico .....	99
<b>Figura 22</b> – Classes de qualidade da água,segundo o AIQA, de acordo com seu nível de comprometimento .....	100
<b>Figura 23</b> – Estações de amostragem .....	121
<b>Figura 24</b> – Variação temporal de profundidade de disco de Secchi e turbidez para os rios tributários do Lago Igapó, no período de junho de 1998 a maio de 2007.....	141
<b>Figura 25</b> – Variação temporal de condutividade elétrica para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	141
<b>Figura 26</b> – Variação temporal de oxigênio dissolvido e sua saturação para os rios tributários do Lago Igapó, no período junho de 1998 a maio de 2007 .....	143
<b>Figura 27</b> – Variação temporal de pH para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	143
<b>Figura 28</b> – Variação temporal de alcalinidade total para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.....	145
<b>Figura 29</b> – Variação temporal de fósforo para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	145
<b>Figura 30</b> – Variação temporal de nitrogênio Kjeldahl para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	148
<b>Figura 31</b> – Variação temporal de nitrato para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	148
<b>Figura 32</b> – Variação temporal de nitrogênio amoniacal para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	149
<b>Figura 33</b> – Variação temporal de DQO e DBO para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	149
<b>Figura 34</b> – Variação temporal de bactérias do grupo coliforme para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	152

<b>Figura 35</b> – Variação temporal do AIQA para o Córrego Água Fresca, no período de junho de 1998 a maio de 2007 .....	153
<b>Figura 36</b> – Variação temporal do AIQA para o Córrego Baroré, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	154
<b>Figura 37</b> – Variação temporal do AIQA para o Córrego Leme, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	155
<b>Figura 38</b> – Variação temporal do AIQA para o Ribeirão Cambé, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	156
<b>Figura 39</b> – Variação temporal do AIQA para o Córrego Rubi, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	157
<b>Figura 40</b> – Variação temporal do AIQA para o Córrego Capivara no período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	158
<b>Figura 41</b> – Variação temporal de profundidade de disco de Secchi e turbidez para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	160
<b>Figura 42</b> – Variação temporal de condutividade elétrica para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	161
<b>Figura 43</b> – Variação temporal de oxigênio dissolvido e sua saturação para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	164
<b>Figura 44</b> – Variação temporal de pH para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	165
<b>Figura 45</b> – Variação temporal de alcalinidade total para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	165
<b>Figura 46</b> – Variação temporal de fósforo para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	166
<b>Figura 47</b> – Variação temporal de nitrogênio Kjeldahl para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007 .....	167
<b>Figura 48</b> – Variação temporal de nitrato para o Lago Igapó no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	168
<b>Figura 49</b> – Variação temporal de nitrogênio amoniacal para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	169
<b>Figura 50</b> – Variação temporal de DQO e DBO para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	170

<b>Figura 51</b> – Variação temporal do IQAR para a estação IG01, Lago Igapó I, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	171
<b>Figura 52</b> – Variação temporal do IQAR para a estação IG02, Lago Igapó II, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	172
<b>Figura 53</b> – Variação temporal do IQAR para a estação IG03, Lago Igapó III, no período de junho de 2004 a maio de 2007.....	174
<b>Figura 54</b> – Variação temporal do IQAR para a estação IG04, Lago Igapó IV, no período de junho de 2004 a maio de 2007 .....	175

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01</b> – Síntese das unidades físicas distribuídas por compartimentos na Microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina, Paraná .....	41
<b>Quadro 02</b> – Algumas propriedades que definem rios, lagos naturais e reservatórios .....	50
<b>Quadro 03</b> – Estratégias de desenvolvimento .....	55
<b>Quadro 04</b> – Situação atual e desejada, referente ao saneamento básico, resíduos sólidos e planejamento regional.....	58
<b>Quadro 05</b> – Fontes não pontuais de poluição e seus efeitos .....	80
<b>Quadro 06</b> – Classes de água doce .....	85
<b>Quadro 07</b> – Resumo de atividades a serem desenvolvidas numa rede de monitoramento.....	87
<b>Quadro 08</b> – Resumo de atividades desenvolvidas nesta pesquisa.....	88
<b>Quadro 09</b> – Alguns parâmetros utilizados em monitoramento de água .....	89
<b>Quadro 10</b> – Alguns Índices utilizados em ambientes lênticos e lóticos .....	106
<b>Quadro 11</b> – Variáveis de qualidade de água monitoradas e limites estabelecidos pela Resolução Conama 357/05.....	129
<b>Quadro 12</b> – Resumo dos métodos utilizados para a realização dos ensaios....	130

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

<b>Foto 01</b> – Estação Ribeirão Cambé .....	122
<b>Foto 02</b> – Estação Córrego Baroré .....	122
<b>Foto 03</b> – Estação Córrego Rubi .....	123
<b>Foto 04</b> – Estação Córrego Água Fresca .....	123
<b>Foto 05</b> – Estação Córrego Leme .....	124
<b>Foto 06</b> – Estação Córrego Capivara .....	124
<b>Foto 07</b> – Barco sendo colocado na água, para coleta na estação IG01 .....	126
<b>Foto 08</b> – Detalhe da coleta de barco na estação IG01.....	126
<b>Foto 09</b> – Detalhe balde de inox e frascos utilizados na coleta .....	126
<b>Foto 10</b> – Medição de OD na estação IG04.....	126

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b> – Evolução da população urbana e rural no município de Londrina entre as décadas de 1950 a 2000.....	23
<b>Tabela 02</b> – Uso do solo em 1970 e 1980 (em Km <sup>2</sup> e % relativa) para a microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina PR .....	44
<b>Tabela 03</b> – Parâmetros e pesos para o cálculo do IQA - NSF .....	95
<b>Tabela 04</b> – Classificação da qualidade das águas (IQA – NSF) .....	95
<b>Tabela 05</b> – Matriz de qualidade de água (IQAR*) .....	102
<b>Tabela 06</b> – Variáveis selecionadas pelo IQAR e seus respectivos pesos.....	102
<b>Tabela 07</b> – Dados físico-químicos e microbiológicos para os tributários do lago Igapó, durante o período de dezembro de 1997 a maio de 2007 .....	137
<b>Tabela 08</b> – Resultado do AIQA, por período amostral nas estações pesquisadas.....	158
<b>Tabela 09</b> – Dados físico-químicos e microbiológicos para os diferentes pontos monitorados no Lago Igapó, durante o período de julho de 2004 a maio de 2007 .....	162
<b>Tabela 10</b> – Cálculo do IQAR para a estação IG01 - Lago Igapó I.....	171
<b>Tabela 11</b> – Cálculo do IQAR para a estação IG02 – Lago Igapó II .....	172
<b>Tabela 12</b> – Cálculo do IQAR para a estação IG03 – Lago Igapó III .....	173
<b>Tabela 13</b> – Cálculo do IQAR para a estação IG04 – Lago Igapó IV.....	175

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>AIQA</b>	Avaliação Integrada da Qualidade da Água
<b>ABS</b>	Alquil Benzeno Sulfonato
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>APHA</b>	American Public Health Association
<b>BNH</b>	Banco Nacional de Habitação
<b>CCE</b>	Carbono Cloriforme Extraído
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CEPAL</b>	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe
<b>CTNP</b>	Companhia de Terras Norte do Paraná
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COMITESINOS</b>	Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio
<b>DEPAM</b>	Diretoria de Estudos e Padrões Ambientais
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxigênio
<b>DSG</b>	Diretoria de Serviço Geográfico
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization
<b>FATMA</b>	Fundação do Meio Ambiente
<b>FEPAM</b>	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler
<b>FEAM</b>	Fundação Estadual de Meio Ambiente
<b>GTZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamento Global
<b>IAP</b>	Instituto Ambiental do Paraná
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IPEA</b>	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<b>IQA</b>	Índice de Qualidade de Água
<b>IQAR</b>	Índice de Qualidade de Água de Reservatório
<b>IG01</b>	Lago Igapó 1
<b>IG02</b>	Lago Igapó 2

<b>IG03</b>	Lago Igapó 3
<b>IG04</b>	Lago Igapó 4
<b>LD50</b>	Dose Letal para 50% da população em teste
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>NMP</b>	Numero Mais Provável
<b>NTU</b>	Unidades Nefelométricas de Turbidez
<b>NSF</b>	National Sanitation Foundation
<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PLANASA</b>	Plano Nacional de Saneamento
<b>PNMA</b>	Plano Nacional de Meio Ambiente
<b>RM</b>	Região Metropolitana
<b>SUREHMA</b>	Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
<b>UGRHI</b>	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos
<b>UEL</b>	Universidade Estadual de Londrina
<b>UNESCO</b>	Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA E PROBLEMA DA PESQUISA: URBANIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA: MONITORAMENTO EM LAGOS URBANOS DE LONDRINA-PR</b> .....	21
1.1 INTRODUÇÃO .....	21
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	25
1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA, NO CONTEXTO DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ .....	26
1.3.1 Algumas Referências sobre Características e forma de Evolução da Ocupação e o uso da Terra na Microbacia do Ribeirão Cambé .....	27
1.3.2 Localização, Dimensão e Características da Microbacia do Ribeirão Cambé .....	35
1.4 OBJETIVOS .....	48
1.4.1 Objetivo Geral .....	48
1.4.2 Objetivos Específicos .....	48
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O TEMA E A SUA PROBLEMATIZAÇÃO</b> .....	49
2.1 A EMERGÊNCIA DA PROBLEMÁTICA RELACIONADA À ÁGUA NO CONTEXTO DA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA .....	52
2.1.1 Raízes e Referências sobre a Evolução da Gestão das Águas .....	53
2.2 GESTÃO DAS ÁGUAS, ALÉM DOS MUNICÍPIOS .....	57
2.2.1 Águas Urbanas, Formas de Administração .....	62
2.2.2 Algumas Limitações na Adoção da Gestão por Bacias Hidrográficas: o caso da “bacia social” e a influencia da morfologia urbana regional .....	65
2.2.3 Água: alguns aspectos jurídicos .....	67
2.3 O ACELERADO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO, COMO UM DOS PRINCIPAIS FATORES DA DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS .....	70
2.3.1 A Poluição e a Degradação da Qualidade dos Recursos Hídricos .....	76
2.4 ASPECTOS IMPORTANTES DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	82
2.4.1 Padrões, Monitoramento, Indicadores e Índices de Qualidade .....	84
2.4.2 Variáveis de Qualidade de Água .....	107
2.4.2.1 Temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido .....	107

2.4.2.2 Condutividade, turbidez e alcalinidade .....	110
2.4.2.3 Sólidos, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio .....	111
2.4.2.4 Formas de nitrogênio e fósforo.....	113
2.4.2.5 Cloretos e óleos de graxas.....	114
2.4.2.6 Alumínio, chumbo e cromo.....	115
2.4.2.7 Coliformes totais, fecais e E. coli.....	116
2.4.2.8 Fitoplâncton e clorofila a.....	117
2.4.2.9 Toxicidade para organismos aquáticos .....	118
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>120</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM.....	120
3.2 AMOSTRAGEM.....	125
3.2.1 Frequência de Amostragem .....	127
3.2.2 Profundidade de Amostragem.....	127
3.3 VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA MONITORAMENTO E INDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	128
3.4 PROCESSO ANALÍTICO.....	129
3.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	132
3.6 ÍNDICES UTILIZADOS PARA AVALIAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	133
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DO PROCESSO METODOLÓGICO E DOS RESULTADOS .....</b>	<b>134</b>
4.1 PARÂMETROS FÍSICO - QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS PARA ASSUNTO: ESTAÇÕES LOCALIZADAS NOS RIOS TRIBUTÁRIOS DO LAGO IGAPÓ .....	134
4.1.1 Transparência da Água, Turbidez e Sólidos Suspensos Totais, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	134
4.1.2 Condutividade Elétrica, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	135
4.1.3 Oxigênio Dissolvido, Saturação e Déficit de Oxigênio Dissolvido, nos Rios tributários do LAGO Igapó.....	142
4.1.4 pH, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	142
4.1.5 Alcalinidade Total, nos Rios Tributários do Lago Igapó .....	144
4.1.6 Fósforo Total, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	144
4.1.7 Série Nitrogenada .....	146

4.1.7.1 Nitrogênio total kjeldahl, nos rios tributários do Lago Igapó .....	146
4.1.7.2 Nitrogênio nitrato, nos rios tributários do Lago Igapó .....	146
4.1.7.3 Nitrogênio amoniacal, nos rios tributários do Lago Igapó.....	146
4.1.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	150
4.1.9 Metais (Alumínio, Cromo e Chumbo) nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	150
4.1.10 Coliformes, nos Rios Tributários do Lago Igapó.....	151
4.2 AIQA - AVALIAÇÃO INTEGRADA DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NOS RIOS TRIBUTÁRIOS DO LAGO IGAPÓ .....	153
4.2.1 Estação Localizada no Córrego Água Fresca .....	153
4.2.2 Estação Localizada no Córrego Baroré.....	154
4.2.3 Estação Localizada no Córrego do Leme.....	154
4.2.4 Estação Localizada no Ribeirão Cambé.....	155
4.2.5 Estação Localizada no Córrego Rubi .....	156
4.2.6 Estação Localizada no Córrego Capivara .....	157
4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO LAGO IGAPÓ .....	159
4.3.1 Transparência da Água, Turbidez e Sólidos Suspensos Totais, nas Estações do Lago Igapó .....	159
4.3.2 Condutividade Elétrica, nas Estações do Lago Igapó .....	160
4.3.3 Oxigênio Dissolvido, Saturação e Déficit de Oxigênio Dissolvido, nas Estações do Lago Igapó .....	163
4.3.4 pH, nas Estações do Lago Igapó .....	164
4.3.5 Alcalinidade Total, nas Estações do Lago Igapó.....	165
4.3.6 Fósforo Total, nas Estações do Lago Igapó.....	166
4.3.7 Série Nitrogenada .....	167
4.3.7.1 Nitrogênio total kjeldahl, nas estações do Lago Igapó .....	167
4.3.7.2 Nitrogênio nitrato, nas estações do Lago Igapó .....	167
4.3.7.3 Nitrogênio amoniacal, nas estações do Lago Igapó.....	168
4.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, nas Estações do Lago Igapó .....	169
4.4 IQAR – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO LAGO IGAPÓ .....	170

4.4.1 Estação ig01- Lago Igapó I.....	170
4.4.2 Estação ig02 - Lago Igapó II.....	171
4.4.3 Estação ig03 - Lago Igapó III.....	173
4.4.4 Estação ig04 - Lago Igapó IV .....	174
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>177</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>180</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>187</b>
ANEXO A – ividade industrial na área da pesquisa .....	188
ANEXO B – Portaria SUREHMA N° 003/91 de 21 de março de 1991 .....	190

# 1 TEMA E PROBLEMA DA PESQUISA – URBANIZAÇÃO E QUALIDADE DA ÁGUA: MONITORAMENTO EM LAGOS URBANOS DE LONDRINA-PR

## 1.1 INTRODUÇÃO

O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial e para o desenvolvimento econômico, a manutenção da diversidade e para a continuidade dos ciclos de vida no planeta.

A água é a substância mais abundante na Terra; atualmente, considera-se que a quantidade total de água na Terra, é de 1386 milhões de Km<sup>3</sup>, tendo permanecido constante durante os últimos 500 milhões de anos, porém o que tem variado são as quantidades estocadas nos diferentes reservatórios de água.

Nos principais reservatórios de água na Terra, pode-se verificar a seguinte distribuição dos volumes estocados: 97,5 % do volume total formam os oceanos e mares e apenas uma pequena parcela, 2,5% da água do planeta está disponível como água doce. Destes 2,5%, cerca de 68,9% estão congelados nas calotas polares, em estado sólido, os 29,9% restante estão confinados nos aquíferos subterrâneos. A umidade dos solos, as águas dos pântanos representam 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3% (REBOUÇAS, 2002).

A carta europeia da água, promulgada pelo parlamento da Europa em 06/05/88, expressa sua preocupação com relação a este recurso natural,

As disponibilidades de água doce não são ilimitadas. É indispensável preservá-las, controlá-las e, se possível, acrescê-las. Como consequência da explosão demográfica e do rápido aumento das necessidades na agricultura e na indústria moderna, os recursos hídricos constituem objeto de uma demanda crescente. Não poderemos satisfazer essa demanda, nem elevar o nível de vida, se cada um de nós não considerar a água um bem precioso, que é necessário preservar e utilizar racionalmente (DERISIO, 2000 p. 13).

Calijuri e Oliveira expressam que: “a aparente inesgotabilidade da água, tem levado a humanidade a tratar este recurso renovável e limitado com descaso, uma vez que, tanto a escassez d’água como os excessos resultam de um

mau uso dos recursos naturais” (CALIJURI; OLIVEIRA, 1996 apud CRUZ, 2003, p. 19). Estas questões têm ocupado lugar de destaque nas discussões internacionais e até mesmo regionais.

Um dos fatores limitantes do desenvolvimento sustentável é sem dúvida a água. Desde os tempos remotos, as principais civilizações que tiveram maior desenvolvimento, floresceram nos vales, com abundante disponibilidade de água.

Berbert (2003) afirma que, “os recursos hídricos, além de constituírem necessidade básica de sobrevivência, estão se tornando *comodity* e, em futuro próximo, elemento de barganha política também”. O autor cita ainda que, de acordo com a ONU,

[...] as atividades agrícolas representam 70% da utilização da água no mundo e 90% de toda a água empregada no consumo humano. O uso desse bem aumentou duas vezes mais do que a taxa de crescimento populacional no último século e cerca de metade de todas as áreas cobertas com água doce já foi perdida. Em 2025, aproximadamente 20% da população mundial viverá em áreas com problemas de recursos hídricos (BERBERT, 2003, p. 81-82).

Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação a sua qualidade, acarretando prejuízos e restrições nos seus usos múltiplos.

As alterações na quantidade e qualidade dos recursos hídricos podem ser provocadas por causas naturais e antrópicas. Entre as causas naturais que alteram o clima e, conseqüentemente, a disponibilidade de água, destacam-se as flutuações sazonais com períodos anuais e outras de ciclo médio e de longo prazo como os fenômenos de “El Nino” e os períodos glaciais. Entre as ações humanas que podem alterar o balanço hídrico, destacam-se o desmatamento, a mudança do uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens (SALATI; LEMOS; SALATI, 2002, p. 41-48).

O acelerado processo de urbanização que ocorreu no Brasil, depois da década de 1960, gerou cidades com uma infra-estrutura inadequada e aumentou a pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais, principalmente pelo aumento de consumo e deterioração dos mananciais de água, fato que poderá

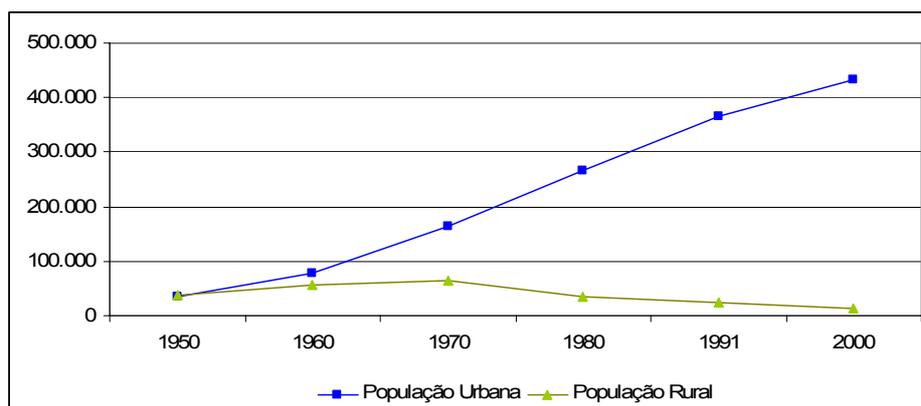
tornar a água a causa da crise do próximo século. O planejamento urbano não tem considerado aspectos fundamentais, ocasionando transtornos e custos para a sociedade e meio ambiente. O desenvolvimento urbano brasileiro tem ocasionado um aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água (TUCCI, 2002).

O rápido crescimento da urbanização de Londrina conforme demonstram as tabela 01 e figura 01 também ocorreu a partir da década de 1960 e indicam que a necessidade de infra-estrutura urbana e social nem sempre acompanhou esse acelerado crescimento demográfico, devido ao descompasso entre o crescimento populacional e a capacidade de investimento público.

**Tabela 1** – Evolução da população urbana e rural no município de Londrina entre as décadas de 1950 a 2000.

Ano/População	População Urbana	%	População Rural	%	Total	Taxa de Crescimento
1950	34.230	47,93	37.182	52,02	71.412	
1960	77.382	57,40	57.439	42,60	134.821	6,60
1970	163.528	71,69	64.573	28,31	228.101	5,4
1980	266.940	88,48	34.771	11,52	301.711	2,82
1991	366.676	94,00	23.424	6,00	390.100	2,36
2000	433.264	96,96	13.585	3,04	446.849	2,02

Fonte: Fundação IBGE/Censos  
Organização: Gelsy Gonçalves, 2005.



**Figura 1** – Variação temporal da população urbana e rural no município de Londrina no Período de 1950 a 2000.

Fonte: Gelsy Gonçalves (2005)

Lima (2001) enfatiza ao estudar a *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá*, em sua tese de doutorado, que todas as ações antropogênicas, como disposição inadequada de resíduos líquidos e sólidos, de natureza doméstica ou industrial, além de práticas agrícolas entre outras, acarretam efeitos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem na bacia.

A rede de infra-estrutura deficitária, com pouca cobertura de rede de esgoto, estações de tratamento inoperantes ou com baixo desempenho operacional, além da disposição inadequada de resíduos tornam a gestão de bacias urbanas complexa.

O crescimento populacional desordenado dos centros urbanos agrava a situação, em decorrência do efeito acumulativo. Com a implementação da política de recursos hídricos, que introduziu mudanças administrativas importantes, de ordenamento institucional e de gerenciamento dos recursos hídricos dentro da unidade da bacia hidrográfica, surgem novas perspectivas (LIMA, 2001).

O uso da água de forma intensiva e a poluição gerada agravam sua escassez e resulta na necessidade crescente do acompanhamento das alterações de sua qualidade. Para que se possa atuar sobre as causas das alterações encontradas é preciso entender os processos ambientais, e isso só é possível quando se dispõe de um conjunto de informações confiáveis obtidas a partir de observações do que está ocorrendo no meio. E isto se faz através de monitoramento da qualidade da água, que deve não somente verificar se os padrões legais estão sendo obedecidos, mas também responder o que está alterado e porque estas modificações estão ocorrendo (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2002).

Indiscutivelmente, a água é indispensável para a saúde humana e influi na qualidade de vida; representa o elemento ideal nas funções de limpeza de ambientes e ao mesmo tempo constitui-se como veículo de inúmeras impurezas, graças a sua capacidade de dissolução e transporte das mais variadas formas de matéria (BRANCO, 2002).

Neste contexto da problemática ambiental, resultante das ações antrópicas, a bacia do Ribeirão Cambé, tem chamado atenção da sociedade londrinense. Esta preocupação decorre do fato de ser o Ribeirão Cambé, formador de uma das áreas de lazer mais importantes da cidade de Londrina, o Lago Igapó,

apresentar-se em processo crescente de degradação, devido ao adensamento populacional no seu entorno e conseqüente, aumento de despejos urbanos e industriais em suas águas.

Esta pesquisa analisa dados levantados a partir dos meados da década de 1990, e identifica elementos poluidores através de análises físicas, químicas e biológicas, com amostragens efetuadas semestralmente, em dez estações de coleta. Utiliza dois Índices de qualidade, IQAR e AIQA para avaliar a qualidade da água do Lago Igapó e alguns de seus tributários.

## **1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA**

A crescente deterioração da qualidade de água, a disponibilidade cada vez menor dos recursos naturais e o desequilíbrio ecológico foram fundamentais para empreender um esforço no sentido de produzir um diagnóstico ambiental, de uma parte, da microbacia do Ribeirão Cambé.

Uma outra justificativa é documentar o processo da expansão urbana na microbacia do Ribeirão Cambé e sua influência na qualidade da água.

Optou-se por estudar a qualidade da água do Lago Igapó e alguns de seus tributários pelo mal uso de seus elementos naturais, atestado não só pelo uso incorreto do solo urbano, durante cerca de setenta anos da expansão urbana de Londrina, como também pelo crescimento de múltiplas atividades no seu entorno, desde a explosão de unidades residenciais, de atividades industriais, e de serviços, como também a importante potencialidade turística local e regional. Os lagos são receptores de esgotos domésticos, comerciais e industriais em decorrência do acelerado crescimento populacional na microbacia, da falta de infraestrutura adequada e de monitoramento das condições de seu uso.

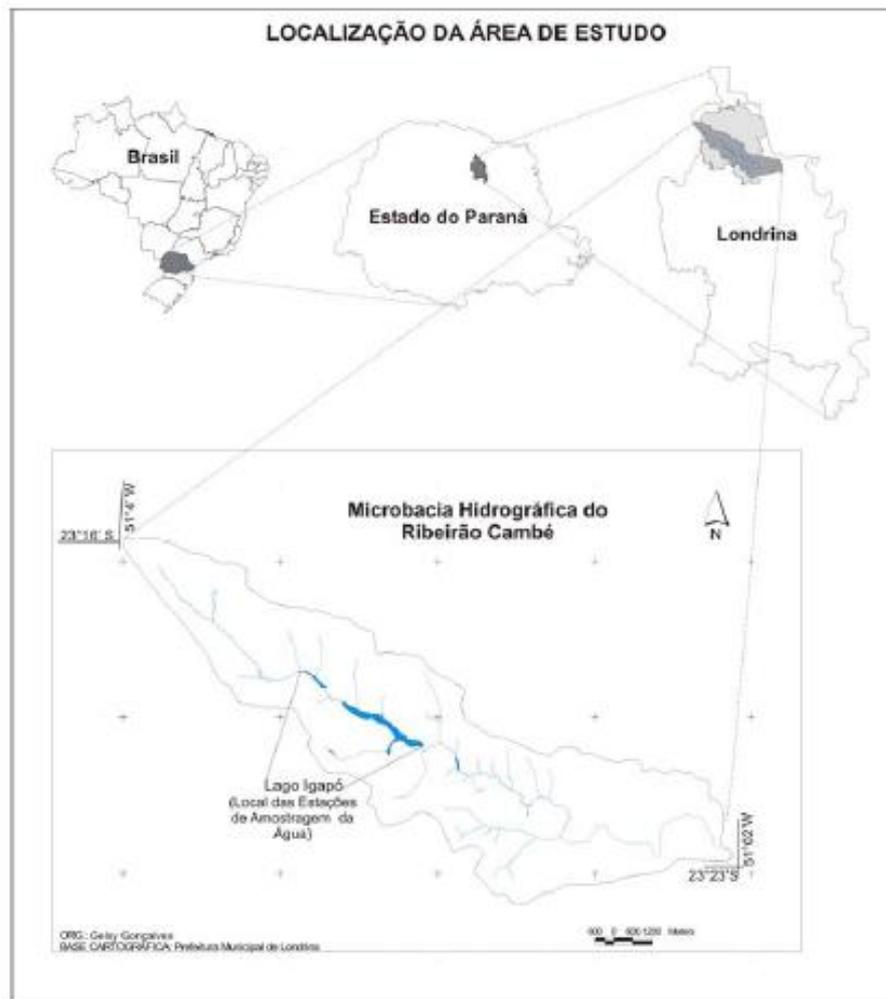
Com este trabalho pretende-se contribuir com a sociedade na busca de melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente.

### **1.3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DA PESQUISA, NO CONTEXTO DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO CAMBÉ**

O Lago Igapó, objeto desta pesquisa, se localiza na microbacia do Ribeirão Cambé, na cidade de Londrina, norte do estado do Paraná, Brasil, conforme demonstra figura 2.

Segundo Faria (2005), o município de Londrina ocupa uma área de 2.119 Km<sup>2</sup> e se situa na latitude sul entre 23°08'47" e 23°55'46" e na longitude oeste de Greenwich entre 50°12'26" e 51°19'11". O município foi criado através da Lei estadual Nº 2519 de 03 de dezembro de 1934, e instalado em 10 de dezembro do mesmo ano. Foi desmembrado do município de Jataizinho, nasceu de projetos da Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) e cresceu no início da colonização com a economia regional cafeeira, já tendo sido considerada a capital mundial do café. Hoje, importante pólo de desenvolvimento regional, Londrina exerce grande influência sobre todo o estado do Paraná e região sul do Brasil, com uma população de aproximadamente 500.000 habitantes.

Até a década de 1950, o Ribeirão Cambé e os atuais lagos represados, o Igapó, ainda não estavam no imaginário da população londrinense. Em 10 de dezembro de 1959, Jubileu de Prata de Londrina, o Lago Igapó foi inaugurado. O Lago Igapó que se subdivide em quatro lagos: Igapó I, Igapó II, Igapó III e Igapó IV.



**Figura 2** – Localização do Microbacia do Ribeirão Cambé - Lago Igapó

### 1.3.1 Algumas referências sobre Características e Formas de Evolução e o Uso da Terra na Microbacia do Ribeirão Cambé

Há alguns trabalhos feitos sobre a bacia do Ribeirão Cambé, como por exemplo, monografias de conclusão de curso, das áreas exatas, biológicas e de saúde, enfocando assuntos como a qualidade da água, a degradação de suas margens, e alguns estudos destacam a influência do uso do solo tanto rural como urbano na qualidade da água, como também outras formas de degradação, como, por exemplo, dos solos.

Entre esses trabalhos, pode-se citar o de Tagima e Terabe (2004), Faria (2005) e Ferreira (2002; 2008).

O primeiro trabalho de Tagima e Terabe (2004), trata mais da questão pedológica com levantamento minucioso não só na parte pedológica como também das descrições morfológicas e análises físicas, químicas e texturais dessa microbacia.

O segundo trabalho, que é uma síntese da dissertação de Mestrado de Gislaíne Garcia de Faria, foi publicada na revista GEOGRAFIA da Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências, tendo como título Caracterização física e análise comparativa das formas de uso e ocupação do solo, 1970-Ribeirão Cambé, Londrina-Pr.

Esses dois trabalhos foram importantes para estruturar este capítulo, embora não tenham sido encontradas referências sobre a qualidade da água. Esses trabalhos se complementam, pois a descrição sobre o uso do solo tanto rural quanto urbano forneceu alguns detalhes importantes.

Para a presente pesquisa, foi estudada a evolução do uso do solo, que permitiu compreender as fases de ocupação das vertentes da microbacia do Ribeirão Cambé.

O terceiro trabalho, de Ferreira, sobre o Uso do Solo Urbano de Londrina, permitiu verificar a evolução da ocupação no entorno do Lago Igapó.

Tagima e Terabe (2004), denominam de “mini-bacia do Riacho Cambé” enquanto que Faria (2005) utiliza a expressão “Ribeirão Cambé”. Londrina (2007), utiliza a expressão Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cambé.

Londrina (2007) utiliza oficialmente a palavra “Ribeirão” nos sete ribeirões urbanos (Jacutinga, Lindóia, Quati, Água das Pedras, Limoeiro, Cambé e Cafezal). Estas bacias constituem o suporte hidrográfico da cidade de Londrina.

Com apoio na pesquisa sobre o uso do solo urbano de Londrina, tendo como base 06 momentos históricos da ocupação da microbacia do Ribeirão Cambé, apropriada por loteamentos urbanos registrados no cadastro imobiliário da Prefeitura Municipal de Londrina (FERREIRA, 2002, 2008), a seguir será feita uma breve análise da evolução, cujo processo tem influenciado diretamente na construção da paisagem urbana no entorno do Igapó, como também na qualidade de água dos seus tributários.

Os recortes feitos nas seis cartas de detalhe, extraídas dos mapeamentos de (FERREIRA 2008) demonstram alguns fatos assinalados a seguir:

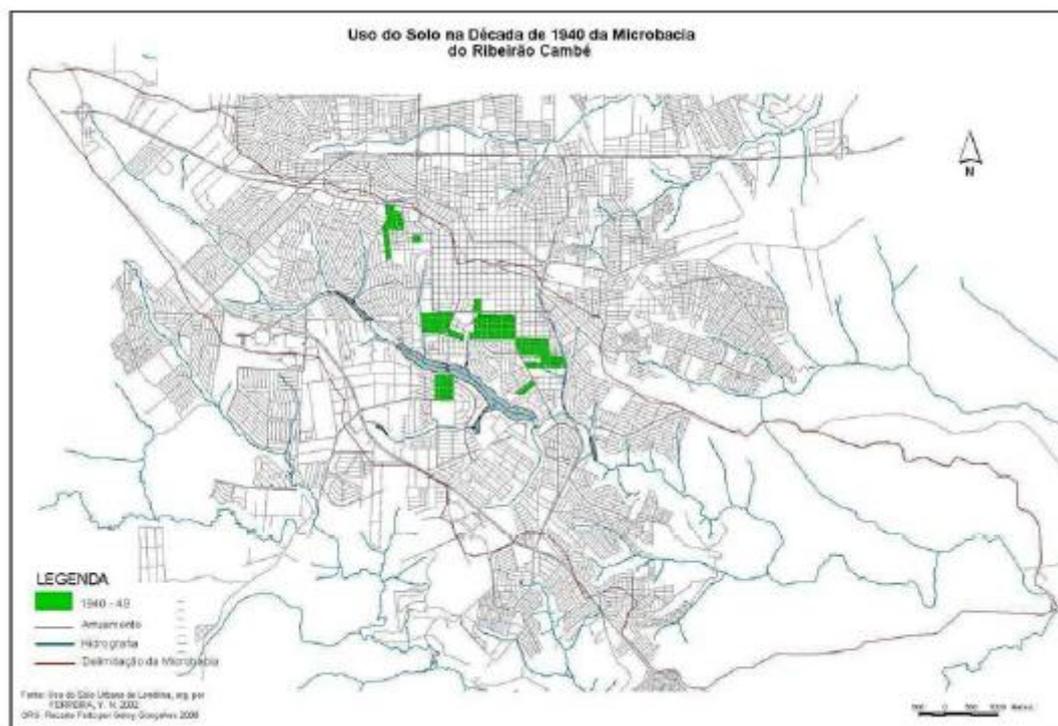
Pode-se observar que desde as décadas de 1940 / 1950 a área da

pesquisa (Figuras 3 e 4) tem sido alvo de ocupação por loteamentos, por se situar no setor sul do centro urbano de Londrina, de áreas mais valorizadas e de pouco declives. Estes loteamentos foram implantados principalmente na vertente esquerda da microbacia do Ribeirão Cambé.

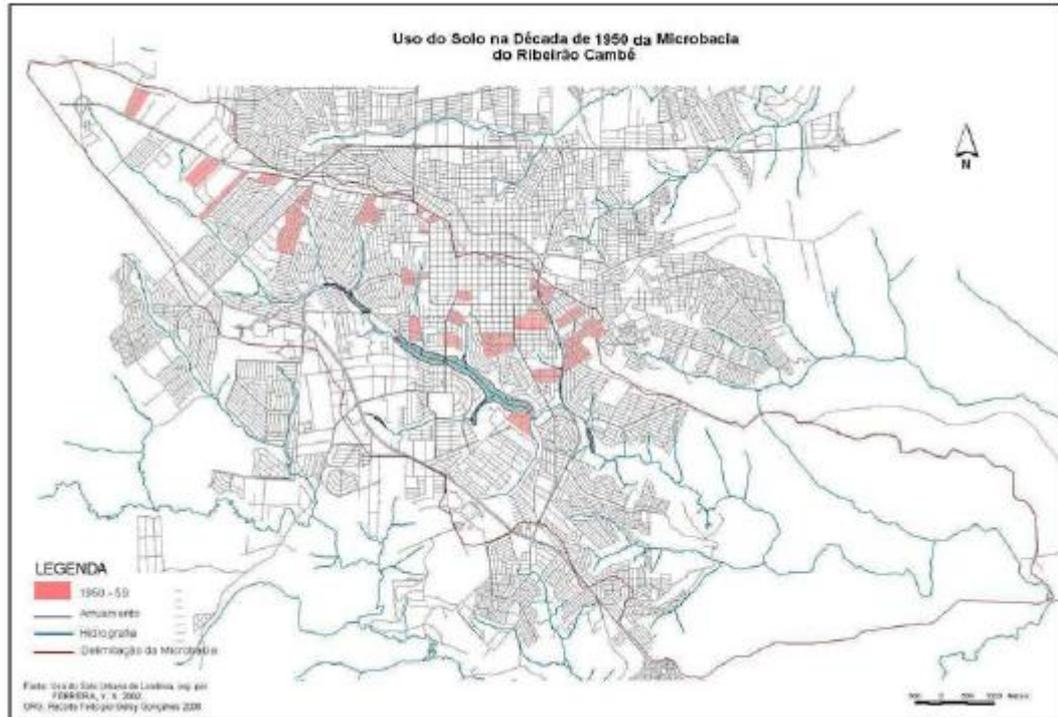
Nas décadas seguintes 1960 e 1970 (Figuras 5 e 6) é que as grandes transformações ocorreram. Muitos loteamentos foram implantados na vertente esquerda, no sentido leste/oeste, indo em direção a vizinha cidade de Cambé e próximo a nascente do Ribeirão Cambé.

Foi praticamente a partir dessas décadas, que houve a grande ocupação da margem direita da microbacia, principalmente na região dos lagos, como também em continuidade ao processo anterior, muitos espaços urbanos foram preenchidos nesse período, resultando em regiões de densa ocupação, de média e alta camada social. Nas décadas de 1960 e 1970 a área dos lagos passa a ser uma área cobiçada não só pelas loteadoras, mas também pela população de média alta renda que passa a construir casas confortáveis em áreas de mais de 500 m<sup>2</sup>.

Nessas ocupações percebe-se também que muitas áreas rurais foram sendo ocupadas por chácaras iniciando-se um processo de muita especulação imobiliária.



**Figura 3** – Uso do solo na década de 1940 da Microbacia do Ribeirão Cambé.

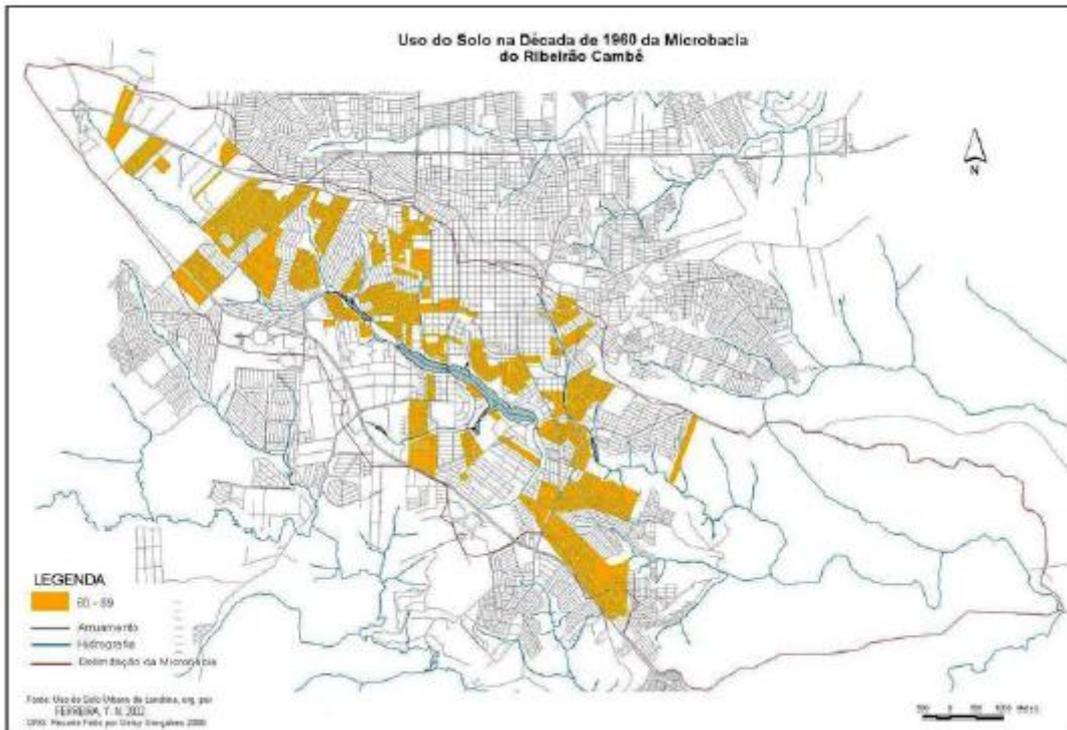


**Figura 4** – Uso do solo na década de 1950 da Microbacia do Ribeirão Cambé.

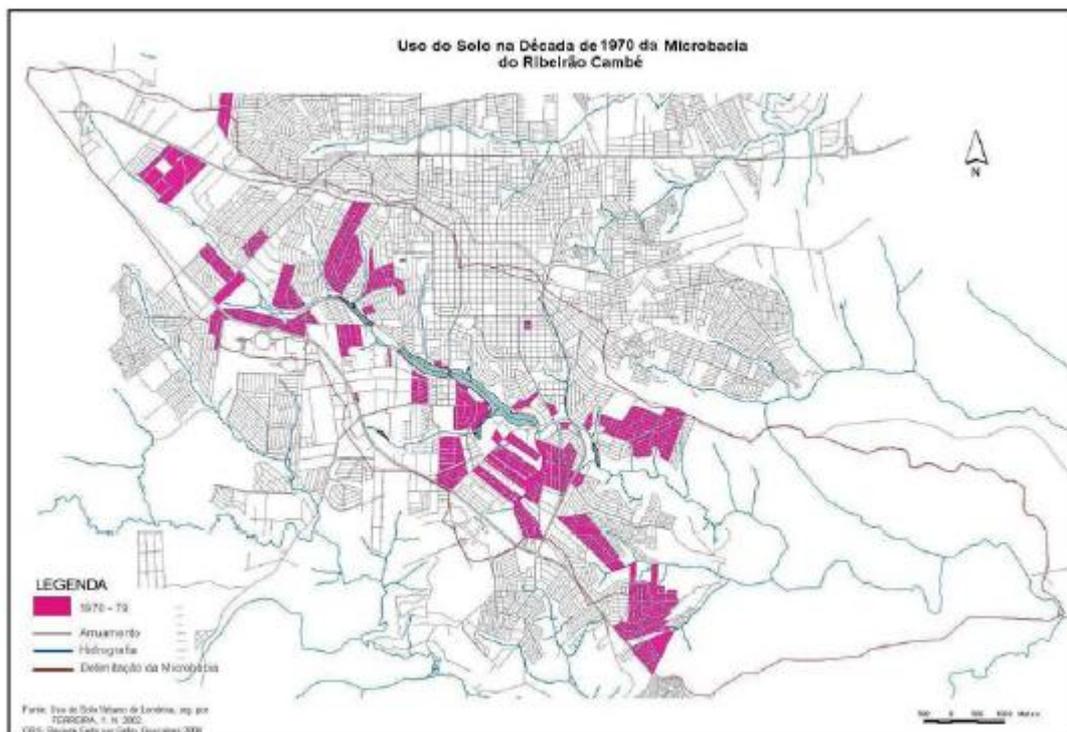
Nessa época, Londrina se firma também como importante pólo educacional e de saúde, atraindo muita população regional. Londrina passa, também, a se firmar como capital regional, e tem início a um processo de metropolização, avançando a sua periferia em direção as cidades vizinhas de Cambé, a oeste e Ibiporã, a leste.

Já nas décadas seguintes, 1980 a 1990 (figuras 7 e 8), os loteamentos implantados são de média a alta categoria e muitos edifícios passam a fazer parte da paisagem urbana dessa região. A partir de 1990, são lançados empreendimentos de alto valor agregado em função da oferta de equipamentos para lazer como parte da estrutura de edifícios e condomínios. Toda essa forma de intensa e rápida de ocupação trouxe uma série de problemas comprometendo principalmente na qualidade das águas.

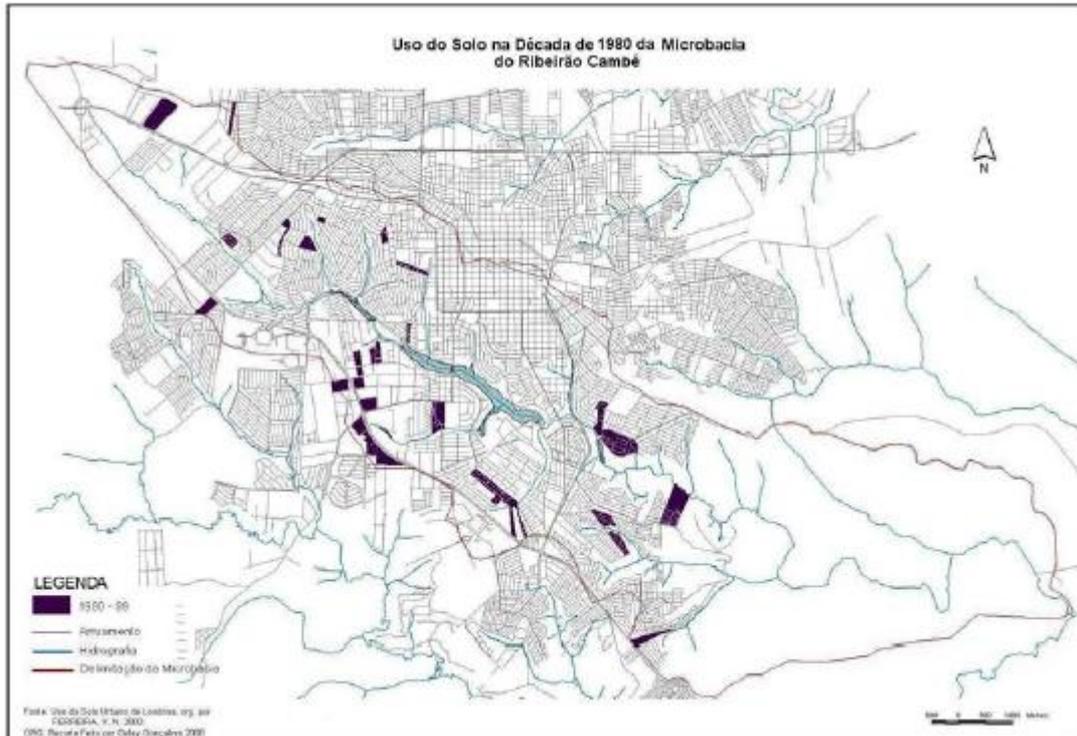
A síntese de toda essa ocupação do espaço urbano, na microbacia do Ribeirão Cambé, entre as décadas de 1940 a 1990, pode ser melhor visualizada na figura 09, onde foram lançados todos os loteamentos referidos a partir do início da sua ocupação, na década de 1940.



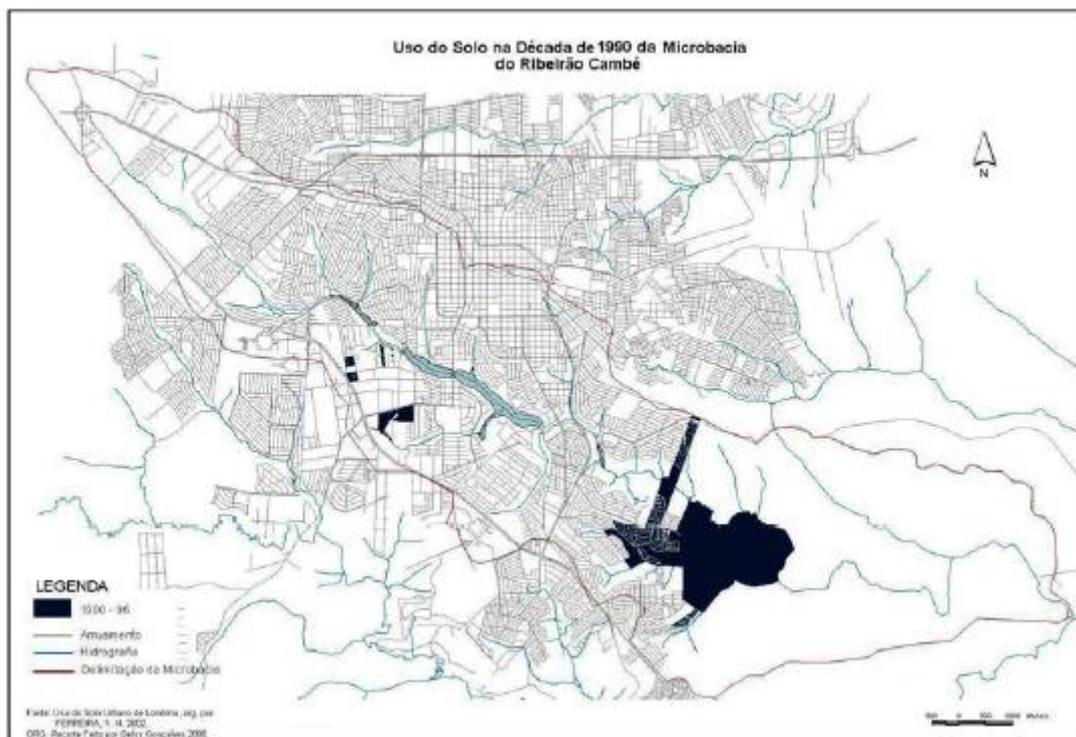
**Figura 5** – Uso do solo na década de 1960 da Microbacia do Ribeirão Cambé.



**Figura 6** – Uso do solo na década de 1970 da Microbacia do Ribeirão Cambé.

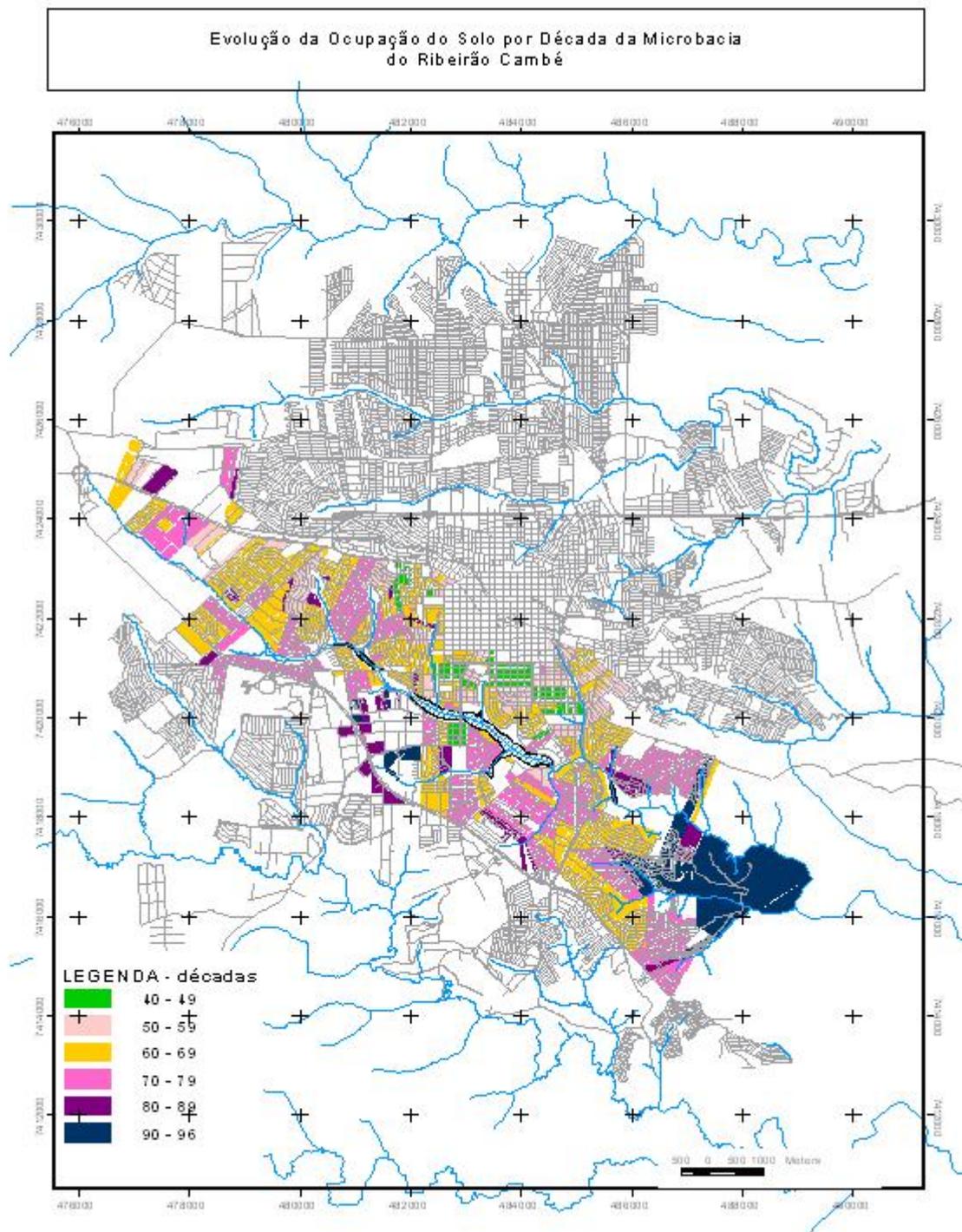


**Figura 7** – Uso do solo na década de 1980 da Microbacia do Ribeirão Cambé.



**Figura 8** – Uso do solo na década de 1990 da Microbacia do Ribeirão Cambé.

Conforme observado, neste item referente à evolução da ocupação, principalmente no entorno do lago Igapó e embora não se tenham dados sobre a qualidade da água nos períodos pretéritos, é possível inferir que certamente, a rapidez e a intensidade da ocupação influíram e influem até hoje na qualidade da água, como será visto pelas análises feitas em dez pontos distintos do Lago Igapó e tributários próximos (IG01, IG02, IG03, IG04, Ribeirão Cambé, Córrego Baroré, Córrego Rubi, Córrego Água Fresca, Córrego Leme e Córrego Capivara).



**Figura 9** – Evolução da ocupação do solo, por década, na Microbacia do Ribeirão Cambé.

**Fonte:** *Uso do solo urbano de Londrina*. Org. Ferreira, Y, N., 2002.;Org: Gelsy Gonçalves, 2008; Digitalização: Mauricio Alves de Oliveira.

### 1.3.2 Localização, Dimensão e Características da Microbacia do Ribeirão Cambé

O Ribeirão Cambé, formador do Lago Igapó, foi escolhido para o objeto deste estudo, e para a presente pesquisa foi utilizada a expressão “microbacia” e “ribeirão”.

Na área urbana de Londrina existem sete microbacias que se relacionam diretamente com a região e percorrem o sentido oeste-leste em direção ao Rio Tibagi. Pelas linhas estruturais da bacia e seus afluentes pode-se observar a ocupação de suas vertentes, mostrando as várias fases do processo da estruturação e formas de ocupação.

O município de Londrina possui uma farta e bem distribuída rede de drenagem. Os rios do município são todos de caráter perene e estão dispostos na direção e sentido oeste-leste, pois escoam sobre o relevo que possui esta orientação genérica na margem esquerda do Rio Tibagi, que se integra às bacias do Rio Paranapanema, Paraná e, finalmente, à bacia do Rio da Prata (FARIA, 2005, p. 110).

A microbacia compreende uma área de aproximadamente 76 km<sup>2</sup>, dos quais cerca de 50 km<sup>2</sup> de drenagem urbana e 26 km<sup>2</sup> de drenagem em área rural. Possui, cerca, de 27 km de curso principal, sendo 15 km de percurso urbano e 12 km de percurso rural. A microbacia está situada entre as coordenadas 23°16' e 23°22' de latitude sul e 51°14' e 51° 02' de longitude oeste. O trabalho de Tagima e Terabe (2004) cita que, o percurso é de 21,5 Km no curso principal, no trabalho de Garcia o percurso consta como sendo de 27 Km, já Londrina (2007), dá no curso principal um percurso de 27,7 Km.

Esta microbacia faz parte da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal / Três Bocas, que por sua vez abrange uma área de 523 km<sup>2</sup> e reúne parcialmente os municípios de Cambé, Rolândia e Araçongas (FARIA 2005, p.112). Quanto a seus afluentes há diferentes informações, pois no trabalho de Tagima e Terabe (2004) constam 26 afluentes, no de Faria há 24 tributários e segundo Londrina (2007) número de tributários são 26, conforme relação abaixo:

- Córrego da Mata
- Córrego Colina Verde

- Córrego Capivara
- Córrego Tucanos
- Córrego da Piza
- Córrego do Monjolo
- Córrego Bem-Te-Vi
- Córrego Roseira
- Córrego São Lourenço
- Córrego Cristal
- Córrego Araripe
- Córrego "Sem Nome"
- Córrego Cacique
- Córrego Baroré
- Córrego Rubi
- Córrego Água Fresca
- Córrego do Leme
- Córrego Guarujá
- Córrego das Pombas
- Córrego Carambeí
- Córrego Pica-Pau
- Córrego Tico-Tico
- Córrego do Inhambu
- Córrego da Chapada
- Córrego dos Periquitos
- Córrego Pampa

Na figura 10, estão assinalados os principais tributários da microbacia do Ribeirão Cambé.

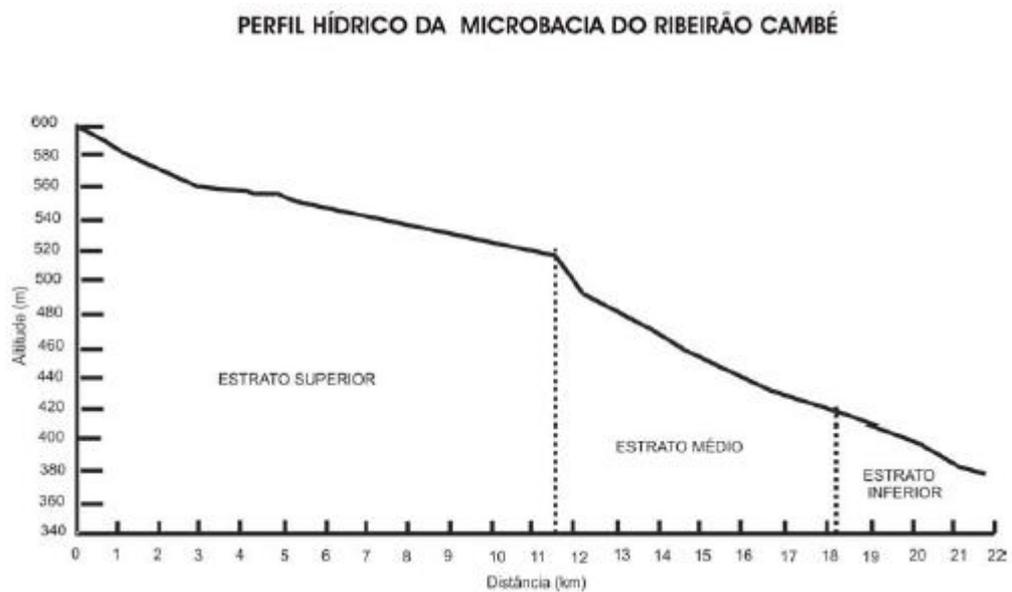
Tagima e Terabe (2004, p.3) informam que o seu perfil hídrico apresenta, desde a sua nascente a até a foz, um gradiente de 200 metros (600 a 400 metros) em forma de degraus tendo sido estratificado em três estratos: **Superior**, **Médio** e **Inferior**, mostrando uma seqüência geomorfológica pouco comum em bacias hidrográficas.



**Figura 10** – Localização dos principais tributários da Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Cambé.

Fonte: Faria (2005).

A figura 11 demonstra a declividade da microbacia do Ribeirão Cambé, como também a subdivisão dos seus extratos.



**Figura 11** – Perfil Hídrico da Microbacia do Ribeirão Cambé

Fonte: Tagima e Terabe (2004).

Prosseguindo na sua explicação Tagima e Terabe (2004) relatam que, nos 11 primeiros quilômetros, a partir da nascente, o riacho Cambé deflue

sobre um platô plano-côncavo com isoípsas que variam entre 600 a 520 metros em direção ao Rio Tibagi. Em função da pequena declividade e, somada à visível homogeneidade de seu relevo no **Estrato Superior**, o riacho Cambé recebe poucos tributários e o que lhe confere uma textura de pouca drenagem.

Quando o ribeirão começa a mergulhar abaixo de 520 metros no **Estrato Médio** cortando o Parque Arthur Thomas, seu relevo se altera bruscamente numa sucessão de vertentes curtas e longas, planas e escarpadas, lisas ou salpicadas de micro relevos. Os interflúvios com espigões antes planos, ou ligeiramente ondulados, serpenteiam e se estreitam em cristas, ora circunflexos, ora agudos ou constantemente enrugados pelos afloramentos basálticos.

No seu **Estrato Inferior** abaixo de 440 metros, na proximidade de sua foz, quando derrama suas águas no ribeirão Três Bocas, suas feições fisiográficas se suavizam com a diminuição de seu gradiente, provocada pelo assoreamento de seu talvegue com os aplúvios, que lhes chegam das encostas erodidas. Em conseqüência a área se apresenta com suave concavidade em direção transversal a seu eixo principal com fundo achatado, porém, muitas vezes abauladas e corrugadas (TAGIMA; TERABE, 2004).

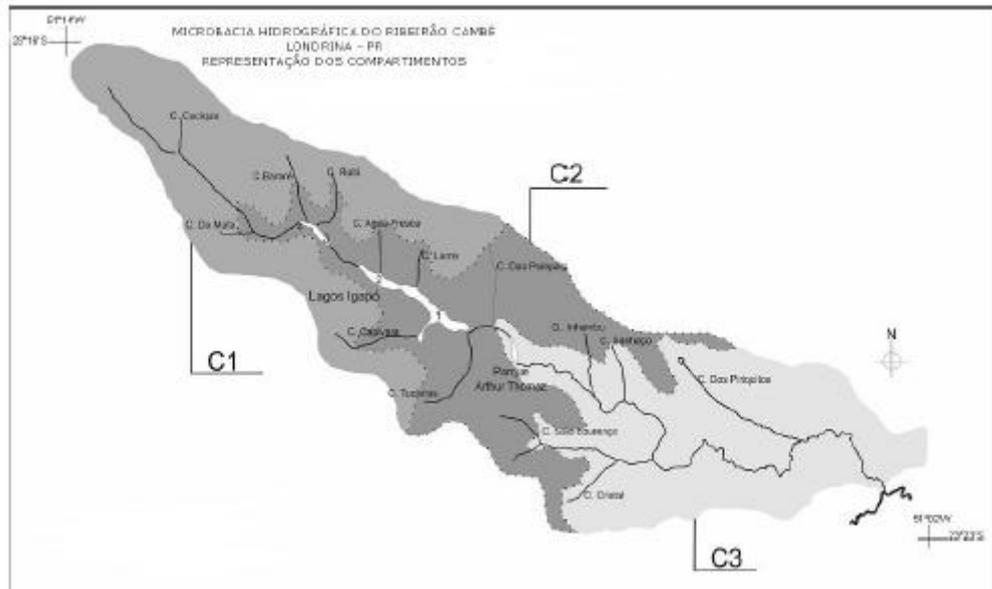
A análise de fotografias aéreas do conjunto das cabeceiras dos ribeirões Cafezal, Limoeiro e Jacutinga mostram evidências de delineamento paralelo de falhas geológicas, que mergulham nas entranhas do imponente bloco planalto de Apucarana (MAACK, 1968 apud FARIA, 2005).

Uma demonstração inequívoca de importância geomorfológica na expansão de áreas urbanas, pode ser constatada pela forma de irradiação progressiva da cidade no sentido norte, sul e oeste. Já no sentido leste sua marcha é interrompida na altura do Parque Arthur Thomaz pelas grandes ondulações do terreno, hoje consideradas área de risco.

Amaral ao pesquisar a *Evolução do Uso do Solo e suas implicações Ambientais*, na bacia do Córrego da Unda em Cambé, ao considerar a movimentação do relevo local, suas diferenças altimétricas e suas declividades, apresentou a paisagem estruturada em compartimentos (AMARAL apud FARIA, 2005).

Faria (2005), faz uma outra abordagem sobre a microbacia do Ribeirão Cambé. A autora expressa seus pensamentos a respeito da paisagem que se apresenta no contexto urbano.

Estas duas abordagens são complementares, pois no trabalho do Tagima e Terabe (2004), a classificação se baseou nos índices de declividade. Entretanto Amaral e Faria se apoiaram na nomenclatura “compartimento” e na estrutura de paisagem. Assim a figura 12, demonstra a Representação dos Compartimentos.



**Figura 12** – Representação dos Compartimentos

**Fonte:** Faria (2005).

Esses compartimentos foram denominados de: compartimento C1; compartimento C2; compartimento C3; respectivamente, alto médio e baixo vale.

Para as descrições da paisagem dos compartimentos, foi utilizada a interpretação de Faria, com relação às altitudes dos compartimentos, declividade e uma ligeira descrição sobre a ocupação.

**Compartimento 1:** representa o relevo de montante, e compreende altitudes que vão de 580 a 640 metros. Trata-se da área mais elevada da cidade de Londrina, alto vale do ribeirão Cambé. Este compartimento é delimitado por espigões de forma alongada, onde passam as rodovias BR 369 e PR 445 que acompanham a direção dos divisores de água e se cruzam exatamente na cabeceira do ribeirão, área limítrofe dos municípios de Londrina e Cambé.

Este segmento apresenta declividades entre 5% e 12% e declividades entre 12% e 30%, já em pequenas parcelas próximas ao curso hídrico.

Este compartimento corresponde a 33,5% da área total da microbacia; ou seja, 76 km<sup>2</sup>.

**Compartimento 2:** possui altitudes de 550 a 580 metros, a diferença altimétrica é de apenas 30 metros. O relevo apresenta-se plano com os topos arredondados e caracteriza-se por ser a região dos lagos Igapó (I, II, III e IV). As declividades são de 0% a 5% em toda a área adjacente aos lagos, e nas médias vertentes têm-se declividades entre 5% e 12%. Os declives entre 12% e 30% aparecem bastante reduzidos neste compartimento, o qual abrange cerca de 35% da área total em estudo.

**Compartimento 3:** representa a área de baixo vale da microbacia, se estende entre 400 e 550 metros, com 150 metros de diferença altimétrica, e difere dos dois primeiros por apresentar-se bem mais movimentado.

Nesta área podem ser identificados pequenos platôs ou mesetas em direção às baixas vertentes do Ribeirão Cambé. Esta morfologia pode ser classificada como morros testemunhos cujas altitudes estão abaixo do nível geral dos planaltos e inferiores ao nível das colinas suaves, inclinam-se de 520 a 450 metros, modelados pela erosão (GRATÃO, 1997 apud FARIA, 2005).

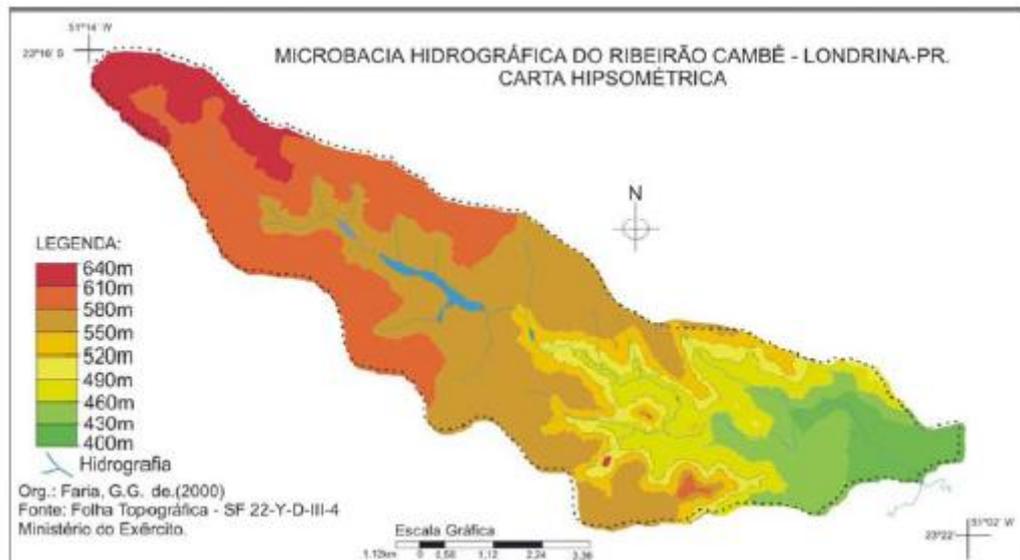
Este compartimento possui declividades mais acentuadas e apresenta-se como uma área predominantemente rural. Neste local também é possível observar todas as classes de declividades com intensidades diferenciadas: as classes de 0% a 5% encontram-se junto ao canal fluvial; os declives entre 5% a 12% e 12% a 30% encontram-se nas baixas vertentes e a classe de 30% a 47% é encontrada somente nas escarpas dos morros.

O compartimento C3 reúne quase a totalidade da área rural compreendida nos domínios da microbacia hidrográfica e representa 33% da área total em estudo. Está localizada na porção sul da cidade de Londrina, área tida como uma barreira física natural à expansão urbana, uma vez que apresenta índices de média, alta e muito alta declividade.

Segundo este estudo o compartimento 3 é o que “[...] reúne as maiores intensidades de declives. 37% do total da área distribuem-se entre declividades altas (12% a 30%) e 45% entre declives de 5% a 30%. O relevo está entre suave a fortemente ondulado, apresentando, também, áreas de relevos escarpados superiores à classe de 47%.” (FARIA 2005, p.118).

Contrapondo a localização da área da pesquisa, região do Lago

Igapó, na carta hipsométrica, Figura 13 de Faria (2005) e perfil hídrico, figura 11, pode-se observar que, de acordo com Tagima e Terabe (2004), o objeto de estudo se encontra no estrato superior da microbacia do Ribeirão Cambé.



**Figura 13** – Carta Hipsométrica da Microbacia do Ribeirão Cambé.

O quadro 1 mostra a síntese das unidades físicas distribuídas pelos três compartimentos 1,2 e 3 da microbacia do Ribeirão Cambé.

Unidades Físicas	Compartimentos		
	C 1	C 2	C 3
<b>Hipsometria</b>	<b>580- 640 metros</b>	<b>550 - 580 metros</b>	<b>400 - 500 metros</b>
<b>Declividades</b>	Área de baixa declividade (<5%) nas áreas de topos/divisor d'água e nos fundos de vales e declividades médias (5 - 12%) nas médias vertentes.	Áreas de baixa declividade (<5%) nos topos/divisor d'água e nas adjacências dos lagos; Médias declividades (5-12%) nas médias vertentes.Poucas áreas de alto declive (12-30%).	Áreas de declividades baixas (<5%) nas áreas de topos/divisor d'água e nas proximidades da foz. Declividades médias a altas nas áreas de médias vertentes e fundo de vales. Predomínio de declividades muito altas (12-30%) nas encostas.
<b>Solos</b>	Predomínio do LATOSSOLO VERMELHO Distroférico e, menores ocorrências de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico .	Predomínio de NITOSSOLOS VERMELHO Eutroférico e ocorrências de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e Distroférico e uma pequena intrusão do Argissolos Argilúvicos Fêrricos/NEOSSOLO Litólico Eutrófico.	Predomínio de NITOSSOLOS VERMELHO Eutroférico e menores ocorrências de LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico e Argissolo Argiluvicos Fêrricos/NEOSSOLO Litólico Eutrófico nas áreas de topos e meias encostas.
<b>Relevo</b>	Predomínio do relevo suave e ocorrências de relevo suave ondulado.	Relevo suave, suave ondulado e ondulado	Forte ondulado e Escarpado
<b>Clima</b>	Clima controlado por Massas de ar Tropicais e Polares. Cfa( subtropical úmidos/ estação seca) em transição (N e NO do município) com sistemas atmosféricos intertropicais, tipo climático CWA (Köppen).		

**Quadro 1** – Síntese das unidades físicas distribuídas por compartimentos na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina, Paraná.

Fonte: Faria (2005, p.121).

Faria (2005), ao analisar o uso do solo e buscando entender as transformações ocorridas na microbacia do Ribeirão Cambé nos anos de 1970, 1980 e 1999 expressa que, a Companhia de Terras Norte do Paraná planejou a área urbana de Londrina semelhante a um tabuleiro de xadrez e as criações de dezenas de núcleos urbanos eram para dar suporte às atividades rurais desenvolvidas na região, na área da sua colonização.

Referindo-se aos anos de 1970 e 1980 (figuras 14 e 15) no que diz respeito ao uso do solo da microbacia do Ribeirão Cambé, constatou-se que a paisagem era predominantemente rural, pois, cerca de 32% da área total era cultivada, no ano de 1970. Deste total, 26% ainda estavam ocupadas por plantações de café, demonstrando que a ocupação intensa foi posterior a esse período, conforme demonstrado também através das cartas de detalhe de loteamentos.

Essa característica ocorria principalmente na área do alto curso da microbacia (C1), porém, o cultivo do café se apresentava em todos os compartimentos (C2 e C3) em proporções diferenciadas. A mancha urbana dominava a alta vertente esquerda do médio vale do ribeirão (C2), no alto do espigão, e a vertente direita se apresentava ocupada por cafezais improdutivos.

As sucessivas geadas ocorridas ainda na década de 1960, somadas à grande geada negra, ocorrida em julho de 1975, contribuíram para a dizimação de milhões de pés de café no Paraná, não divergindo do acontecido na área em estudo, fato que modificou toda a estrutura sócio-econômica da região e também influenciando na erradicação do café a partir desse acontecimento.

Até 1970, a direção da expansão se dava predominantemente, nos setores leste e oeste da cidade. De maneira pouco significativa, a expansão também acontecia no setor sul de Londrina, área do médio vale vertente direita (C2). O crescimento urbano era inexpressivo nesta área, constando apenas alguns loteamentos e poucas áreas urbanas em expansão.

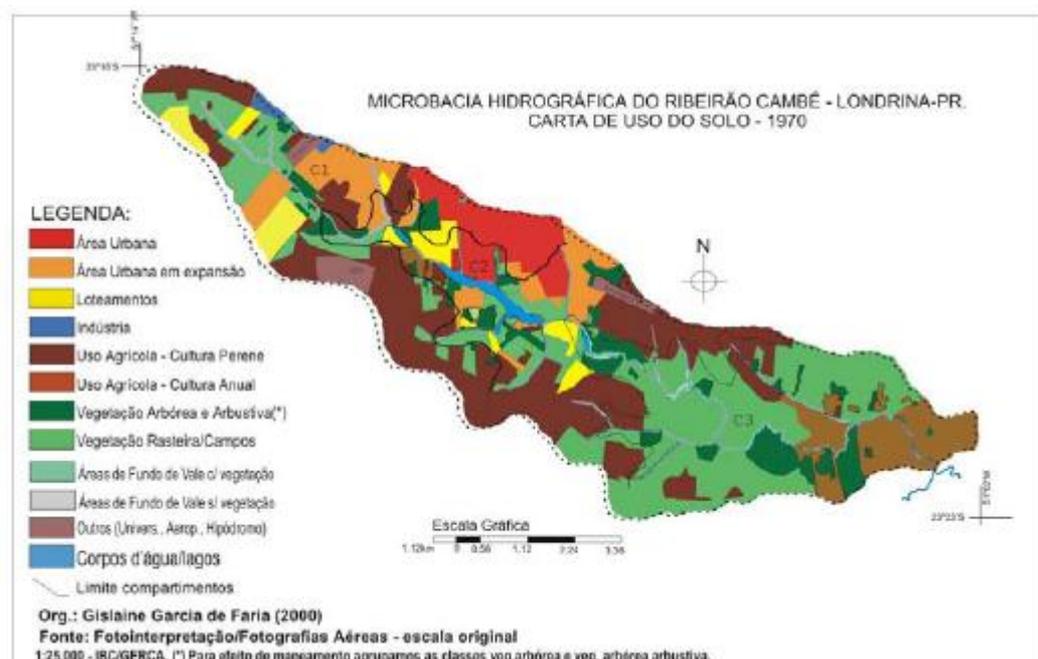
Qualquer área de drenagem urbana inicialmente constitui uma barreira física não só pela dificuldade de transposição, mas também pelo necessário que é de alto custo, assim os corpos d'água urbanos sempre são evitados inicialmente. Entretanto hoje a riqueza da morfologia ligada à drenagem urbana, e as discussões atuais sobre o nosso ambiente e a contínua degradação tem representado uma base e um apoio para a valorização dos corpos d'água, não

só pela mídia, mas também pelo retorno a alguns aspectos da natureza. A região do Igapó atualmente tem sido muito ressaltada pelos empreendimentos imobiliários e de lazer.

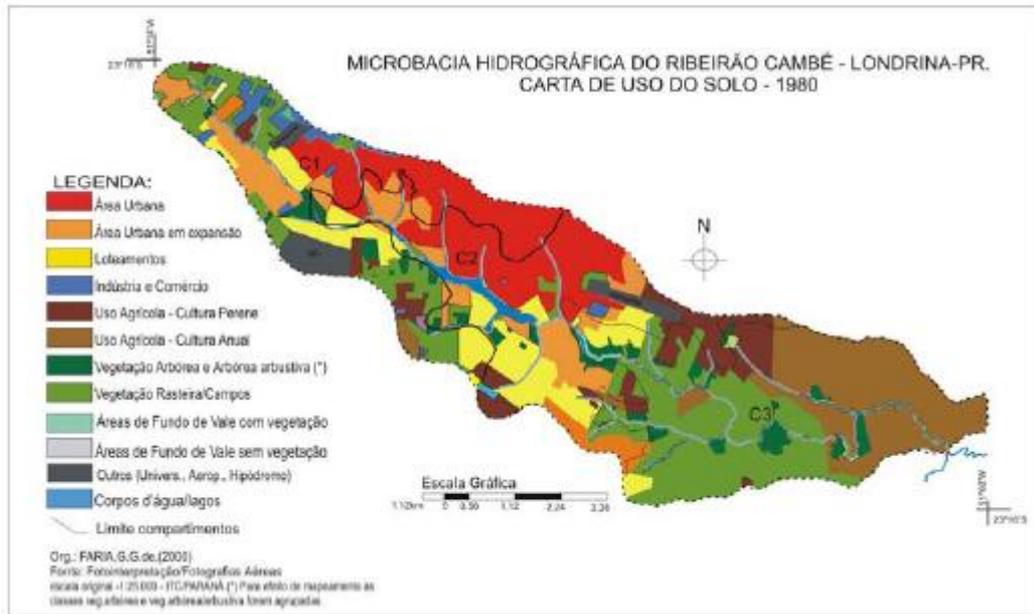
Segundo Faria (2005), a elaboração de um projeto para a revitalização do Lago Igapó I promoveu a intensificação do processo de ocupação da vertente direita, médio vale da microbacia.

Entre os anos de 1970 e 1980, a área total da microbacia recebeu aproximadamente 2.500 novas unidades de moradia, na maioria conjuntos habitacionais, como por exemplo: o Residencial Vale do Cambézinho, Jardim Novo Perobal, Residencial Vale dos Tucanos, Conjunto São Lourenço, todos instalados na área do médio vale do ribeirão (FARIA, 2005).

Atualmente, a microbacia do Ribeirão Cambé encontra-se intensamente ocupada, principalmente no compartimento 2, sendo suas terras comercializadas por valores acima da média dos preços. Essas grandes transformações são decorrentes principalmente da transformação da paisagem rural em urbana. Retrocedendo mais de 30 anos, as transformações ocorridas desde a década de 1970, demonstram a rápida transformação deste espaço de área rural e urbana.



**Figura 14** – Uso do solo da Microbacia do Ribeirão Cambé (1970).



**Figura 15** – Uso do solo da Microbacia do Ribeirão Cambé (1980).

As comparações feitas no uso do solo de 1970 a 1980, em quilômetros quadrados e o percentual dessas áreas demonstra algumas evidências conforme tabela 02:

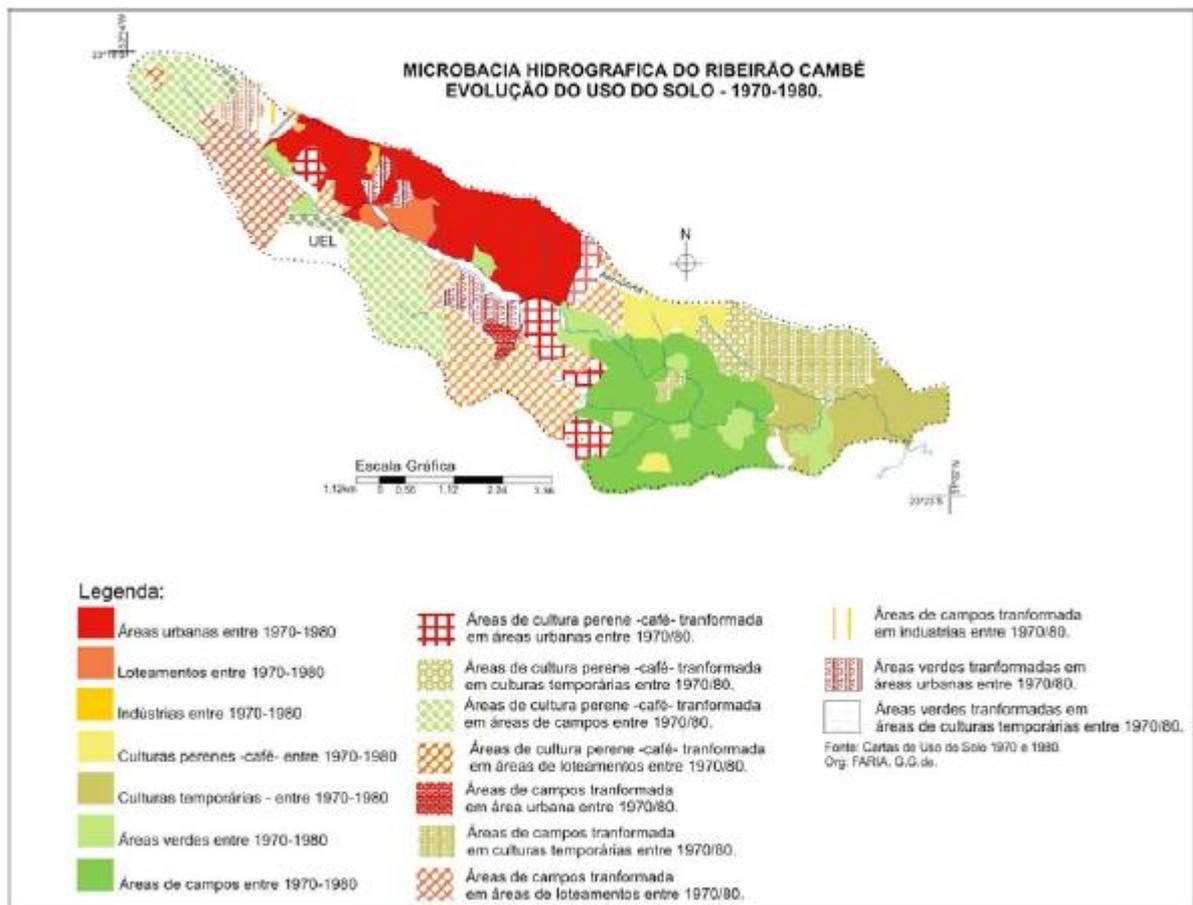
**Tabela 2** – Uso do solo em 1970 e 1980 (em km<sup>2</sup> e % relativa) para a microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina - PR

Classes de Uso	1970		1980	
	Km <sup>2</sup>	Área relativa %	Km <sup>2</sup>	Área relativa %
Área Urbana	5,27	6,9	13,48	17,7
Área Urbana em expansão	5,87	7,7	8,26	10,8
Loteamentos	3,76	4,9	7,44	9,7
Área Industrial	0,85	1,1	2,28	3,0
Uso Agrícola-cultura perene	20,22	26,6	5,57	7,32
Uso Agrícola-cultura temporária	4,48	5,9	9,22	12,2
Vegetação Arbórea	4,87	6,4	3,14	4,1
Vegetação Arbórea/arbustiva	1,3	1,7	1,1	1,5
Vegetação Rasteira/Campos	22,0	28,8	16,41	21,6
Fundo de Vale c/ vegetação	0,62	0,81	0,68	0,9
Fundo de Vale s/ vegetação	2,88	3,78	2,82	3,71
Corpos d'água/lagos	0,95	1,3	0,95	1,25
Outros( UEL, aeroporto,etc)	1,18	1,58	2,09	2,7
Área não classificada	2,0	2,6	3,0	3,9
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>100</b>	<b>76</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Faria (2005, p.130).

Os dados da tabela acima demonstram que em apenas uma década a área urbana em termos de Km<sup>2</sup>, praticamente triplicou, na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé impulsionada pelo grande expansão de loteamentos que dobrou no mesmo período, isto é de 1970 a 1980. Pode-se observar que o uso agrícola para culturas perenes diminuiu muito, quase quatro vezes, e o uso com vegetação rasteira/campos é o que predomina na microbacia.

Para complementar a interpretação da evolução do uso do solo, é muito importante o mapeamento e a localização da evolução do uso do solo de 1970 a 1980.



**Figura 16** – Evolução do uso do solo na microbacia do Ribeirão Cambé (1970 -1980).

**Fonte:** Adaptado e modificado da carta topográfica do DSG/Ministério do Exército e análise comparativa dos mapas de uso do solo de 1970 e 1980.

A figura 16 é uma síntese que merece uma análise mais cuidadosa, pois sem a intenção de comparar os mapas, mas verificar a grande transformação ocorrida na bacia pode ser vista através uma outra carta síntese de Tagima e Terabe (2004), (Figura 17).

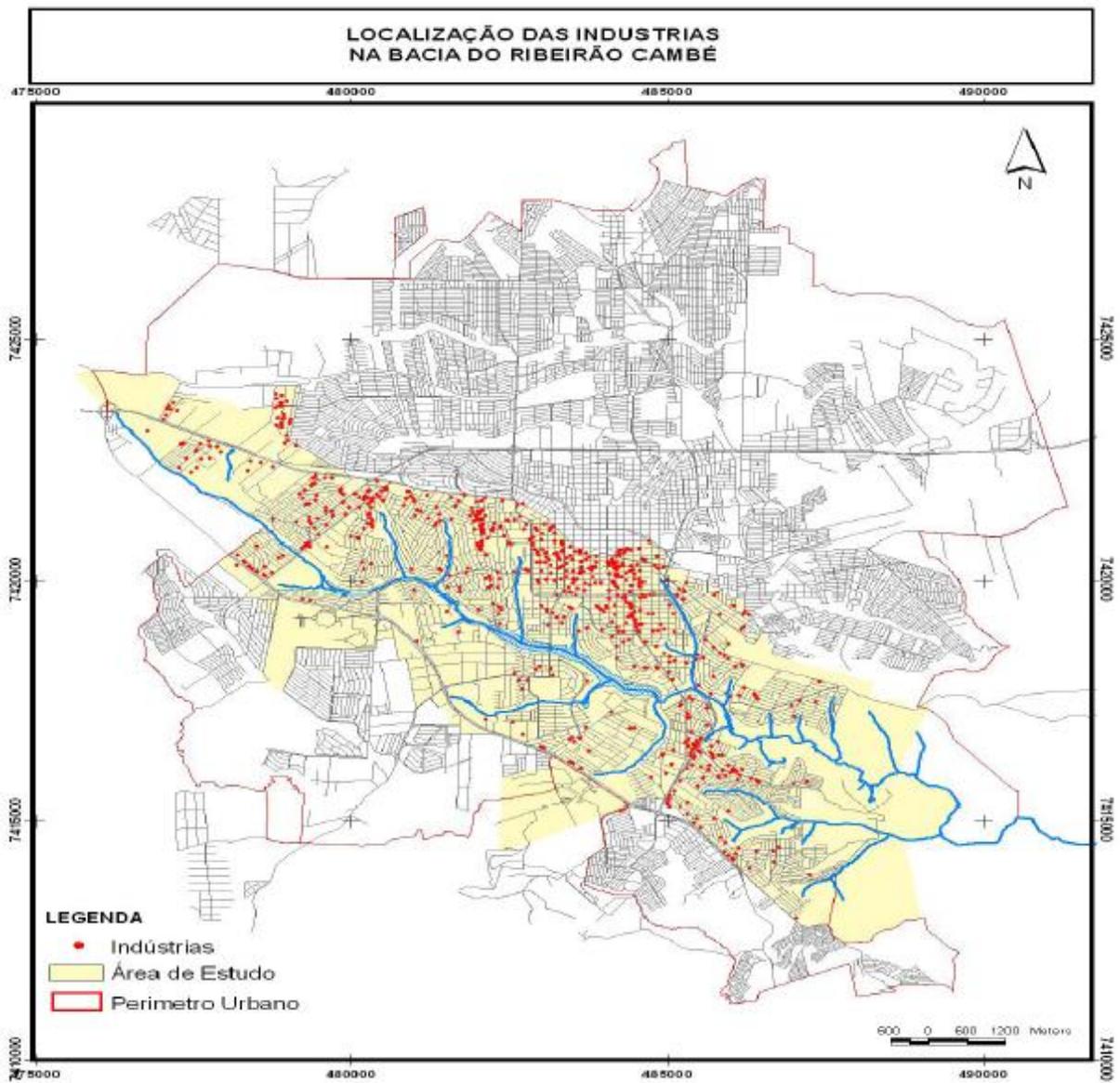


**Figura 17** – Uso atual da minibacia do “Riacho Cambé”

**Fonte:** Tagima e Terabe (2004).

As metodologias utilizadas por Faria (2005) e Tagima e Terabe (2004) são diferentes, como também de períodos diferentes, porém as tendências já estavam configuradas em relação às grandes transformações no uso do solo na área estudada, confirmadas também pelas cartas de detalhe do uso do solo de Ferreira (2002; 2008).

Dados da Prefeitura Municipal de Londrina demonstram, conforme anexo I Atividades Industriais na Área da Pesquisa, que existem cadastrados na microbacia do Ribeirão Cambé um total de 761 estabelecimentos industriais. Dos estabelecimentos cadastrados a maior proporção é de indústrias da área de confecção seguida de perto pelo setor de construção civil e, a maioria se localiza na vertente esquerda da microbacia do Ribeirão Cambé, no eixo viário que liga Londrina à vizinha cidade de Cambé. Pode-se observar também que a concentração de indústrias se dá próximo aos Córregos Leme e Água Fresca (figura 18).



**Figura 18** – Localização das indústrias na Microbacia do Ribeirão Cambé

**Fonte:** Cadastro Imobiliário PML (2007). Org: Gelsy Gonçalves.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Avaliar a qualidade da água utilizando dados levantados no monitoramento realizado no Lago Igapó e alguns de seus tributários, quando foram determinadas variáveis físicas químicas e biológicas.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Identificar a relação entre o uso do solo urbano e a evolução da qualidade da água do Lago Igapó no período de aproximadamente 10 anos;
- Documentar uma parte do processo da história da microbacia do Ribeirão Cambé, particularmente no entorno do Lago Igapó, estudando as formas de ocupação dessa região;

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA SOBRE O TEMA E A SUA PROBLEMATIZAÇÃO

Há muitas referências e estudos sobre a água, abrangendo desde a origem de sua utilização e a sua importância para a vida urbana e rural. Nos últimos 30 anos há muita preocupação sobre a sua escassez a forma incorreta de sua utilização, como também preocupações com a qualidade da água.

O objeto deste estudo, a microbacia do Ribeirão Cambé, está localizada em uma cidade com aproximadamente 500.000 habitantes na área urbana e praticamente no centro sul do *core* da cidade. Portanto, a questão da qualidade e do seu manejo são pontos fundamentais para que a qualidade da água possa ser preservada.

Rocha, faz uma distinção entre microbacia e bacia hidrográfica e cita que, os conceitos de microbacia e de bacia hidrográfica são os mesmos, ambos estão relacionados com as áreas drenadas pelas águas pluviais, que por ravinas, canais e tributários, se dirigem para um curso principal, com vazão afluente convergindo para uma única saída e desaguando num mar ou em um grande lago (ROCHA, 2001 apud LEONARDO, 2003, p. 6). E que considerando o fator área, Lima e Zakia (2000) expressam que do ponto de vista da hidrologia a classificação de bacias hidrográficas em grandes e pequenas deve-se considerar além da superfície total os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. As microbacias têm uma grande sensibilidade tanto a chuvas de alta intensidade (curta duração), como ao fator uso do solo. Chuvas intensas e mudanças no uso do solo provocam alterações na quantidade e na qualidade da água do deflúvio e, podem ser detectadas com muito mais sensibilidade nas microbacias do que nas bacias grandes. Nestas últimas o efeito armazenamento é tão pronunciado que a bacia se torna menos sensível a chuvas intensas e mudança do uso do solo (LIMA; ZAKIA, 2000 apud LEONARDO, 2003, p. 6).

Xavier (2005, p.18), ao avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba cita que, os “corpos de água são classificados por seus três componentes principais: hidrologia, características físico-químicas e biologia”.

No que diz respeito à hidrologia os corpos de água, podem ser

diferenciados em lóticos, de água corrente como os rios, e lânticos cuja velocidade é pequena ou nenhuma, e cujo tempo de residência da água varia de poucas semanas a décadas; ambientes estes representados por lagos naturais. Existe ainda um tipo intermediário de ambiente, os lagos artificiais, construídos para diversos usos, onde a velocidade e tempo de residência dependem entre outras coisas das características hidrológicas da bacia hidrográfica. Estes ambientes são sistemas complexos de água corrente, que drenam áreas específicas denominadas de bacias hidrográficas. Lagos são corpos de água fechados totalmente margeados por terra, podendo ser, portanto, isolados sem uma fonte aparente de entrada de água e, em certas ocasiões, sem uma saída de água direta (XAVIER, 2005, p. 18). Algumas diferenças existentes entre esses ambientes podem ser vistas no quadro 02.

Propriedade	Rio	Lago	Reservatórios
Flutuação do nível da água	Grande, irregular depende de condições climáticas.	Pequena, estável.	Grande, irregular depende de regras operativas e de manejo.
Estratificação térmica	Depende do regime natural	Depende do regime natural	Variável, irregular.
Entrada de água	Depende do clima e da geomorfologia da bacia.	Depende de pequenos tributários e fontes difusas superficiais ou subterrâneas.	Depende de tributários superficiais.
Saída de água	Normalmente fluxo contínuo.	Relativamente estável, superficial.	Irregular, depende de regras operativas e de manejo, várias profundidades da coluna de água.
Tempo de residência	Algumas horas a poucas semanas.	Longo, de um a vários anos.	Variável de dias a anos.
Padrão de oxigênio dissolvido	Variação horizontal é mais expressiva.	horizontal, gradiente vertical com oxigênio máximo mais comum que mínimo a partir do metalimnio.	Grande variação, gradiente vertical com oxigênio mínimo mais comum que máximo a partir do metalimnio.
Extinção de luz	Dependente da cor da água e da quantidade de material suspenso.	Gradientes verticais predominantes, baixa extinção de luz.	Gradientes horizontais predominantes, extinção de luz irregular.
Carga externa de nutrientes	Entradas laterais, e dependente da geologia e uso do solo.	Cargas moderadas por influência biogeoquímica de ecótonos.	Mais alta que em lagos, função dos rios tributários e tipo de solo.
Dinâmica de nutrientes	Associada ao fluxo e vazão.	Predominam gradientes verticais, pequena carga interna em lagos não eutrofizados pela ação antrópica.	Predominam gradientes horizontais, dependem da taxa de sedimentação, tempo de residência e regime hidráulico.
Fitoplâncton	Crescimento limitado pela taxa do fluxo da água.	Limitado pela disponibilidade de luz e nutrientes inorgânicos, podem formar florações sazonais.	Limitado pela disponibilidade de luz, nutrientes inorgânicos e tempo de residência, podem formar florações.
Fauna bentônica	Desenvolve-se intimamente ligada ao substrato, alta produtividade.	Diversidade e produtividade moderada.	Baixa diversidade e produtividade limitada pela flutuação do nível da água.

Adaptado de: TUNDISI (1983); WETZEL (1990); MEYBECK et al. (1992); THOMAS et al. (1992) *apud* XAVIER(2005).

**Quadro 2** – Algumas propriedades que definem rios, lagos naturais e reservatórios.

Quirós (2007) aponta que, os ecossistemas de lagos em seu estado natural se encontram integrados ao funcionamento da paisagem como um sistema integrador e que em outras palavras todas as atividades que se realizam na bacia de drenagem de um lago se reflete tanto na estrutura biótica como no funcionamento do lago.

O rio é um sistema fluvial que apresenta uma grande interação com os ecossistemas terrestres circunvizinhos, com importação e exportação de materiais e energia de maneira dinâmica. Os rios são ambientes lóticos, ou de água corrente, que apresentam renovação constante e efeito de transporte de vários tipos de substâncias (MARGALEF, 1983, apud CRUZ, 2003, p. 25). Conseqüentemente, os rios são sistemas abertos, com fluxo contínuo, desde a nascente até a foz (HYNES, 1970 apud CRUZ, 2003, p.25).

Neste item, será feita uma rápida revisão da literatura para situar o nosso objeto de estudo num contexto mais amplo, do ponto de vista da sua problematização.

Inicialmente, a pesquisa se apoiará na publicação sobre *Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas* do Ministério das Cidades publicado em 2005.

Segundo este estudo, os problemas de saneamento ambiental refletem-se atualmente:

[...] na saúde da população, nas inundações e na deterioração de um meio ambiente rico e diversificado em muitas regiões. Com a transformação de um ambiente rural em urbano, o problema tende a se agravar, e, se nada for feito, as futuras gerações herdarão um passivo muito alto, pelos efeitos dos impactos ambientais que sofrerão (BRASIL, 2005b, p.7).

Na concepção do Ministério há os seguintes alertas distribuídos em cinco aspectos que envolvem a gestão das águas.

- O desenvolvimento urbano não pode ocorrer sem a busca da sustentabilidade do espaço após a ocupação da população. Para isso, devem ser definidas regras de uso e de ocupação que preservem condicionantes da natureza, permitindo que o sistema possa receber o transporte, o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o

tratamento, a drenagem urbana e a coleta, o processamento e reciclagem dos resíduos;

- O abastecimento de água deve ser realizado de fontes confiáveis que não tenham sido contaminadas por outras fontes de montante;
- O esgoto sanitário deve ser tratado para que a água a ser consumida esteja apropriada ao consumo e o sistema hídrico tenha condições de se recuperar;
- A drenagem urbana deve preservar as condições naturais de infiltração, evitar transferência para jusante de aumento de vazão, volume e carga de contaminação no escoamento pluvial e erosão do solo;
- Os resíduos sólidos devem ser reciclados na busca da sustentabilidade e da renda econômica dessa riqueza; e a disposição do restante deve ser minimizada.

Conforme pode ser visto pelos itens acima, observa-se uma relação intrínseca entre a preservação, a urbanização, os corpos d'água urbanos e a sua gestão.

## **2.1 A EMERGÊNCIA DA PROBLEMÁTICA RELACIONADA À ÁGUA NO CONTEXTO DA SOCIEDADE CONTEMPORÂNEA**

A preocupação com a importância da água para o consumo humano tem sido objeto de estudos e apreensão por parte de organismos internacionais, há mais de três décadas, pois atualmente cerca de metade da população do mundo está residindo em áreas urbanas. Além dos aspectos quantitativos da urbanização mundial, há os aspectos qualitativos desta urbanização os (WALDMAN, 2002).

Waldman faz a seguinte observação:

No passado, as cidades eram pequenas e ainda não haviam perdido seu vínculo com o meio rural. A partir do Séc. XVIII, a população urbana mostra tendência de concentrar-se em cidades cada vez maiores, chegando às metrópoles, e posteriormente, nas megalópoles, as maiores manchas urbanas da história (WALDMAN, 2002, p.122 - 123).

Tucci e Orsini (2005), no seu trabalho sobre *Visão da Situação Nacional das Águas Urbanas* apresentam uma idéia geral sobre a forma como as águas urbanas têm sido tratadas pela legislação brasileira, como também uma visão da sociedade em relação a sua gestão. Será feita uma rápida síntese antes de abordar a questão da qualidade da água.

### **2.1.1 Raízes e Referências sobre a Evolução da Gestão das Águas**

Segundo os autores referenciados (TUCCI; ORSINI, 2005) “no final do século XIX e parte do século XX, água urbana resumia-se no abastecimento humano, ou seja, em entregar a água à população, retirar o esgoto para longe e dispor na natureza sem tratamento”. A situação parece não ter mudado muito principalmente no interior de pequenas cidades brasileiras. Essa fase, que pode ser chamada “*higienista*”, em função da preocupação dos sanitaristas em fornecer água segura e evitar a proliferação de doenças de veiculação hídrica, retirando o esgoto de perto das pessoas. Por outro lado:

[...] As águas pluviais eram planejadas para escoar pelas ruas até os rios. Este cenário foi aceitável enquanto as cidades tinham população de até 20 mil habitantes ou se encontravam distantes uma da outra para que o esgoto de uma cidade não contaminasse o manancial (TUCCI; ORSINI, 2005, p. 260).

O aumento drástico do consumo de água tornou-se freqüente devido principalmente ao equipamento das residências com vasos sanitários com válvula de descarga e duchas, tornando freqüente o transbordamento de fossas. Problema que levou muitos proprietários a conectar suas canalizações a céu aberto misturando água pluvial com dejetos provocando a contaminação de poços freáticos e profundos. Problemática agravada pela ausência de coleta e destinação do lixo. Na primeira metade do século XIX grandes cidades européias e norte-americanas foram assoladas por epidemias de cólera. Quadro que levou a uma ampla reação social na Inglaterra ao longo da década de 1849-50 e que se espalhou pela Europa e Estados Unidos, o movimento higienista ou sanitarista (VARGAS, 1999).

Em 1854, durante uma epidemia de cólera em Londres, a Sociedade Epidemiológica de Londres, a primeira Associação de Epidemiologia conhecida, tinha o objetivo de descobrir a etiologia da cólera. John Snow, um dos membros fundadores dessa sociedade durante a epidemia, e médico particular da rainha Vitória, verificou que a mortalidade por essa doença era diferente nos diversos pontos da cidade. A água era fornecida, em carros pipa, por empresas privadas. Snow na primeira das duas epidemias estudadas verificou que os distritos de Londres que apresentaram maiores taxas de mortalidade pela cólera eram abastecidos de água por duas companhias: a Lambeth Company e a Southwark & Vauxhall Company. Naquela época, ambas utilizavam água captada no rio Tamisa num ponto abaixo da cidade. No entanto, na segunda epidemia por ele estudada, a Lambeth Company já havia mudado o ponto de captação de água do rio Tamisa para um local livre dos efluentes dos esgotos da cidade. Tal mudança deu-lhe oportunidade para comparar a mortalidade por cólera em distritos servidos de água por ambas as companhias e captadas em pontos distintos do rio Tamisa. Os dados sugeriam que o risco de morrer por cólera era mais de cinco vezes maior nos distritos servidos somente pela Southwark & Vauxhall Company do que as servidas, exclusivamente, pela Lambeth Company. Chama a atenção o fato de os distritos servidos por ambas as companhias apresentarem taxas de mortalidade intermediárias. Esses resultados são consistentes com a hipótese de que a água de abastecimento captada abaixo da cidade de Londres era a origem da cólera.

Esses resultados tornaram consistente a hipótese formulada por Snow e permitiram que os esforços desenvolvidos para o controle da epidemia fossem direcionados para a mudança do local de captação da água de abastecimento.

Portanto, mesmo sem dispor de conhecimentos relativos à existência de microrganismos, Snow demonstrou por meio do raciocínio epidemiológico que a água pode servir de veículo de transmissão da cólera.

De acordo com Scliar (2008) o episódio encerra algumas lições: “Primeiro, mostra a associação, hoje sobejamente comprovada, entre água e doença—não apenas o cólera, como depois se constatou: também febre tifóide, doenças diarréicas, hepatite. Segundo, demonstra que não se pode fazer saúde pública sem um adequado controle da água de abastecimento”.

Segundo Sig – Dicionário livre de Geociências (SIG, 2008), o

estudo promovido por John Snow, em 1854, “foi o primeiro caso documentado de uso de um mapa, com informação georeferenciada capaz de realçar o relacionamento entre a variável lançada e o local de ocorrência”.

Houve uma rápida evolução da população urbana e os problemas ligados ao abastecimento e a qualidade da água não foi preservada. Segundo Tucci e Orsini, “[...] a estratégia de desenvolvimento se manteve na fase *higienista*, gerando o que é chamado de ‘ciclo de contaminação’, onde a cidade de montante polui a de jusante e esta deverá poluir a seguinte” (TUCCI; ORSINI, 2005, p.260).

Devido à falta de cuidados e corretas estratégias na qualidade do abastecimento de água, muitos problemas foram se acumulando.

Não só nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, como o Brasil, mas também nos ditos desenvolvidos a situação em sua origem não foi diferente. O quadro 03 ilustra esta realidade.

Anos	Período	Características
Até 1970	Higienista	Abastecimento de água sem tratamento de esgoto, transferência para jusante do escoamento pluvial por canalização.
1970- 1990	Corretivo	Tratamento de esgoto, <b>amortecimento</b> quantitativo da drenagem e controle do impacto existente da qualidade da água pluvial. Envolve principalmente a atuação sobre os impactos.
1990*	Sustentável	Planejamento da ocupação do espaço urbano, obedecendo aos mecanismos naturais de escoamento; Controle dos micro-poluentes, da poluição difusa e o desenvolvimento sustentável do escoamento pluvial através da recuperação da <b>infiltração</b> .

\* período que iniciou este tipo de visão. Fonte: Tucci e Orsini, 2005, p.261.

### Quadro 3 – Estratégias de desenvolvimento

Alguns fatos históricos sobre a evolução da Concessão de serviços de água e esgoto merecem referências. Conforme estudo de Vargas (1999), o setor privado foi excluído da concessão de serviços públicos de água e esgoto ao contrário do que ocorreu entre o final do século XIX e início do século XX. Porém a centralização gerencial ocorrida durante a vigência do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), de 1970 a 1986 reforçou a exclusão do capital privado da operação de serviços, associando-o, entretanto, como parceiro fundamental do setor público nos ramos de consultoria, construção e fornecimento de materiais. Durante o regime militar, com um quadro de centralização política e financeira, os

municípios foram forçados a conceder seus serviços às companhias estaduais de saneamento básico, mediante contratos de cunho autoritário, que não reconheciam as prerrogativas reguladoras do poder municipal concedente. A concessão dos serviços às companhias estaduais era condição para que os municípios tivessem acesso aos recursos do sistema financeiro de saneamento gerido pelo Banco Nacional de Habitação (BNH). Nestas condições, as companhias estaduais acabariam dominando a gestão do setor de abastecimento de água no Brasil e também se predominando no campo de esgotamento sanitário. Com o colapso financeiro do PLANASA no final de 1980 e com a promulgação em 1988 da Constituição iniciou-se o processo de revisão do antigo modelo institucional, que culminou com a sanção da Lei federal 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, regulamentando a concessão de serviços públicos (VARGAS, 1999, p.123-124).

Atualmente, a visão sobre o tratamento necessário da água como também as formas de sua gestão estão mais evoluídos.

No final da década de 1970, a Lei 6766/78, estabeleceu critérios para parcelamento do solo urbano, definindo áreas de preservação ecológica, abrangendo as áreas de interesse especial, como de proteção de mananciais, patrimônio cultural, histórico, paisagístico e arqueológico, as florestas de preservação permanente, parques nacionais, estaduais e municipais, reservas biológicas e de caça, estações ecológicas e as áreas de proteção ambiental.

Com relação ao quadro 03 é preciso que se diga que do período de 1970, fase *higienista*, os países desenvolvidos foram para a fase corretiva, tratando seu esgoto doméstico como também controlando as inundações urbanas.

Segundo informações de Tucci e Orsini (2005):

[...] o esgoto doméstico foi implantado até a cobertura quase total, desta forma o ambiente urbano se tornou melhor, mas não recuperou sua condição natural. Observou-se que além do esgoto cloacal existia a carga de esgoto pluvial e a inadequada distribuição dos resíduos sólidos, processos totalmente inter-relacionados no cotidiano. O resíduo que não é coletado acaba dentro do sistema de drenagem. [...] Este impacto apresenta um custo ainda maior, pois é difuso e distribuído na cidade. Nesta busca de solução verificou-se que não bastava atuar sobre o problema no “end of pipe”, ou seja, depois que ocorreu e está nos condutos, mas é necessário trabalhar preventivamente na origem do desenvolvimento urbano (TUCCI; ORSINI, 2005, p.261).

Finalizando este tópico sobre as **raízes da gestão das águas urbanas**, pode-se referendar com os autores que “os países em desenvolvimento estão tentando sair da primeira fase para uma ação corretiva e não possui praticamente nenhum desenvolvimento dentro da fase sustentável”.

## **2.2 GESTÃO DAS ÁGUAS ALÉM DOS MUNICÍPIOS**

Nos últimos 20 anos vários pesquisadores de diversas áreas de conhecimento como também as Instituições públicas e privadas têm dado mais atenção na **gestão integrada das águas**. Uma das grandes causas desta opção é a necessidade de fazer uma gestão tanto urbana como regional, obedecendo-se às configurações do suporte físico ambiental, por onde as águas percorrem ultrapassando os limites e as fronteiras políticas, ou seja, as poluições geradas à montante sempre percorreram até a jusante, com efluentes muitas vezes degradando solos, assoreando os rios e diminuindo a qualidade da água. Na concepção de Carvalho (2003), segundo o seu artigo *Águas nas cidades: reflexões sobre usos e abusos para aprender novos usos*:

A gestão dos recursos hídricos envolve um sistema de ações no quadro sócio-político e institucional que não deve ser negligenciado, mas incorporado. Muitas destas instâncias são independentes e autônomas, mas são essenciais para **cúria** das águas nas cidades, (CARVALHO, 2003, p. 26).

Segundo o autor em referência, na *Gestão dos Recursos Hídricos na Cidade e suas inter-relações com outros Temas Urbanos e Regionais*, há necessidade de uma adequação em relação à legislação e a gestão. O autor apresenta um quadro da situação atual e desejada, referente ao saneamento básico, resíduos sólidos e planejamento regional, entre outros itens, que são muito pertinentes a esta pesquisa. Portanto serão transcritas três situações (quadro 04), dentre as dez referidas:

### **Saneamento Básico**

<b>Situação atual</b>	<b>Situação Desejada</b>
As águas sempre são preteridas na expansão das cidades. A solução sempre é de buscar a água para abastecimento mais longe quando esta se torna escassa no sítio e sempre se intensifica o seu tratamento, não se importando com as origens de sua poluição. Os cursos d'água sempre são o destino final de águas residuárias sem tratamento. A drenagem natural das águas pluviais sempre é negligenciada, como possível sempre de ser resolvida pela engenharia urbana tradicional.	É imprescindível uma gestão integrada dos recursos hídricos compatíveis com o desenvolvimento sustentável no qual se preserve a qualidade da água, quaisquer que sejam os seus usos urbanos, se trate às águas usadas nas funções urbanas e se respeite o movimento das águas, minimizando ao máximo, modificações nos parâmetros do ciclo hidrológico. É bem-vindo, inclusive, um processo de renaturalização, principalmente naqueles episódios que a natureza procura retornar o seu estado natural.

### **Resíduos Sólidos**

<b>Situação atual</b>	<b>Situação Desejada</b>
A situação da destinação dos resíduos sólidos é uma das coisas mais negligenciadas pelo poder público e pelas comunidades. É dominante a utilização dos chamados "lixões", promovidos e permitidos pelas administrações municipais além dos depósitos ditos clandestinos, às vezes causados pela ineficácia dos serviços de coleta. Muitos destes lixões estão em áreas alagadiças ou nas fronteiras d'água. É comum o uso de nascentes, ampliadas em vagas recessivas de erosão, causadas pela urbanização, como solução para os entulhos.	É necessário não apenas otimizar a coleta de lixo e serviços, mas planejar uma ação estratégica e uma matriz ampla na questão do destino final e tratamento do lixo. Para as grandes cidades, é necessário, não mais apenas um aterro sanitário bem planejado, bem projetado e bem localizado. Não se pode prescindir da coleta seletiva para aumentar a vida útil dos aterros. É necessário também incorporar as usinas de tratamento e beneficiamento de lixo, incluindo os diversos componentes, destacando a compostagem orgânica e o beneficiamento e a reciclagem dos entulhos, em grande parte oriundos da construção civil. Somente assim os cursos d'água poderão deixar de ser repositório do lixo urbano.

### **Planejamento Regional**

<b>Situação atual</b>	<b>Situação Desejada</b>
As configurações dos limites municipais e das ocupações urbanas não se conformam com as compartimentações ambientais que sejam adequadas para a boa gestão ambiental. Rios cortam fronteiras municipais e regionais. Assim, as águas poluídas de uma cidade passam para outra. Ademais, o adensamento urbano não é condizente com a capacidade de suporte dos ecossistemas, principalmente tendo em consideração os recursos hídricos para os mais diversos fins. Soma-se a isto, a dispersão assistêmica das políticas e dos recursos.	Fomentar a política de gestão dos recursos hídricos, incluindo os interesses urbanos em uma base regional para então definir um plano de investimentos de melhoria e recuperação dos corpos d'água em nível local. É necessário compreender que os interesses regionais também são interesses locais. O tratamento de esgoto de uma cidade pode baratear o custo do tratamento d'água da cidade a jusante, entre outros ganhos, como, por exemplo, preservar um corredor de sustentabilidade para a fauna flúvio-ripária. Os mananciais de uma cidade podem estar em outro município. As áreas de proteção ambiental são regionais. Tudo demanda em certa resolução em nível regional

**Quadro 4** – Situação atual e desejada, referente ao saneamento básico, resíduos sólidos e planejamento regional.

**Fonte:** Carvalho (2003).

Como pode ser observado no quadro 4, é fundamental a realização de uma gestão integrada dos recursos hídricos, preservando a qualidade da água e, quanto ao destino dos resíduos sólidos há necessidade de um cuidado maior, pois planejar uma ação estratégica, otimizando o seu fluxo é muito importante para que

os nossos cursos d'água deixem de ser repositórios do lixo urbano.

Um alerta que não depende das ações dos municípios, mas de uma ação regional é quanto aos investimentos de melhoria e recuperação dos corpos d'água que necessitam de uma integração regional em nível mais amplo.

Dos vários itens assinalados, um aspecto é fundamental, embora os outros aspectos não possam ser negligenciados: é a questão do saneamento e os impactos sobre os mananciais e a gestão do abastecimento.

Há vários tipos de impactos que os mananciais sofrem no decorrer do tempo, degradando a qualidade da água.

Esses impactos negativos mencionados por Montenegro e Tucci (2005), “[...] tem sido gerados por conta da falta de uma gestão integrada do uso do solo e da infra-estrutura. Isso é ainda mais marcante quando relacionado com a infra-estrutura da água no meio urbano” (MONTENEGRO; TUCCI, 2005, p.8).

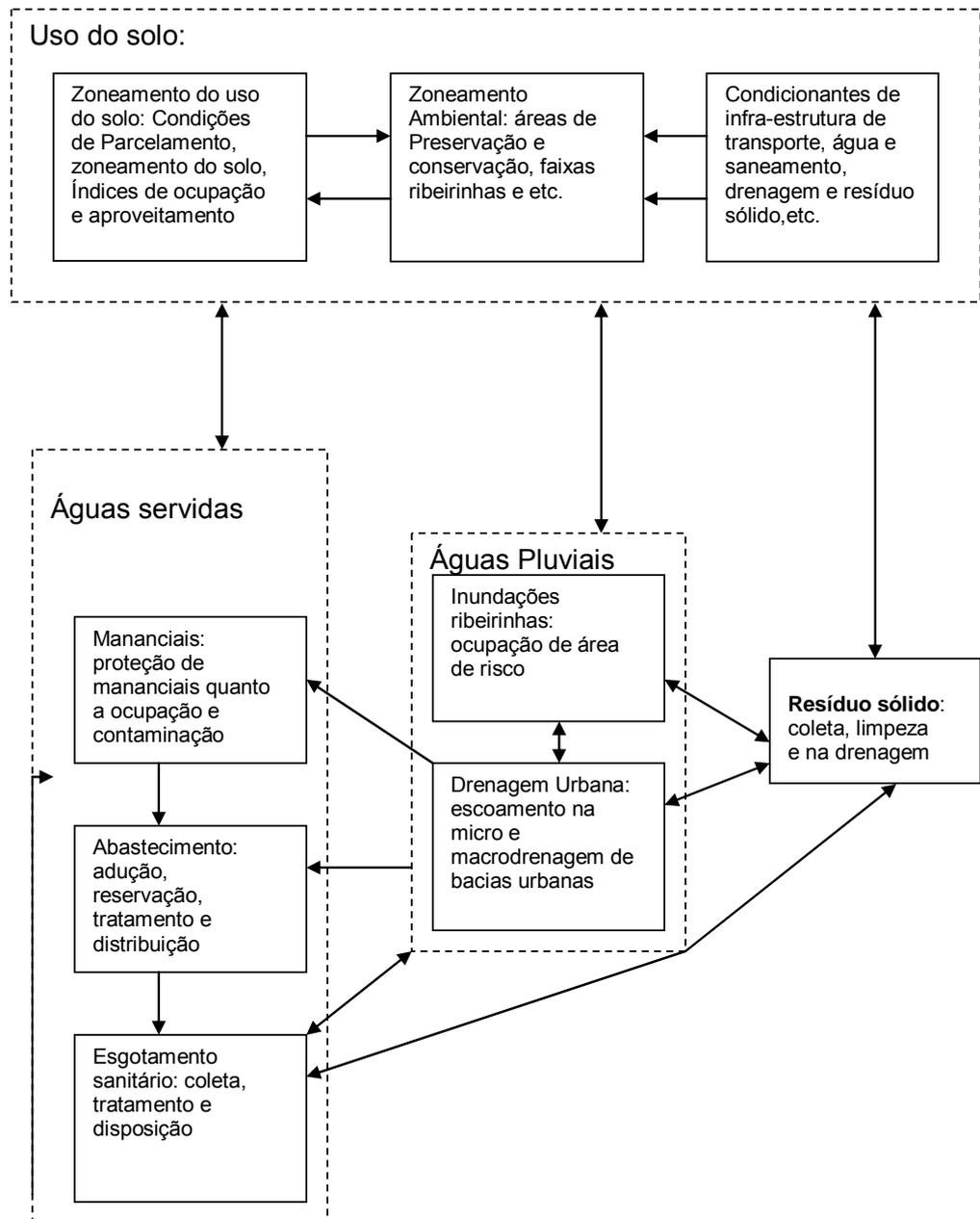
Esses autores relatam que o País possui alta cobertura de abastecimento de água, mas, a parcela de esgoto sanitário tratado que é devolvido aos rios tratado é muito pequena. Mesmo essa parcela tratada também apresenta deficiências de tratamento, quando comparada aos parâmetros de projeto. A poluição gerada tem comprometido o abastecimento de água das cidades (meta que de alguma forma tinha sido atingida) criando condições para proliferação de doenças, além de deteriorar o meio ambiente.

Na figura 19 é possível verificar as interfaces entre os sistemas, cujas relações de dependência e interdependência aparecem claramente através de fluxos entre o ambiente e as interferências antrópicas.

Ainda com relação aos impactos sofridos, Montenegro e Tucci (2005, p.8) assim se expressam:

Os impactos decorrentes das águas pluviais não se resumem ao grande volume de água; são agravados pela grande carga de poluentes que é carreada para os rios, além do material do esgoto sanitário. Esses poluentes são orgânicos e químicos, resultados do lixo urbano e da emissão de gases para a atmosfera, os quais se depositam sobre as superfícies urbanas e são lavados durante inundações. Estima-se que esse tipo de poluição represente 40% do total dos poluentes.

Por outro lado, as águas urbanas sofrem, também, impactos gerados pelo próprio desenvolvimento urbano, pois o crescimento urbano no Brasil ocorreu de forma muito acelerada e desorganizada, não só pela rapidez como pela falta de infra-estrutura das cidades. O país possui mais de 83% da população na área urbana.



**Figura 19** – Interação entre os sistemas

Fonte: Montenegro e Tucci (2005).

Esse processo ocorreu principalmente nas regiões metropolitanas (RMs) e nas cidades que se transformaram em pólos regionais. Essas regiões

metropolitanas (RMs) possuem um núcleo principal, com várias cidades circunvizinhas. A taxa de crescimento na cidade-núcleo da RM é pequena, enquanto o crescimento da periferia é muito alto. Cidades acima de 1 milhão crescem a uma taxa média de 0,9% anual, enquanto os pólos regionais de população, entre 100 a 500 mil cidades médias segundo IPEA/IBGE, MMA (2000, apud MONTENEGRO; TUCCI, 2005), crescem a taxa de 4,8% ao ano. Todos os processos inadequados de urbanização e o impacto ambiental que se observaram nas RMs estão se reproduzindo nas cidades de médio porte. Cidades com população entre 50 mil e 800 mil habitantes têm aumentado sua participação no total da população urbana brasileira, chegando a 29%, enquanto as RM representavam 34,8% do conjunto da população, em 1996 (MMA, 2000, apud MONTENEGRO; TUCCI, 2005, p.8).

Muitas vezes, a expansão desordenada das cidades pode agravar a qualidade do espaço urbano e a própria qualidade de vida.

Segundo trabalhos do Ministério do Meio Ambiente o crescimento populacional ocorre principalmente na população de baixa renda, e a população favelada pode dobrar nos próximos dez anos, chegando a 13,5 milhões de pessoas. Isso reflete o déficit habitacional resultado da situação econômica, já que a participação do Estado no aumento da moradia foi da ordem de 27% (MMA, 2000 apud MONTENEGRO; TUCCI, 2005, p.8). Nas regiões mais pobres, toda a infraestrutura urbana (transporte, água, saneamento, coleta de lixo e drenagem) é mais deficiente, com conseqüências evidentes para os próximos moradores.

Os problemas relacionados com a ocupação do espaço urbano podem assumir proporções gigantescas, e podem-se citar alguns de forma reduzida:

- a expansão irregular, geralmente, ocorre sobre áreas de mananciais de abastecimento humano, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades;
- a população de baixa renda tende a ocupar áreas de riscos de encostas e áreas de inundações ribeirinhas, por conta da falta de planejamento e fiscalização;
- o aumento da densidade habitacional repercutirá no aumento da demanda de água e no aumento da carga de poluentes sem tratamento lançados nos rios próximos às cidades;

- com a acelerada impermeabilização, os rios urbanos serão canalizados ou desaparecerão debaixo das avenidas de fundo de vale e outras, produzindo inundações em diferentes locais de drenagem (MONTENEGRO; TUCCI, 2005, p.9).

O desenvolvimento urbano tem produzido um ciclo de contaminação, gerados pelos efluentes da população urbana (esgoto doméstico/industrial e os esgotos pluviais) e, dentre os danos causados nos mananciais, relacionados à gestão de abastecimento, podem ser assinalados os seguintes:

- despejo sem tratamento dos esgotos domésticos nos rios, que possuem capacidade limitada de diluição, contaminando-os. Isso resulta da falta de investimentos nos sistemas de esgotamento sanitário e nas estações de tratamento; mesmo quando existem possuem baixa eficiência;
- despejo de esgotos pluviais, que transportam grande quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios nos períodos chuvosos. Essa é uma das mais importantes poluições difusa;
- contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos por intermédio das fossas sépticas e dos vazamentos dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial;
- depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, funcionando como fonte permanente de contaminação;
- ocupação do solo urbano, sem um efetivo controle do seu impacto sobre o sistema hídrico (MONTENEGRO; TUCCI, 2005, p.9).

### **2.2.1 Águas Urbanas, Formas de Administração**

A gestão dos recursos hídricos que toma por base a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial, tem sido discutida como uma importante forma de gestão.

Na expressão de Leal:

[...] a água constitui um elemento fundamental a ser considerado na gestão urbana e regional, tendo em vista sua potencialidade de induzir ou dificultar o desenvolvimento social e econômico. [...] o gerenciamento das águas torna-se imprescindível para garantir sua quantidade e qualidade em níveis adequados aos múltiplos usuários, atuais e futuros. Para tanto, deve-se garantir a aplicação de princípios básicos, estabelecidos em várias conferências mundiais e leis nacionais ou estaduais e, sobretudo, o domínio público das águas (LEAL, 2003, p.65).

Leal (2003), no seu estudo sobre o assunto, colocou em debate, fazendo, as seguintes referências, conforme síntese abaixo.

A bacia hidrográfica funciona como um sistema aberto, em que cada um dos elementos presentes no sistema está intrinsecamente relacionado entre si, e tudo o que ocorre em uma determinada bacia, repercute direta ou indiretamente nos rios e na qualidade e quantidade das águas (LEAL, 1995, apud LEAL, 2003).

Considerar uma bacia hidrográfica como uma unidade de gestão, portanto impõe abordar todos componentes dos recursos naturais (água, solos, relevo, atmosfera, subsolo, flora, fauna) e componentes sociais e econômicos, não apenas em termos de bacia hidrográfica, como também em termos de planejamento global integrado (ROSS; PRETE, 1998).

Em 1994, a Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL) indicaram alguns aspectos positivos na adoção da bacia hidrográfica como espaço territorial para implementação da gestão integrada dos recursos hídricos. Apresentou cinco itens desses aspectos abaixo assinalados:

- a) possibilidade de organizar a população em relação à temática ambiental, em função das águas, superando deste modo às barreiras impostas por limites e setores políticos e administrativos, facilitando a comunicação entre eles;
- b) permite uma maior facilidade para sistematizar e executar ações dentro de um espaço onde se podem colimar os interesses dos atores ao redor do uso do território da bacia, de uso múltiplo da água e do controle de fenômenos adversos;

- c) possibilidade de avaliar os resultados alcançados em termos de manejo de recursos naturais visto a sua repercussão na descarga d'água, ou seja, trabalhando com base nas bacias hidrográficas pode-se medir o que está se conseguindo em termos da desejada sustentabilidade ambiental;
- d) o uso de critérios hídricos ambientais estabelece como princípio o respeito ao ambiente e seu funcionamento físico ecológico; ao considerar os critérios sociais pode-se obter a equidade, a minimização de conflitos e a segurança da população;
- e) favorece o crescimento econômico, mediante o melhor uso dos recursos naturais da bacia e dos recursos de infra-estrutura existentes de modo harmônico com as metas de transformação produtiva e de uso, (LEAL, 2003, p.72).

Segundo Leal (2003), a gestão por bacias hidrográficas encontra também algumas limitações, ilustrando da seguinte forma: [...] a localização, delimitação e denominação de algumas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos demonstram que o critério bacia hidrográfica não pôde ser seguido plenamente (LEAL, 2003, p.73).

Leal exemplifica com as seguintes palavras:

A unidade UGRHI Pontal do Paranapanema, por exemplo, constitui uma verdadeira mesopotâmia, que confere algumas especificidades importantes a esta unidade hidrográfica: não constitui uma bacia hidrográfica única, que possa ser delimitada segundo critérios geomorfológicos, com divisores de águas e rede de drenagem principal; dois de seus limites são constituídos por rios, os quais, na nova política hídrica, devem constituir os meios de união das terras ou territórios e não os limites de áreas de atuação de Comitês de bacias (LEAL, 2003, p.73).

Leal aponta como um grande desafio de gerenciamento, a oportunidade para se buscar a necessária articulação interinstitucional de comitês estaduais e federais com a finalidade de promover o gerenciamento integrado das águas desses rios, e assinala um outro grande desafio da gestão dos recursos hídricos, que:

[...] consiste na compatibilização dos limites das bacias hidrográficas e dos territórios municipais e estaduais para aplicação de políticas públicas de gestão urbana e regional, já que muitos impactos ambientais sobre as águas originam-se da inadequação das ações gerenciais sobre os territórios que possuem os cursos d'água como limites e não como centros aglutinadores. Assim, é preciso analisar cada caso específico de limitação territorial, não considerando apenas os limites naturais da bacia hidrográfica, mas o uso e ocupação do solo, a organização (LEAL, 2003, p. 73-74).

### **2.2.2 Algumas Limitações na Adoção da Gestão por Bacias Hidrográficas: O Caso da “Bacia Social” e a Influência da Morfologia Urbana Regional**

Como já foi dito em outros itens anteriores, há aspectos positivos quando se toma a bacia hidrográfica como uma unidade de gerenciamento, principalmente pela possibilidade da evolução do conceito de participação, integração e cooperação entre os municípios. Entretanto, dependendo da região, há outros fatores que influem na forma de gerenciamento.

Por exemplo. Nas experiências no Ceará:

[...] Defende a autora que, para esta realidade, torna-se mais adequado adotar o “conceito de bacia social” como ponto de partida e que permite que sejam levados em consideração os interesses dos atores locais e que seus interesses e incentivos sejam relacionados ao ambiente natural. Essa abordagem facilita a análise das relações entre os sistemas sócios - econômicos e, naturais e aumenta as chances para que sejam criados arranjos institucionais que visem à gestão do meio ambiente, (KEMPER, 1997, apud LEAL, 2003, p.74).

Além do caso do Ceará, um outro exemplo assinalado por Leal demonstra que há uma heterogeneidade de situações, onde nem sempre a bacia hidrográfica pode ser utilizada com unidade de gestão. São suas palavras: no caso paulista, é preciso considerar que existem cidades localizadas em UGRHIS diferentes, especialmente no oeste do Estado, onde as cidades surgiram acompanhadas dos trilhos das ferrovias, implantados nos espigões divisores de bacias hidrográficas. Assim, têm-se cidades nos limites de UGRHIS, importando água de uma bacia e exportando resíduos sólidos e líquidos para outras. Esta localização vai refletir-se também em conflitos na participação de representantes

nos comitês de bacias e na divisão de recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos.

Finalizando este item, podem ser apontados dois posicionamentos: limitações na adoção da bacia hidrográfica como recorte físico-territorial para o gerenciamento das águas que precisa ser alterado ou complementado por outros recortes espaciais: aquíferos, unidades pluviais, domínios morfoclimáticos, regiões administrativas etc. e, outro quando não se consegue compatibilizar o recorte físico-territorial adequado com os limites administrativos, municipais, regionais e estaduais, endossando os pensamentos de Leal.

Entretanto, por mais problemas que possam ser assinalados, Leal destaca as potencialidades da gestão por bacias apresentando quatro vantagens:

- a) amplas possibilidades de mobilização social, especialmente na defesa da água;
- b) a articulação de diferentes instituições para atuação em ações integradas, incluindo o planejamento voltado ao desenvolvimento sustentável;
- c) a facilidade de avaliação de resultados das ações de gerenciamento diretamente na qualidade e quantidade de água;
- d) desenvolvimento de amplo processo educativo baseado nas premissas da Educação Ambiental, tendo as bacias hidrográficas com recorte territorial e temático para educação da comunidade em geral e dos gestores de recursos hídricos em particular, (LEAL, 2003, p. 75).

Conforme observações de Leal (2003), sobre as vantagens e a potencialidade educativa social e política da gestão das bacias hidrográficas, podemos concluir que existem mais benefícios para a população do que problemas desde que haja uma conciliação entre a demanda, o uso social e a forma de degradação local e regional.

Garcia e Valencio (2003), quando falam dos desafios e limitações no uso dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo apontam as seguintes falhas:

- centralização das ações governamentais em processos de gestão e falta de maior envolvimento de usuários da água;

- negligência em considerar interligações entre qualidade da água e saúde e entre meio ambiente e desenvolvimento econômico (GARCIA; VALENCIO, 2003, p. 194 -195).

A falta de recursos humanos capacitados para a gestão descentralizada e participativa, o relativo desconhecimento do tema pelos usuários da água, o controle e compatibilização entre a gestão da água e uso e ocupação do solo entre outros, são alguns dos desafios que dificultam a implementação dos Comitês de Bacias Hidrográficas citados por Magalhães Junior (2007, p. 139-140).

Por outro lado, segundo esse autor, a aceitação popular da bacia hidrográfica como unidade de gestão, no Brasil é um grande desafio, uma vez que a bacia não possui identidade sociológica, administrativa e política. Seguindo a experiência Francesa a tendência poderá ser uma maior valorização de unidades territoriais de planejamento intrabacia como trechos de rios, aquíferos sem deixar de priorizar as bacias hidrográficas como macro escala de referência (MAGALHÃES JUNIOR, 2007, p. 139-140).

### **2.2.3 Água: alguns aspectos jurídicos**

Foi abordada a importância da água para a vida humana e para a saúde ambiental, neste item será feita uma abordagem geral sobre a sua importância do ponto de vista jurídico.

Machado (2003) expressa que, nos anos 90 do século passado, o governo brasileiro diante dos alertas sobre a eminente crise de qualidade e quantidade de água, e principalmente após o Rio 92 e a Constituição Federal de 1988, começou a equacionar medidas com o objetivo de minimizar os problemas já existentes, num país que persiste a cultura de abundância do recurso água. A Lei nº 9433 foi sancionada em 8 de janeiro de 1997 e dotou o país de instrumentos legais e institucionais imprescindíveis para o ordenamento das questões relativas aos recursos hídricos (MACHADO, 2003).

Pompeu (2002) faz uma crítica a promulgação tardia, para disciplinar o uso da água, quando observa que o primeiro Código de Águas do Brasil foi elaborado como regra do direito próprio das regiões úmidas, e só foi

apresentado como projeto de lei em 1906 e promulgado em 10 de julho de 1934, ou seja, 28 anos depois. Além disso, embora o Código de Águas de 1934 seja composto de Livros I, II e III, apenas o livro III, que trata da produção de energia elétrica, foi regulamentado.

No trabalho de Rezende e Santos (2007), *A água como um bem dotado de valor econômico, jurídico e social*, os autores apresentam alguns princípios que envolvem princípios do direito público e do direito administrativo, regidos pelo Direito Ambiental.

Segundo os autores:

A crise ambiental hídrica tende a aumentar e os conflitos gerados em função desta também, como “a paz no Oriente Médio estará sempre em risco pela ameaça de uma bomba d água. Senso que um dos motivos de guerra entre Israel e seus vizinhos, em 1967 – Guerra dos seis dias – foi justamente a ameaça, por parte dos árabes, de desviar o fluxo do rio Jordão, que juntamente com seus afluentes, fornece 60% (Sessenta por cento) de água consumida em Israel” (MILLARÉ, 2005, apud REZENDE; SANTOS, 2007, p.3).

A água é regida desde a década de 30 do século passado pela legislação federal: Decreto 24.643/1934 - Código de Águas, surgindo posteriormente outras legislações, como: o Decreto lei 303/1937 (Criação do Conselho Nacional de Controle da Poluição Ambiental); surgindo posteriormente outras legislações que serão mencionadas no decorrer deste item.

Do ponto de vista internacional:

A conscientização sobre a água internacional teve sua primeira manifestação em Londres, 12 de maio de 1954, em uma Convenção que tentava impedir a poluição do mar. Mas, somente em 1972 com a Conferência de Estocolmo, as nações entenderam que era preciso uma política e organização internacional para combater os problemas ambientais do Planeta. Pois, nenhuma nação sozinha conseguira prevenir e reparar danos aos Recursos Hídricos. Principalmente, o Brasil, onde são “poucos os setores efetivamente conscientes da questão ambiental hídrica, o que torna o primeiro grande obstáculo para efetivação da tutela ambiental” (REZENDE; SANTOS, 2007, p.6 - 7).

Ainda, sob o ponto de vista jurídico, com o advento da lei 6938/81, que é a Lei de Política Nacional de Meio Ambiente, conceituou-se o Meio Ambiente na legislação brasileira. “Essa lei foi criada, pois perceberam que era necessária

uma ação global, uma união entre população e estados para que Portarias e Decretos alcancem os resultados esperados (REZENDE; SANTOS, 2007, p.7)”.

Além de ser direcionada por Princípios como em seu artigo 2º, II, que traz o princípio da racionalidade do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, esses princípios têm uma grande importância, pois são todos recursos naturais importantes para a ordem social e econômica do país. (MILLARÉ, 2005, apud REZENDE; SANTOS, 2007, p.7)

Um importante instrumento de gerenciamento da água foi à criação da Lei 9433/97 que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e Lei 9.984/2000 que criou a Agencia Nacional de Águas – ANA.

Abaixo são citados dois países que estão preocupados com a qualidade ambiental, portanto de vida, onde a prevenção é anterior à punição:

EUA e Israel, países mais avançados em políticas de uso racional da água. O maior produtor mundial de grãos é o centro-oeste americano, sendo que se trata de uma região árida onde o aproveitamento permite safras com rendimentos surpreendentes, devido ao manejo racional desse recurso. Israel assenta-se sobre o deserto, e mesmo assim, é um importante exportador de frutas, graças às técnicas refinadas de coleta e de aproveitamento da água escassa com avançados processos de purificação e de irrigação que maximizam seu uso (BARTH; GRANZIERA, 1994, apud REZENDE; SANTOS, 2007, p.10 –11).

Há muito que fazer no sentido de melhorar a qualidade do nosso ambiente, no Brasil, independente dos elementos da natureza que estão sendo estudados, pois a questão ambiental só pode ser tratada integrando-se a visão sócio ambiental em todos dos estudos, ou seja, sempre os benefícios humanos devem estar em primeira consideração, porém de forma integrada com seu ambiente. Neste aspecto, embora seja voz corrente de que a nossa legislação ambiental seja muito avançada, no Brasil, o cumprimento dessa legislação como também a difusão desse conhecimento legal ainda está muito longe de acontecer.

### 2.3 O ACELERADO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO, COMO UM DOS PRINCIPAIS FATORES DA DEGRADAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Hoje, a população urbana é um dos grandes consumidores da água, de forma concentrada, influenciando dessa forma na sua qualidade. Este quadro se agrava mais quando percebemos que as grandes concentrações demográficas em áreas metropolitanas nem sempre oferecem condições adequadas de infraestrutura para o uso e a depuração necessária para a manutenção da qualidade da água.

Christofoletti (1981) expressa que, o transporte de sedimentos é controlado por fatores como a quantidade e distribuição de precipitações, estrutura geológica, condições topográficas e cobertura vegetal. A atividade humana aumenta ou diminui a quantidade de água escoada superficialmente, influenciando o regime fluvial e o transporte de sedimentos (CHRISTOFOLETTI, 1981 apud CRUZ, 2003).

Um dos grandes fulcros da questão esta voltada para a irresponsabilidade do Estado em relação ao Saneamento Básico. Muitas cidades ainda não têm um eficiente e adequado sistema, que seja seguro e produza um sistema mais qualificado não só do tratamento do esgoto como também um monitoramento dos efluentes que são drenados sem as mínimas condições de salubridade.

Vargas (1999, p.109), no seu artigo sobre “*O Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos como Problema Sócio Ambiental*” analisa os múltiplos aspectos da água como um importante recurso sócio ambiental, isto é, “como um recurso natural ao qual se atribui relevante valor econômico e social e que constitui objeto de disputas e conflitos politicamente significativos”.

Na evolução da civilização humana, a água sempre foi um “[...] precioso insumo para diversas atividades econômicas”, conforme relata Vargas (1999, p.111), distinguindo grandes categorias de utilização social da água, a saber:

- 1- alimentação e higiene;
- 2- produção industrial;
- 3- geração de energia;
- 4- Irrigação;
- 5- Navegação;

- 6- pesca e lazer;
- 7- evacuação e diluição de esgotos;
- 8- drenagem e controle de enchentes;
- 9- luta contra incêndios;
- 10 preservação do ambiente aquático e da paisagem.

Esses usos apresentam características bastante diferenciadas quanto aos efeitos que produzem sobre o ciclo hidrológico, bem como em relação aos mananciais utilizados e à forma de intervenção sobre eles.

O aumento do consumo da água, que na área urbana cresceu de forma exponencial nos últimos 30 anos no Brasil, não tem tido o devido tratamento proporcional ao crescimento demográfico.

Nas bacias mais urbanizadas, especialmente nos países em desenvolvimento, o uso urbano costuma ser o principal responsável pela poluição orgânica dos rios, devido ao lançamento constante de efluentes sanitários de residências e empresas praticamente sem tratamento (VARGAS, 1999, p. 112).

Prosseguindo na sua advertência, o autor relata que “[...] o uso inadequado de adubos químicos e agrotóxicos na agricultura irrigada também contribui para a poluição dos lençóis freáticos por nitratos, bem como para a contaminação dos rios por metais pesados, através do escoamento pluvial” (VARGAS, 1999, p. 112).

Vargas ainda salienta que não se podem dissociar os aspectos quantitativos e qualitativos do uso dos recursos hídricos, pois grandes volumes de água consumidos em atividades industriais, por exemplo, contribuem significativamente para o incremento da poluição pela queda da diluição e o conseqüente aumento da concentração de poluentes.

Nesse estudo, o autor enfatiza que as águas urbanas estabelecem relações com três pontos fundamentais: o saneamento ambiental, a urbanização e o ciclo da água, que abaixo será sintetizado.

O primeiro ponto consiste em lembrar que, desde a antiguidade a urbanização se apóia em ações de saneamento para melhorar a qualidade de vida no meio urbano. Estas ações saneadoras incluem o abastecimento das cidades

com recursos como água potável, alimentos, terrenos adequadamente preparados para habitações, equipamentos coletivos e a exclusão de elementos nocivos à saúde, como por exemplo, os dejetos e o lixo. As ações de saneamento acabaram por equipar melhor as regiões urbanas mais centrais, levando a uma maior valorização deste espaço urbano e expulsar as populações de baixa renda para as regiões mais periféricas das cidades menos dotadas de infra-estrutura. Comumente, ocorrem ocupações irregulares em terrenos impróprios para construção como encostas e áreas de proteção ambiental, como várzea, aumentando assim o risco de deslizamentos e inundações.

O segundo ponto salienta os efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico (figura 20) levando a uma perda das potencialidades de uso da água. Esses problemas ocorrem devido à impermeabilização do solo e ao consumo de água na escala urbana (lançamento de esgotos nos cursos d'água diminuindo a capacidade de autodepuração).

O terceiro ponto trata dos instrumentos e ações desenvolvidas pelo poder público para controlar os problemas resultantes das interações entre a urbanização, o saneamento e o ciclo hidrológico. O autor salienta que o imobilismo nesta área provoca um agravamento dos problemas, levando ao crescimento do custo da urbanização.

Os três níveis de governo têm procurado elaborar instrumentos que minimizam os efeitos negativos da urbanização como os Planos Diretores, áreas de proteção ambiental e áreas de proteção de mananciais. Com frequência, acontece uma falta de coerência entre as políticas de uso e ocupação do solo e desenvolvimento regional na escala das bacias hidrográficas. Consórcios intermunicipais e comitês de bacias hidrográficas têm sido articulados como forma de superar tais problemas (VARGAS, 1999, p. 115 -116).

Uma cidade americana com uma população de um milhão de habitantes consome diariamente, 568.000 toneladas de água, 8.600 toneladas de combustível e 1.800 toneladas de alimento (WORKING WITH THE EARTH, 2001 apud XAVIER, 2005). Este consumo gera: 454.000 toneladas de esgoto, 864 toneladas de poluição atmosférica e 8.600 toneladas de lixo. A continuar esta escalada de consumo e degradação, a ONU estima que a escassez de água potável que atinge 2 bilhões de pessoas atualmente, chegue a 4 bilhões de pessoas em 25 anos (ONU, 2002 apud XAVIER, 2005).



**Figura 20** – Efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo da água

Fonte: Vargas (1999).

Tundisi (2003) expressa que, as principais causas da deterioração dos recursos hídricos são:

- a) crescimento populacional e rápida urbanização;
- b) diversificação dos usos múltiplos;
- c) gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis;
- d) não reconhecimento de que a saúde humana e a qualidade da água são interativas;
- e) peso excessivo das políticas governamentais nos “serviços de água” (fornecimento de água e tratamento de esgotos);
- f) degradação do solo por pressão da população, aumentando a erosão e a sedimentação de rios, lagos e reservatórios;
- g) a água é tratada exclusivamente como um bem social e não econômico, resultando em uso ineficiente, em irrigação em desperdício após o tratamento (na distribuição);
- h) problemas sociais, ambientais e econômicos referentes aos recursos hídricos são tratados separadamente e de forma pouco eficiente.

Waldman, um estudioso da relação entre a cidade e os recursos hídricos, fez uma pesquisa sobre a relação entre o crescimento urbano desordenado da Região Metropolitana da Grande São Paulo, relacionando-a aos mananciais e os seus recursos hídricos.

Waldman faz uma discussão sobre os recursos hídricos e a crise urbana nos países do 3º Mundo e no Brasil, relatando que:

[...] a água constitui item prioritário na pauta dos recursos ambientais básicos do mundo moderno, particularmente da grande cidade. Recorde-se que todas as análises apontam para uma situação de stress hídrico já na próxima década, atingindo nações industrializadas, que terão que recorrer para a importação visando satisfazer as necessidades da sua população e da sua economia. Há também o acentuamento da escassez da água por conta da degradação ambiental e da utilização perdulária do recurso, atingindo duramente populações tradicionais, excluídas ou marginalizadas, particularmente no Hemisfério Sul. A nova configuração urbana mundial radicaliza e representa esta problemática. Ela opõe as metrópoles do Norte, consumidoras por excelência de recursos hídricos, às metrópoles do Sul, também as voltas com o problema de abastecimento de água potável (WALDMAN, 2002, p.1).

O autor complementa que, no caso brasileiro, esta contradição se explicita fortemente em razão do país se credenciar tanto como um possível fornecedor de água potável para o Hemisfério Norte, quanto por reunir diversas regiões metropolitanas nas quais o abastecimento de água potável já é problemático.

Uma das questões muito discutidas é a má distribuição dos recursos hídricos pelo planeta. Raffestin (1993) faz a seguinte observação: em termos da sua disponibilidade, poucos países, dentre eles o Brasil, Rússia, Estados Unidos, Canadá, China, Indonésia, Colômbia, Peru, o Zaire e a Papua Nova Guiné, estão agraciados, pelo menos por ora, da posse de uma substância verdadeiramente estratégica, fator de estabilidade social interna e da balança de poder na arena internacional. A água tornou-se inequivocamente, um recurso sobre o qual incidem com força cada vez maior as atenções do poder, e a disputa por ela, fonte de toda sorte de conflitos em curso ou potenciais (RAFEESTIN, 1993, apud WALDMAN, 2002, p.3).

Com relação à disponibilidade hídrica no Brasil, no artigo sobre A

*Água doce no Mundo e no Brasil* (REBOUÇAS, 2002, p.29) apresenta os seguintes dados: o Brasil dispõe de grande quantidade de água, pois vigora na parte de seu território climas como o equatorial tropical e subtropical úmido, determinando a existência de um ponderável excedente hídrico. Em termos pluviométricos, mais de 90% do território brasileiro recebe abundantes chuvas, entre 1.000 e 3.000 mm anuais. A maior parte dessa água – cerca de 80% - esta localizada na Amazônia. Os 20% restantes se distribuem desigualmente pelo país, atendendo 95% da população. De acordo com diversas avaliações, o Brasil detém 12% de toda água doce superficial do planeta.

Neste sentido, várias avaliações sinalizam que do ponto de vista geopolítico, estará reservado importante papel aos recursos hídricos no futuro. Existem evidências consistentes apontando na direção uma escala crescente de stress hídrico, atingindo um número cada vez maior de países. O stress hídrico é normalmente interpretado a partir do nível estabelecido pela ONU como compatível para a satisfação das necessidades humanas elementares de saúde, higiene e bem estar, isto é  $1000 \text{ m}^3 / \text{habitante} / \text{ano}$ . Abaixo deste valor estaríamos diante do chamado stress de água ou hídrico e num nível inferior a  $500^3 / \text{habitante} / \text{ano}$ , teríamos a escassez de água (RIBEIRO, 2001a e 2001b).

Waldman (2002, p.5) argumenta que, a conservação dos recursos hídricos constitui tanto uma estratégia visando o atendimento prioritário da população, quanto um imperativo e um pressuposto para atender uma crescente demanda mundial de água potável, transformada na mais promissora “commodities” do Século XXI.

Na figura 20, pode ser observada a integração dos vários efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo da água, de Vargas (1999) cujo conteúdo acredita-se ter desenvolvido em itens anteriores embora de forma sintética, por não ser o objeto principal deste trabalho.

Ao longo do tempo, as preocupações com a qualidade da água distribuída acompanharam os avanços da tecnologia, passaram de considerações “estéticas” sobre o gosto e a aparência, que prevalecia até meados do século XIX, a análises altamente sofisticadas. Com o avanço da epidemiologia, constatou-se que a contaminação ou a escassez de água era a origem dos principais problemas de saúde da população. Somente a partir do início dos anos 1960 é que se começou a afirmar progressivamente a crise do modelo extensivo de exploração dos recursos

hídricos (VARGAS, 1999).

Ainda, no estudo de Vargas (1999), as pressões econômicas, políticas e sociais surgiram devido ao crescente problema relacionado à escassez qualitativa e quantitativa da água, principalmente nas bacias mais urbanizadas e industrializadas e se exacerbaram pela incorporação da proteção ao meio ambiente na agenda das nações desenvolvidas a partir de 1960, alcançando repercussão internacional após as declarações do Clube de Roma com o alerta aos limites ecológicos do desenvolvimento econômico. A partir de 1970, como resultado dessas pressões, duas grandes tendências se firmaram: o endurecimento das normas sanitárias de potabilidade da água e, a adoção de novas práticas e políticas relativas à utilização da água, como o tratamento sistemático de esgotos domésticos e industriais, a cobrança pelo uso da água, a aplicação do princípio “poluidor-pagador” e a criação de comitês e agências de bacias. Apesar de todas estas instituições e preocupações mundiais há muito que organizar, fazer e planejar sobre a qualidade da água e o seu consumo.

### **2.3.1 A Poluição e a Degradação da Qualidade dos Recursos Hídricos**

Lima (2001) ao estudar a *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá*, enfatiza em sua tese de doutorado, que todas as ações antropogênicas, como disposição inadequada de resíduos líquidos e sólidos, de natureza doméstica ou industrial, além de práticas agrícolas entre outras, acarretam efeitos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem na bacia.

Segundo Branco (1991), os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas que são capazes de refletir direta ou indiretamente a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que possam comprometer seu uso. A poluição de um meio aquático pode causar alterações das características físicas – turbidez, cor, temperatura, viscosidade, tensão superficial e outros; ou química – DBO, DQO, pH, força iônica, oxigênio

dissolvido, nutrientes etc., e biológicas – eliminações de espécies de fitoplâncton e zooplâncton (BRANCO, 1991 apud FARIAS, 2006).

Braga, et al (2002, p.76) relatam que “A água é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados. É fundamental para a existência e manutenção da vida e, para isso, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas” .

Os autores conceituam poluição como sendo:

Uma alteração indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas da atmosfera, litosfera ou hidrosfera que cause ou possa causar prejuízo à saúde, à sobrevivência ou às atividades dos seres humanos e outras espécies ou ainda deteriorar materiais. [...] o conceito de poluição deve ser associado às alterações indesejáveis provocadas pelas atividades e intervenções humanas no meio ambiente, (BRAGA, et al, 2002, p.6).

Segundo a legislação brasileira, Lei 6938/81, poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

De acordo com Studart e Campos (2001), “de um modo geral, a poluição das águas pode ocorrer principalmente por esgotos sanitários, águas residuárias industriais, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas, precipitação de efluentes atmosféricos e inadequada disposição dos resíduos sólidos” (STUDART; CAMPOS, apud FARIAS 2006, p.8).

Holt cita que, a industrialização, a urbanização e a intensificação das atividades agrícolas além de aumentar da demanda da água aumentam a contribuição de contaminantes nos corpos d’água. As emissões diretas e indiretas de esgotos tratados ou não, escoamento e deposição atmosférica e processo de

lixiviação do solo são as maiores e mais significativas rotas de contaminação. Destaca ainda que as diversidades de poluentes lançados nos corpos d'água podem ser agrupadas em duas grandes classes: pontual e difusa. Os resíduos domésticos e industriais constituem o grupo das fontes pontuais por se restringirem a um simples ponto de lançamento, o que facilita o sistema de coleta através de rede ou canais. Em geral, a fonte de poluição pontual pode ser reduzida ou eliminada através de tratamento apropriado para posterior lançamento em um corpo receptor, embora muitas vezes estes resíduos sem tratamento são lançados diretamente nos corpos de água, causando sérios impactos as biotas, aos recursos hídricos, ao homem e demais componentes do sistema.

As fontes difusas caracterizam-se por apresentarem múltiplos pontos de descarga resultantes do escoamento em áreas urbanas e ou agrícolas e ocorrem durante os períodos de chuva, atingindo concentrações bastante elevadas dos poluentes. (HOLT, 2000, apud FARIAS, 2006).

O documento da FAO, usa para poluição difusa o termo poluição não pontual e sumariza com os indicadores do QUADRO 5, as classes de fontes não pontuais de poluição na atividade agrícola e urbana (FAO, 1996 apud NIEWEGLOWSKI, 2006).

A diversidade e o número de fontes existentes e o potencial de contaminação química dos corpos d'água são variadas. Segundo Braga et. al. (2002, p. 82-84), os principais grupos de compostos causadores da poluição aquática são:

- **Poluentes Orgânicos Biodegradáveis:** A degradação da matéria orgânica Biodegradável será feita por bactérias aeróbicas quando houver oxigênio dissolvido no meio, caso o consumo seja maior do que a capacidade do meio em repô-lo, haverá seu esgotamento, levando a destruição da fauna aquática e de outras espécies aeróbias. Caso não haja oxigênio no meio a degradação será feita por bactérias anaeróbicas, ocorrendo a formação de gases como metano e gás sulfídrico.
- **Poluentes Orgânicos Recalcitrantes ou refratários:** Recebem esta denominação compostos orgânicos não biodegradáveis ou com taxa de biodegradação muito lenta. Segundo o autor a “digestão de uma determinada substância depende não somente da possibilidade de ela fornecer energia para os organismos, mas também da existência de

organismos capazes de digeri-la”. O impacto causado por estes poluentes está relacionado à sua toxicidade e não ao consumo de oxigênio utilizado na sua degradação. Exemplos: defensivos agrícolas, detergentes sintéticos, petróleo.

- **Metais:** Dependendo da quantidade ingerida podem causar danos à saúde, devido a sua toxicidade e de seu poder de bioacumulação. Exemplos de metais tóxicos: arsênico, bário, cádmio, cromo, chumbo e mercúrio.
- **Nutrientes:** Sais de nitrogênio e fósforo são normalmente responsáveis existentes no solo e na água.
- **Organismos Patogênicos:** Ainda é grande o número de pessoas acometidas de doenças transmitidas pela água. Os organismos patogênicos mais comuns e algumas doenças transmitidas pela água são: Bactérias (leptospirose, febre tifóide, febre paratifóide, cólera, etc.); Vírus (Hepatite infecciosa); Protozoários (amebíase, giardíase) e helmintos (esquistossomose, ascaridíase).
- **Sólidos em suspensão:** Diminuem a transparência devido ao aumento da turbidez. Reduz as taxas de fotossíntese levando ao desequilíbrio na cadeia alimentar. Sedimentos podem ainda carregar elementos tóxicos e sua deposição no fundo dos lagos e rios podem prejudicar as espécies bentônicas e a reprodução de peixes.
- **Calor:** As características físicas, químicas e biológicas (densidade da água, a solubilidade dos gases, a tensão superficial, o metabolismo dos organismos aquáticos entre outros) podem ser afetadas pela temperatura da água. Efluentes aquecidos são gerados principalmente por usinas termoelétricas
- **Radioatividade:** É encontrada nas águas naturais em concentrações abaixo do permitido, existindo naturalmente devido à presença de substâncias radioativas e de radiação que vem do espaço. Pode causar câncer, afetar a reprodutividade dos indivíduos entre outros.

Fonte	Efeito	Contaminantes
Uso residencial, comercial e industrial	Escorrimento superficial urbano; transbordamento de estações de tratamento de esgotos; Escorrimento de poluentes dirigidos diretamente ao corpo de água ou canais de escoamento.	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; patógenos; sedimentos; resíduos de agrotóxicos; aumento de DBO; Oleos e graxas; material fecal; contaminantes orgânicos (ex. Compostos aromáticos polinucleares-PAHs e bifenilas policloradas -PCBs).
Extração Mineral	Escorrimento de minas e restos de mina (escórias)	Sedimentos; ácidos; metais pesados; Oleos e graxas; contaminantes orgânicos; outros sais.
Uso recreacional	Restos e águas sujas de barcos recreacionais	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; sedimentos; patógenos.
Reflorestamento	Escorrimento superficial nas terras aradas.	Fósforo; Nitrogênio; sedimentos; agrotóxicos.
Disposição de resíduos sólidos	Contaminação da água superficial e subterrânea por lixiviados e gases	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; patógenos. contaminantes orgânicos.
Dragagem	Dispersão de sedimentos contaminados, vazamento de áreas de contenção.	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; contaminantes orgânicos.
Deposição Atmosférica	Transporte de poluentes deposição na superfície do solo e águas	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; contaminantes orgânicos.
Estábulos para animais confinados; Irrigação; cultivos; pastagens; leiteiras; hortas; aquicultura.	Escorrimento superficial proveniente de todos os tipos de agriculturas, poluindo a água superficial e subterrânea (...); Em muitos países o crescimento da aquicultura tem se configurado o maior problema de poluição, Carreamento de sais, nutrientes e agrotóxicos. Tubos de drenagem carregam rapidamente os lixiviados tais como o Nitrogênio para as águas superficiais.	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; patógenos. sedimentos; resíduos de agrotóxicos; aumento de DBO
Sistemas de tratamento de esgotos rurais	Sobrecarga e mal funcionamento de sistemas sépticos deixando escorrer sobre o solo ou infiltrar para águas subterrâneas	Fósforo; Nitrogênio; patógenos de origem fecal
Disposição de resíduos líquidos	A disposição de resíduos de estações de tratamento de efluentes urbanos e industriais	Patógenos, metais e compostos orgânicos.
Transporte	Rodovias; ferrovias; dutos; hidroelétricas	Fósforo; Nitrogênio; metais pesados; sedimentos; contaminantes orgânicos; agrotóxicos (especialmente herbicidas)

**Quadro 5 – Fontes não pontuais de poluição e seus efeitos**

**Fonte:** FAO (1996 apud NIEWEGLOWSKI, 2006, p. 12-13).

O documento Base de Referência do Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2003), expõe que a água pode gerar tanto impactos positivos quanto negativos sobre a saúde humana, dependendo de aspectos relacionados à quantidade, qualidade e da relação da população com a água, envolvendo inclusive

aspectos culturais.

De acordo com o modo de transmissão, as doenças relacionadas à água podem ser organizadas em quatro grandes grupos:

- doenças de veiculação hídrica - os agentes patogênicos estão presentes na água como cólera, febre tifóide, diarreia aguda, hepatite infecciosa, amebíase, giardíase e doenças relacionadas aos contaminantes químicos e radioativos;
- Doenças cujos vetores se relacionam com a água - doenças transmitidas por vetores que utilizam a água em pelo menos numa fase de desenvolvimento, como é o caso da malária, dengue, febre amarela e filariose;
- Doenças cuja origem está na água – doenças causadas por organismos que passam parte do seu ciclo vital na água e cuja transmissão pode ocorrer pelo contato direto com a água, sendo a esquistossomose a principal doença;
- Doenças relacionadas à falta e mau uso da água – As principais são tracoma, escabiose, conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, tricuriase, enterobíase, ancilostomíase e ascaridíase.

Brasil (2003) expõe que, existem vários riscos associados ao consumo e manuseio da água, podendo ser coletivos ou individuais, imediatos ou de longo prazo. As doenças diarreicas e gastroentéricas causadas por microorganismos patogênicos estão associadas aos riscos de curto prazo.

Já as doenças que afetam o sistema neurológico, hepático, renal e circulatório, efeitos de mutagenicidade e teratogenicidade assim como, as relacionadas à contaminação por agrotóxicos, metais pesados e toxinas de algas estão associados a riscos de médio e longo prazo.

O documento expressa ainda que a articulação de Políticas públicas do Sistema de Saúde, com as do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e de Ocupação do Solo é fundamental no processo de reversão do quadro de doenças ainda existente no País (BRASIL, 2003).

## 2.4 ASPECTOS IMPORTANTES NA QUALIDADE DA ÁGUA

A contaminação de mananciais impede seu uso para abastecimento humano entre outros. A alteração da qualidade da água agrava o problema da escassez desse recurso (BRAGA et al., 2002, p.73).

O *Geo Brasil Recursos Hídricos*, componente da série de relatórios sobre o Estado e Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil em seu resumo executivo expõe que o Brasil com uma economia dinâmica e diversificada, com alta taxa de urbanização e forte demanda por energia, como outros países, também vem enfrentando um conjunto de pressões sobre os recursos hídricos disponíveis que acabam por impactar sobre a oferta presente e futura de tais recursos, bem como sobre sua qualidade (BRASIL, 2007).

A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar uma oferta adequada de água doce de boa qualidade para toda a população do Planeta preservando, ao mesmo tempo, as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. A escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo, ao lado da implantação progressiva de atividades incompatíveis, exigem o planejamento e manejo integrado desses recursos. Tal integração deve cobrir todos os tipos de massas interrelacionadas de água doce, incluindo as superficiais e as subterrâneas, levando em consideração aspectos quantitativos e qualitativos (BARBIERI, 2001).

No que diz respeito à qualidade da água Braga et al. (2002, p.99) relatam que:

Não existe água pura na natureza, a não ser as moléculas presentes na atmosfera na forma de vapor. Assim que ocorre a condensação, começam a ser dissolvidos na água, por exemplo, os gases atmosféricos. Isso ocorre porque a água é um ótimo solvente.

A qualidade da água é influenciada pela litologia da região, do clima, da vegetação circundante, do tipo de solo e do ecossistema aquático. A temperatura e os ventos que influenciam no processo de decomposição das rochas

e na erosão do solo determinarão parte dos elementos que compõe a água (MARQUES; SOUZA, 2005 p.161).

Marques e Souza (2005) apontam que as zonas ripárias, onde normalmente estão localizadas as matas ciliares, e as áreas de recarga são duas zonas de particular importância, na manutenção da qualidade e quantidade da água, dentro de uma bacia hidrográfica e assim observam:

As áreas de recarga hídrica são responsáveis pela recepção da água que precipita e penetra no solo, chegando aos cursos d' água. Nas zonas ripárias, às margens dos cursos d' água, as matas ciliares se desenvolvem e tem um importante papel como barreira física (entre outros), regulando os processos de troca entre o ambiente terrestre e o aquático ambas as zonas precisam ser protegidas para garantir água de boa qualidade nas bacias hidrográficas (MARQUES; SOUZA, 2005, p.162).

As áreas de recarga hídrica são responsáveis pela acomodação da água que precipita e penetra no solo, para depois serem descarregadas nos rios. Nestas áreas, geralmente os solos são profundos, permeáveis e o relevo é suave. São áreas muito sensíveis a ações antropogênicas e com uso restrito, pois as modificações afetam a quantidade e qualidade da água que chega ao solo e ao lençol freático.

Nas zonas ripárias, a mata ciliar tem papel de barreira física entre ambiente terrestre e aquático, possuindo a função de filtro da água de escoamento das adjacências onde ficam retidos sedimentos, produtos tóxicos, nutrientes eutrofizantes (até 80% do Fósforo e 89% do Nitrogênio) (MARQUES; SOUZA, 2005, p.161-175).

A água é, portanto, constituída de diversos componentes que variam de acordo com o ambiente natural pelo qual circulam percolam ou foram introduzidos por atividades humanas. Portanto, sofre variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos ao corpo hídrico.

### 2.4.1 Padrões, Monitoramento, Indicadores e Índices de Qualidade

Características intrínsecas, de natureza física, química e biológica, que são os indicadores de qualidade, devem ser mantidas dentro de intervalos de variação permissíveis.

A caracterização da qualidade da água é feita através da coletas de amostras para a realização de análises, devendo-se obedecer a cuidados e normas técnicas apropriadas, entre elas a NBR 9897- Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. As análises são realizadas segundo métodos padronizados e por entidades especializadas.

De acordo com o uso da água teores máximos são permitidos. Esses teores máximos são os padrões de qualidade, que são fixados por Instituições públicas, com o objetivo de garantir que a água a ser utilizada para um determinado fim não contenha impurezas que venha a prejudicar seu uso. Os padrões não permanecem imutáveis ao longo do tempo, é preciso que reflitam adequadamente os objetivos, a tecnologia e as condições econômicas da sociedade em cada estágio do seu desenvolvimento.

As águas destinadas ao consumo humano seguem os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde através da Portaria N° 518/GM, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004), as destinadas para fins de recreação de contato primário seguem a Resolução 274, de 29 de novembro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2000).

Os recursos hídricos superficiais são classificados de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes e diretrizes ambientais para seu enquadramento, no Brasil, são estabelecidas pela Resolução Conama 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Resolução Conama 397, de 03 de abril de 2008, que altera o inciso II do § 4º e a tabela X do § 5º, ambos do art. 343 da Resolução Conama 357/2005 (BRASIL, 2008).

A Resolução Conama N° 357 substituiu a Resolução Conama 020/1986, e no seu artigo 2º, parágrafos I, II e III, de acordo com a concentração de sais, classifica as águas do território brasileiro em águas doces, salobras e salinas. A classificação das águas doces, salobras e salinas do território Nacional é feita

considerando a qualidade requerida para os seus usos preponderantes. As águas doces, objeto deste estudo, apresentam 5 classes de classificação: Especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV, que estão demonstradas no quadro 06.

A Resolução citada considera o enquadramento que os corpos de água deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, ela ainda indica alguns valores básicos das variáveis de qualidade de água a serem obedecidos.

A portaria Nº 003, de 21 de março de 1991(ANEXO B), da antiga, SUREHMA (Superintendência dos Recursos e Meio Ambiente), hoje, Instituto Ambiental do Paraná estabelece que a Microbacia do Ribeirão Cambé até o Parque Arthur Thomas é Classe “1”, e a partir do Parque, a classe estabelecida pela legislação, é Classe “2”. O Lago Igapó e os tributários estudados se localizam na porção da microbacia do Ribeirão Cambé, enquadrada como Classe “1” (PARANÁ, 1991).

Essa classificação foi atribuída à área em estudo como forma de conter a degradação que ocorria na microbacia do Ribeirão Cambé, em especial no Lago Igapó já na década de 1990, e por se tratar, na ocasião, de manancial de abastecimento alternativo, uma vez que com a rápida urbanização, Londrina tinha problemas de abastecimento de água, que só foi solucionado após a fato da Companhia de Saneamento do Paraná começar a captar água para abastecimento da população do rio Tibagi.

Classe	Águas que podem ser destinadas
Especial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>• à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>• à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação integral</li> </ul>
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>• à proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</li> <li>• à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;</li> <li>• à proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas.</li> </ul>
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>• à proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>• à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274, de 2000;</li> <li>• à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;</li> <li>• à aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado</li> <li>• à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>• à pesca amadora;</li> <li>• à recreação de contato secundário;</li> <li>• à dessedentação de animais.</li> </ul>
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• à navegação;</li> <li>• à harmonia paisagística.</li> </ul>

Fonte: Resolução Conama 357/2005.

#### Quadro 6 – Classes de água doce

Vários países europeus, nos últimos 130 anos desenvolveram e aplicaram diferentes sistemas para classificar a qualidade da água. Normalmente os sistemas utilizados eram relativos à quantidade de poluição detectada ou aqueles relativos à vida de comunidades de organismos macro e microscópicos, como por exemplo, peixes, organismos bentônicos e plantas.

A Organização Mundial da Saúde sugere três formas de obtenção de dados de qualidade de água:

- monitoramento prevê o levantamento sistemático de dados em pontos pré-estabelecidos, com intuito de acompanhar a evolução das condições de qualidade ao longo do tempo;
- vigilância trata-se de uma avaliação contínua da qualidade da água;
- estudo especial é feito através de campanhas intensivas de curta duração.

Segundo Derisio (2000, p.47), quando se trata de bacias hidrográficas e se quer ter uma visão de conjunto da qualidade das águas “adota-se um esquema de amostragem em vários pontos, formando uma rede de pontos de amostragem. [...] esse esquema de amostragem constitui o que se denomina Rede de Monitoramento de Qualidade de águas” O quadro 07 mostra um resumo das atividades sugeridas, por Derisio, a serem desenvolvidas numa Rede de Monitoramento e, o quadro 8 demonstra que, entre as atividades propostas pelo autor, a única que não foi realizada, foi a que diz respeito à utilização da informação, tendo em vista que se trata de uma etapa posterior à elaboração desta pesquisa.

<b>Resumo das Atividades a serem desenvolvidas numa Rede de Monitoramento (Sugestões de Derisio,2000)</b>	
<b>Atividades Básicas</b>	<b>Detalhamento</b>
Definição da Rede	Localização das estações de amostragens Escolha de parâmetros Fixação da frequência de amostragens
Coletas de amostras	Técnica de amostragem Medidas de campo Local de coleta Preservação da amostra Transporte da amostra Controle de qualidade dos dados
Análises de Laboratório	Métodos de análise Procedimentos operacionais Controle de qualidade analítica Registro de dados
Processamento de dados	Recebimento dos dados de laboratório e de campo Triagem e verificação dos dados Armazenamento e recuperação dos dados Listagem dos dados Disseminação dos dados
Análise de dados	Análises de regressão Interpretação e avaliação da qualidade Análise de séries temporais Aplicação de Índice de qualidade Aplicação de modelos de qualidade
Utilização da informação	Verificação da necessidade de informação Forma de apresentação Procedimentos operacionais Avaliação da utilização
Fonte: DERISIO (2000)	

**Quadro 7 – Resumo de atividades a serem desenvolvidas numa rede de monitoramento**

<b>Resumo das Atividades desenvolvidas nesta pesquisa, por Gelsy W. P.S. Gonçalves (2008)</b>	
<b>Atividades Básicas</b>	<b>Detalhamento</b>
Definição da Rede	Localização das estações de amostragens Escolha de parâmetros Fixação da frequência de amostragens
Coletas de amostras	Técnica de amostragem Medidas de campo Local de coleta Preservação da amostra Transporte da amostra Controle de qualidade dos dados
Análises de Laboratório	Métodos de análise Procedimentos operacionais Controle de qualidade analítica Registro de dados
Processamento de dados	Recebimento dos dados de laboratório e de campo Triagem e verificação dos dados Armazenamento e recuperação dos dados Listagem dos dados Disseminação parcial dos dados
Análise de dados	Interpretação e avaliação da qualidade Análise de séries temporais Aplicação de Índice de qualidade Aplicação de modelos de qualidade
Utilização da informação	
Fonte/Org.: Gelsy Gonçalves	

**Quadro 8** – Resumo das atividades realizadas nesta pesquisa

Programas de monitoramento da qualidade da água são estabelecidos para avaliar as substâncias presentes na água, sob os aspectos físicos, químicos e biológicos. A água contém uma ampla variedade de constituintes que podem ser medidos nesses programas de monitoramento da qualidade.

Segundo Von Sperling (2005), deve-se selecionar os parâmetros a serem investigados, e apresenta uma relação (Quadro 9) da associação mais freqüente entre parâmetros e tópicos a serem estudados.

A seleção dos parâmetros de interesse depende do objetivo do estudo, investigação ou projeto, levando-se em consideração os usos previstos para o corpo d'água e as fontes potenciais de poluição existentes na bacia hidrográfica. Os parâmetros a serem considerados, podem ser selecionados de acordo com as fontes potenciais e ainda para atender determinada legislação, estabelecendo os padrões de qualidade que devem ser atendidos, como por exemplo, os padrões de qualidade de águas superficiais estabelecidos pela Resolução Conama 357, dentre outros. As fontes potenciais de poluição podem ser identificadas através de um

levantamento de uso do solo na bacia (SANTOS et al., 2001 apud BRASIL, 2007).

Feita a seleção da forma a ser utilizada para avaliação da qualidade, faz-se à caracterização do recurso hídrico através da: definição dos objetivos da amostragem, seleção de parâmetros e locais de coleta, fixação do número de amostras e a frequência da amostragem, seleção de métodos de coleta e preservação de amostras, seleção de métodos analíticos e seleção de métodos para controle.

Características	Parâmetro	Águas para abastecimento				Águas residuárias		Corpos receptores	
		Água superficial		Água subterrânea		Bruta	Tratada	Rio	Lago
		Bruta	Tratada	Bruta	Tratada				
Parâmetros físicos	Cor	X	X	X <sup>(1)</sup>	X			X	X
	Turbidez	X	X	X	X			X	X
	Sabor e odor	X	X	X	X				
	Temperatura	X		X		X		X	X
Parâmetros químicos	pH	X	X	X	X	X		X	X
	Alcalinidade	X		X		X			
	Acidez	X		X					
	Dureza			X	X				
	Ferro e manganês	X	X	X	X				
	Cloretos	X		X					
	Nitrogênio	X	X	X	X	X	X	X	X
	Fósforo					X	X	X	X
	Oxigênio dissolvido						X <sup>(2)</sup>	X	X
	Matéria orgânica					X	X	X	X
	Microp.Inorg.(diversos) <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X
Microp.Org.(diversos) <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X	
Parâmetros biológicos	Organismos indicadores	X	X	X	X	X	X	X	X
	Algas (diversas)						X <sup>(2)</sup>		
	Bactérias decomp.(diversas)						X <sup>(2)</sup>		

Notas:

(1) Causada por Fe e Mn

(2) Durante o tratamento, para controle do processo

(3) Devem ser analisados aqueles que possuem alguma justificativa, devido ao uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica

Fonte: Von Sperling, 2005.

#### Quadro 9 – Alguns parâmetros utilizados em monitoramento de água

Canada e British Columbia apud Nieweglowski (2006) fazem as seguintes recomendações relativas aos cuidados de coleta:

- Tomar o posicionamento geográfico da estação com GPS (Global Positioning System) garante que a coleta ocorra sempre no mesmo ponto;
- para pequenos rios, as amostras devem ser tomadas na seção do rio onde a água está bem misturada;

- as medições passíveis de serem feitas em campo devem ser feitas “in-situ”;
- os frascos para acondicionamento das amostras devem apresentar as características específicas requisitadas para o parâmetro (vidro, vidro âmbar, plástico) e lavados de acordo com as especificações dos métodos analíticos, além de serem em duplicata devem ser tomadas para testar a reprodutibilidade dos resultados usados apenas para coleta de água;
- os preservantes de amostras (ácidos ou bases) devem estar dentro da validade, ter preparação recente e estar acondicionados em frascos apropriados;
- os métodos de preservação devem ser seguidos à risca;
- a possibilidade de uso de preservantes equivocados, ou de contaminar as soluções estoque, pode ser minimizada pela preservação de todas as amostras para um determinado parâmetro em uma única operação;
- os frascos devem ser mantidos em local limpo, longe do pó. Os coletores não devem fumar durante o processo. Deve ser evitado contato com produtos de petróleo (gasolina, óleo, fumaça de exaustores, respingos de óleo e fumaça de barcos são fontes primárias de contaminação);
- frascos estéreis para análises microbiológicas precisam ser mantidos dessa forma até a amostra ser coletada;
- a Condutividade elétrica não deve ser tomada após a medição do pH, pois o KCl se difunde da célula de medição para a amostra e altera a Condutividade elétrica original;
- as amostras não devem ficar sob a luz solar. Devem ser mantidas em lugar refrigerado;
- as amostras devem ser enviadas ao laboratório o mais rápido possível, respeitando-se os prazos para o início das análises;
- amostras em duplicata devem ser tomadas para testar a reprodutibilidade dos resultados, a pureza dos agentes preservantes, avaliar a contaminação dos frascos de coleta e outros materiais utilizados e dessa forma determinar os erros sistemáticos e aleatórios que possam ocorrer;
- aproximadamente a cada 10 frascos de coleta utilizados, um frasco deve ser preparado preenchendo-os com água destilada, preservando-os e

submetendo-os a análise dos mesmos indicadores da coleta. Este procedimento visa detectar contaminações causadas pelo processo de lavagem, ou das atividades no campo;

- amostras com quantidades conhecidas de substância podem ser preparadas e enviadas ao laboratório para verificar a taxa de recuperação dos métodos analíticos.

Qualquer programa de acompanhamento da qualidade da água, ao longo do tempo e do espaço, gera um grande número de dados analíticos, os Índices de Qualidade, foram então propostos com a finalidade de transformar esses dados em um formato sintético, para que descrevessem e representassem de forma compreensível e significativa o estado atual e as tendências da água, e pudessem ser utilizados como informações gerenciais e como ferramenta na tomada de decisões relativas aos recursos hídricos.

As primeiras tentativas de sintetizar as informações relativas à qualidade da água, com a finalidade de torná-las facilmente interpretáveis, remontam a 1948, na Alemanha. Tentou-se relacionar o nível de pureza da água e a poluição com a ocorrência de determinadas comunidades de organismos macro e microscópicos (peixes, organismos bentônicos e plantas). Em lugar de atribuir um valor numérico, a qualidade da água era categorizada por uma classe, entre várias, de poluição. A utilização de escala numérica para representar níveis de qualidade de água surgiu por volta de 1965, sendo o Índice de Horton, o primeiro (DERÍSIO, 2000, p.48).

Indicador é uma característica específica da água, podendo ser, física, química ou biológica. Ex: oxigênio dissolvido, carga de fósforo total, etc.

Um Índice de Qualidade de Água (IQA), em geral é um número adimensional que exprime a qualidade da água para os diversos fins, e é obtido através da agregação de dados físico-químicos, bacteriológicos, por meio de metodologias específicas, são importantes no acompanhamento da qualidade da água devendo-se sempre levar em conta as incertezas que existem na determinação das variáveis que os compõem.

No Brasil o interesse pela utilização de índices aumentou a partir de 1972, quando o Conselho Nacional de Meio Ambiente manifestou a necessidade de utilização dessas ferramentas para o meio ambiente.

Segundo Ott (1978) apud Brasil (2007b), “existem três tipos básicos de índices de qualidade de água”:

- Índices elaborados a partir da opinião de especialistas;
- Índices baseados em métodos estatísticos;
- Índices biológicos (cujos dados necessários para sua formulação ainda não são rotineiramente obtidos em programas de monitoramento).

Expressa ainda que, os índices de qualidade de água podem ser utilizados para diversas finalidades:

- Distribuição de recursos;
- Comparação de condições ambientais em diferentes áreas geográficas;
- Determinação do cumprimento ou não da legislação ambiental;
- Análise de tendência;
- Informe à população sobre as condições de qualidade ambiental em determinado ecossistema;
- Síntese de uma grande quantidade de dados, atuando como ferramenta para o estudo dos fenômenos ambientais;
- Identificar problemas de qualidade de água que demandem estudos especiais em trechos de rios;
- Servir de instrumentos para a gestão dos recursos hídricos.

Os requisitos de qualidade variam de acordo com o uso da água, portanto foram então desenvolvidos índices voltados para usos específicos. Partindo-se do princípio de que a qualidade da água é um atributo geral de águas superficiais, independente do uso que dela se faz, foram desenvolvidos índices gerais de qualidade de água, como o índice de Horton, Índice da National Sanitation Foundation (NSF), entre outros (DERÍSIO, 2000, p.48).

A seguir será feita uma descrição, sucinta, desses índices citados e outros também utilizados para avaliar a qualidade das águas.

**ÍNDICE DE HORTON** – Horton pesquisador alemão, em 1965 apresentou pela primeira vez um IQA, referindo-se aos índices como ferramenta para avaliação dos

programas de redução da poluição e para informação pública (DERISIO, 2000).

Gastaldini e Teixeira expressam que o índice de Horton utiliza uma escala numérica para representar as variações de qualidade da água. O índice seleciona 8 parâmetros de qualidade da água (OD, pH, coliformes fecais, alcalinidade, cloreto, condutividade, tratamento de esgoto, CCE - Carbono cloriforme extraído), com pesos atribuídos a cada um deles, que variam de 1 a 4. (GASTALDINI; TEIXEIRA, 2001 apud CERRETA, 2004).

A equação utilizada para o cálculo do Índice de Horton é:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot l_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \cdot M_1 \cdot M_2$$

onde:

$$I = 1$$

$W_i$  = peso de cada parâmetro (i) que entra no cálculo;

$l_i$  = subíndice do parâmetro (i);

$M_1$  = coeficiente que reflete a temperatura;

$$M_1 = 1 \text{ se } T < 34^{\circ}\text{C};$$

$$M_1 = 0,5 \text{ se } T \geq 34^{\circ}\text{C};$$

$M_2$  = coeficiente que reflete a poluição aparente;

$$M_2 = 1 \text{ se sólidos sedimentáveis } < 0,1 \text{ ml/l};$$

$$M_2 = 0,5 \text{ se sólidos sedimentáveis } > 0,1 \text{ ml/l}.$$

**ÍNDICE IQA-NSF** - De acordo com Derisio (2000), “em 1970, Brown, McClelland, Deininger e Tozer, apresentaram um índice de qualidade de água bastante similar em sua estrutura, ao índice de Horton e o estudo foi financiado pela National

Sanitation Foundation”. Esse índice foi baseado na técnica de Delphi da Rand Corporation e ouviu a opinião de 142 especialistas e o resultado da pesquisa foi à indicação das variáveis de qualidade de água que deveriam entrar no cálculo, nove foram selecionadas, conforme demonstra tabela 03. A referida pesquisa definiu um conjunto de nove variáveis consideradas mais representativas para a caracterização da qualidade da água: pH, Turbidez, Coliformes fecais, DBO<sub>5</sub>, Nitrogênio total, Fosfato Total, Temperatura, Resíduo Total e OD. Para cada variável foi atribuído um peso (PNMAII-Índices e Indicadores, p.21).

Inicialmente foi proposta uma formulação aditiva, ou seja, uma soma linear dos produtos entre cada subíndice e seu respectivo peso (IQA-NSF somatório).

Foram estabelecidas curvas de variação da qualidade da água, de acordo com o estado ou condição de cada variável. A forma aditiva para cálculo do IQA é a seguinte:

$$\text{IQA-NSF} = \sum_{i=1}^n W_i l_i$$

Onde:

IQA = um numero entre 0 e 100;

W<sub>i</sub> = peso relativo do i – ésimo parâmetro;

l<sub>i</sub> = valor do subíndice relativo ao i – ésimo parâmetro.

Apesar de a fórmula aditiva ser muito utilizada, ela dava problemas que ocorriam quando um subíndice apresentava valores extremamente baixos de qualidade de água. A partir desse problema foi elaborada uma formulação multiplicativa onde os pesos tornam-se potência dos subíndices.

$$\text{IQA-NSF} = \prod_{i=1}^n l_i^{W_i}$$

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo adaptou o índice e utiliza a tabela 03 de Parâmetros e Pesos e a tabela 04 na avaliação e classificação da Qualidade da água. O IQA-NSF é muito

utilizado no Brasil, porém se verificam adaptações buscando-se melhor representatividade. A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Roessler do Rio Grande do Sul (FEPAM), O Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos (COMITESINOS) também adaptaram o IQA-NSF.

**Tabela 3** – Parâmetros e pesos para o cálculo do IQA-NSF

Parâmetros	Peso
OD	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO <sub>5</sub>	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fosfato total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte: De LUCA (1998) apud PNMAII

**Tabela 4** – Classificação da qualidade das águas (IQA-NSF)

Valor	Qualificação	Cor
80 - 100	Ótima	Azul
52 - 79	Boa	Verde
37 - 51	Aceitável	Amarela
20 - 36	Ruim	Vermelha
0 - 19	Péssima	Preta

Fonte: CETESB (1997)

### ÍNDICE AVALIAÇÃO INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS (AIQA) –

A metodologia baseada em trabalho desenvolvido pela UNESCO (IAP, 2005) foi estabelecida, pelo Instituto Ambiental num trabalho coordenado pelo Prof. Dr. Harry Bollmann, para avaliar a qualidade da água de rios do Estado do Paraná, quando se procurou integrar diversos aspectos, físico-químicos e biológicos, de formas a refletir o estado geral do ecossistema. Considerando que a, antiga, Resolução CONAMA 20/86, baseava-se principalmente em aspectos físico-químicos e não considerava aspectos biológicos da qualidade, exetutando-se à determinação de Coliformes, o IAP, na ocasião, procurou associar também critérios ecotoxicológicos, desenvolvidos no próprio Instituto, numa tentativa de adequar as águas superficiais aos preceitos de preservação das comunidades aquáticas.

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná – IAP (2005), na publicação sobre, *Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, 2002 – 2005*, para relacionar aspectos da qualidade das águas que não apresentam correlação óbvia, ou para os quais os métodos

estatísticos são limitados, pode-se empregar alternativas metodológicas da Análise Multiobjetivo. Dentre elas, a Programação de Compromisso baseia-se em uma noção geométrica de “melhor”.

No método, são identificadas as soluções que estão mais próximas da solução ideal mediante o uso de uma medida de proximidade. Considera-se esta medida como sendo a distância que as separa de uma dada solução da ideal, ou seja, dos limites máximos estabelecidos na Resolução Conama 357/2005 para as diferentes classes de enquadramento.

O ponto mais significativo desta estratégia baseia-se na sua flexibilidade de adaptação às mais variadas situações de aplicação, podendo-se considerar tantas variáveis quantas forem necessárias para a adequada calibração do modelo construído.

Para o caso dos rios da Região Metropolitana de Curitiba, o Instituto Ambiental do Paraná utilizou o modelo que foi expandido para a consideração de três dimensões analíticas: a da qualidade físico-química, a da qualidade bacteriológica e a da qualidade ecotoxicológica.

A metodologia identifica as soluções que estão mais próximas da solução ideal mediante o uso de medida de proximidade. Medida esta que é definida como sendo a distância que as separa de uma dada solução ideal. Esta solução ideal é definida como o vetor

$$f' = (f'_1, f'_2, \dots, f'_n)$$

sendo  $f'_i$  são as soluções do problema dado por:

$$\begin{aligned} & \text{Máx } [f_i(x)] \\ & \text{Sujeito a} \\ & x \in X \\ & i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

onde :  $x$  é o vetor de decisões;  
 $n$  é o número de critérios;  
 $X$  é o conjunto das soluções viáveis;  
 $f'_i$  é a função objetiva para o critério  $i$ .

Geralmente, não é possível obter a solução ideal, já que é difícil que exista um vetor de decisões  $x'$  que seja a solução comum a todos os  $n$  problemas. Porém, ela pode servir na avaliação das soluções alcançáveis.

A medida de proximidade usada é dada por:

$$L_s = \sum_{i=1}^n \{\alpha_i^s [f'_i - f_i(\mathbf{x})]^s\}^{1/s}$$

onde :  $1 \leq s \leq \infty$

A solução de compromisso  $\mathbf{x}'_s$  para um dado valor de  $s$  é tal que:

$$\text{Min } [L_s(\mathbf{x}) = L_s(\mathbf{x}'_s)]$$

Sujeito a

$$\mathbf{x} \in X$$

Este problema é geralmente resolvido para um conjunto de pesos  $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$  e para  $s = 1, 2, \dots, \infty$ . Cada uma destas soluções representa uma postura diferente do decisor. Considerando o caso em que  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = 1$  e fazendo  $w_i = f'_i - f_i(\mathbf{x})$  a equação em  $L_s$  se transforma em:

$$L_s = \sum_{i=1}^n \{w_i^{s-1} [f'_i - f_i(\mathbf{x})]\}^{1/s}$$

Para  $s = 1$ , tem-se que  $w_i^{s-1} = 1$ , e a equação é transformada em:

$$L_s = L_1 = \sum_{i=1}^n [f'_i - f_i(\mathbf{x})]$$

Neste caso, todos os desvios em relação ao ideal tem igual peso na determinação de  $L_s$ . De modo similar, quando se considera  $s = 2$ , tem-se:

$$L_s = L_2 = \left\{ \sum_{i=1}^n w_i [f'_i - f_i(\mathbf{x})] \right\}^{1/2}$$

Nesta equação, cada desvio tem como peso sua própria magnitude. Na medida em que  $s$  aumenta, o maior desvio recebe mais importância, até que em  $s = \infty$  observa-se que:

$$L_\infty = \text{Máx } [f'_i - f_i(\mathbf{x})]$$

A escolha de  $s$  reflete a importância que o decisor atribui aos desvios máximos. Existe então um duplo esquema de pesos. O parâmetro  $s$  reflete a importância que tem os desvios máximos e o parâmetro  $\alpha_i$  se refere à importância relativa do critério  $i$ . Ao resolver o problema para diferentes conjuntos destes

parâmetros, estuda-se a sensibilidade das soluções. Pode-se definir ainda a função  $S_i(D_i)$  com  $D_i = f'_i - f_i(x)$  que normaliza os desvios no intervalo  $[0,1]$ , como:

$$S_i(D_i) = \frac{f'_i - f_i(x)}{f'_i - f''_i}$$

sendo  $f''_i$  dado por

$$\begin{aligned} & \text{Min } [ f_i(x) ] \\ & \text{Sujeito a} \\ & x \in X \\ & i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

Com esta transformação, uma solução de compromisso fica definida operacionalmente por:

$$L_s(x'_s) = \text{Min} \left\{ L_s(x) = \sum_{i=1}^n \left[ \alpha_i^s \left( \frac{f'_i - f_i(x)}{f'_i - f''_i} \right)^s \right]^{1/s} \right\}$$

Quando as alternativas de solução estão discretizadas, pode-se aplicar a programação de compromisso definindo-se os valores  $f'_i$  como sendo os melhores valores no conjunto finito dos  $f_i(x)$ . Isto é, a solução ideal será formada pelo vetor dos melhores valores alcançados em cada critério na matriz de avaliação.

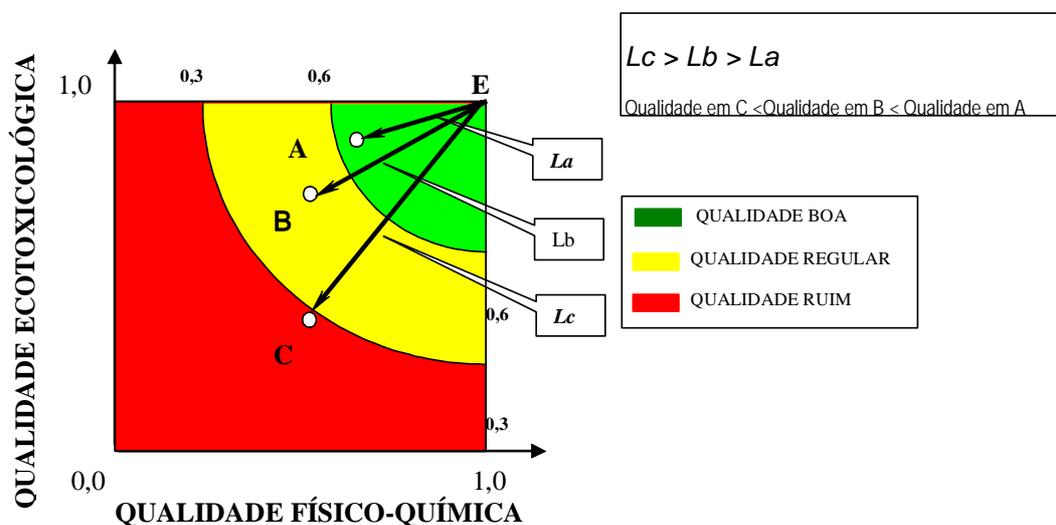
Da mesma maneira, o vetor dos piores valores na matriz de avaliação estará representando os valores de  $f''_i$ . Com estes valores, e com os parâmetros  $\alpha_i$  e  $s$  dados, calcula-se a distância de cada alternativa à solução como sendo a solução de compromisso.

O método de programação de compromisso é um método iterativo. Se o conjunto das soluções de compromisso permitir ao decisor escolher uma solução satisfatória, o algoritmo acaba. De outra forma, variam-se às soluções ideais, ou os pesos, e o algoritmo é processado novamente. Os métodos iterativos requerem um envolvimento considerável do decisor no processo de solução, com a vantagem de permitir que ele ganhe um bom entendimento da estrutura do problema.

Esta metodologia permite comparar o ponto representativo do estado da qualidade das águas de um ou mais mananciais com um ponto ideal (E) inicialmente teorizado por Pareto (Figura 21). Em condições ideais de qualidade das águas, o Ponto E é intangível, mas algumas combinações entre as variáveis

podem ser consideradas no sentido de alterar o equilíbrio existente, aproximando-o progressivamente deste ponto ideal (UNESCO, 1987 apud IAP, 2005). Pode-se observar que o Ponto A possui melhor qualidade geral das águas em ambos os aspectos por apresentar uma distância menor ao Ponto E do que os demais. Para os Pontos B e C, apesar de representarem semelhança físico-química, o Ponto C apresenta um pior desempenho ecotoxicológico, motivo pelo qual é o ponto mais distante do Ponto E.

O ponto mais significativo desta estratégia baseia-se na sua flexibilidade de adaptação às mais variadas situações de aplicação, podendo-se considerar tantas variáveis quantas forem necessárias para a adequada calibração do modelo construído. Para o caso dos rios da Região Metropolitana de Curitiba, o modelo foi expandido para a consideração de três dimensões analíticas: a da qualidade físico-química, a da qualidade bacteriológica e a da qualidade ecotoxicológica. O modelo da Figura 21 apresenta apenas duas destas dimensões apenas para facilitar a visualização da aplicação da metodologia.



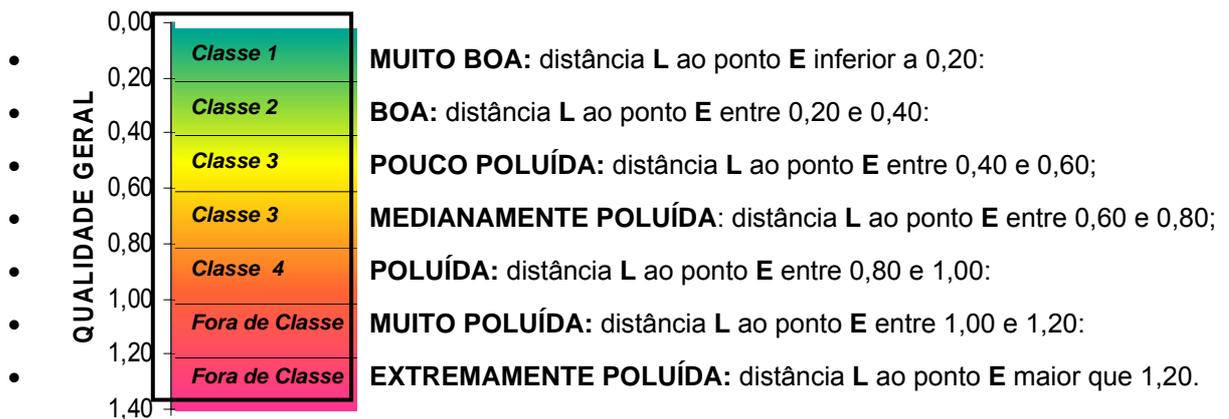
**Figura 21** – Representação da variação da qualidade das águas sob os aspectos físico-químico e ecotoxicológico.

Fonte: IAP (2005).

O Índice AIQA define as classes de qualidade de água de acordo com seus níveis de comprometimento. A Figura 22 demonstra a possibilidade de definição de 3 classes de qualidade das águas segundo sua proximidade ao ponto

E. A realidade, entretanto, mostra que a noção de qualidade nem sempre apresenta valores claros para estabelecer os limiares de qualidade entre as classes pretendidas. Em geral observa-se uma transição contínua e progressiva entre uma classe e outra sem o estabelecimento categórico de um limiar.

A partir deste conceito, teoricamente poderiam ser definidas infinitas classes de qualidade das águas de acordo com seus níveis de comprometimento. Entretanto, para simplificar os procedimentos de representação desta qualidade, serão consideradas 7 categorias baseadas nas regiões de equidistância com o ponto E . Quanto mais afastado deste ponto, maior o grau de poluição observado. Esta fundamentação implica na interpretação do indicador proposto (AIQA) como um indicador de poluição onde a sua escala procura correlacionar maiores valores de L com os rios mais comprometidos. A escala proposta para o indicador pode ser representada por:



**Figura 22** – Classes de qualidade da água, segundo o AIQA, de acordo com seu nível de comprometimento.

Fonte: IAP (2005).

**ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO (IQAR)** – De acordo com Instituto Ambiental do Paraná (2004, p.2), na publicação a respeito do *Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do Estado do Paraná, 1999 – 2004*, o IQAR foi desenvolvido, para avaliar a qualidade de águas de lagos e reservatórios pelo Instituto Ambiental do Paraná, cuja base científica foi obtida através de estudos realizados em 19 reservatórios do Estado do Paraná entre 1987 e 1994, através do Contrato IAP/Itaipu Binacional, com início em 1982 e através do Convênio de Cooperação Técnica e Científica com o governo Alemão (GTZ).

As classes de qualidade de água de lagos e reservatórios são determinadas de acordo com os níveis de comprometimento. Com o objetivo de estabelecer diferentes classes dos reservatórios em relação ao grau de degradação da qualidade de suas águas, o IAP desenvolveu uma matriz contendo os intervalos de classe dos parâmetros mais relevantes. Para esta matriz, reservatórios com diferentes características tróficas, morfométricas e hidrológicas foram monitorados e os dados obtidos armazenados em banco de dados.

Todas as variáveis foram submetidas à análise estatística multivariada, para selecionar aquelas mais relevantes para uma clara caracterização da qualidade das águas dos reservatórios. As variáveis selecionadas foram: déficit de oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio inorgânico total, demanda química de oxigênio, transparência, clorofila a, tempo de residência e profundidade média. Além destas variáveis, a comunidade de cianobactérias (número de células) foi incluída na matriz devido a sua importância ecológica em ecossistemas lênticos, porém este parâmetro recebeu um tratamento estatístico diferenciado.

A matriz desenvolvida apresenta seis classes de qualidade de água, as quais foram estabelecidas a partir do cálculo dos percentis de 10, 25, 50, 75 e 90% de cada uma das variáveis mais relevantes selecionadas (Tabela 5).

**Tabela 5 – Matriz de qualidade de água (IQAR \*)**

Variáveis "i"	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe V	Classe VI
Déficit de oxigênio (%)	≤5	6-20	21-35	36-50	51-70	>70
Fósforo Total (P-mg.l <sup>-1</sup> )	≤0,010	0,011 - 0,025	0,026 - 0,040	0,041 - 0,085	0,086 - 0,210	>0,210
Nitrog. Inorg. Total (N - mg.l <sup>-1</sup> )	≤0,15	0,16 - 0,25	0,26 - 0,60	0,61 - 2,00	2,00 - 5,00	>5,00
Clorofila a ( mg.m <sup>-3</sup> )	≤1,5	1,5 - 3,0	3,1 - 5,0	5,1 - 10,0	11,0 - 32,0	>32
Disco de Secchi (m)	≥3	3 - 2,3	2,2 - 1,2	1,1 - 0,6	0,5 - 0,3	<0,3
DQO ( mg.l <sup>-1</sup> )	≤3	3-5	6-8	9-14	15-30	>30
Tempo de residência (dias)	≤10	11-40	41-120	121-365	366-550	>550
Profundidade média (m)	≥35	34-15	14-7	6-3,1	3-1,1	<1
Fitoplancton (diversidade de espécies)	baixa, sem predominância de espécies	média a alta, sem predominância de espécies	média a alta, com predominância de espécies	reduzida, com predominância de espécies	reduzida, com predominância de espécies	muito reduzida, com predominância de espécies
Cianobactérias (céls.ml <sup>-1</sup> )	<5.000	5.001-10.000	10.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	>100.000
Fitoplancton (florações)	sem	rara	eventual	frequente	frequente/ permanente	permanente

\*modificada em 2004

Fonte:IAP,2004

Para o cálculo do Índice da Qualidade de Água de cada reservatório, as variáveis selecionadas receberam pesos distintos, em função de seus diferentes níveis de importância na avaliação da qualidade da água de reservatório (Tabela 06).

**Tabelas 6 – Variáveis selecionadas pelo IQAR e seus respectivos pesos**

Variáveis "i"	Pesos W <sub>i</sub>
Déficit de oxigênio dissolvido- (%)*	17
Fósforo Total - (O <sub>2</sub> -mg/l)**	12
Nitrogênio inorgânico total - (N- mg/l)**	08
Clorofila a - (mg/m <sup>3</sup> )***	15
Profundidade Secchi - (metros)	12
Demanda Química de Oxigênio - DQO - (O <sub>2</sub> - mg/l)**	12
Fitoplancton (diversidade e florações)	08
Tempo de residência - (dias)	10
Profundidade média - (metros)	06

(\*) média da coluna d'água; (\*\*) média das profundidades I e II; (\*\*\*) valor da maior concentração entre as profundidades I e II.

Fonte: IAP,2004.

A classe de qualidade de água a que o reservatório pertence é calculada através do Índice de Qualidade de Água de Reservatórios (IQAR), de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{IQAR} = \frac{\sum (w_i \cdot q_i)}{\sum w_i}$$

onde:

$w_i$  = pesos calculados para as variáveis "i";

$q_i$  = classe de qualidade de água em relação à variável "i", q pode variar de 1 a 6.

Os dados coletados a cada campanha de monitoramento semestral são calculados e recebem um IQAR parcial. A média aritmética de dois ou mais índices parciais fornece o IQAR final e a classe a qual cada reservatório pertence.

O Índice IQAR estabelece seis classes de qualidade de água, segundo seus níveis de comprometimento, podem ser definidas conforme segue:

**Lilás = Classe I (não impactado a muito pouco degradado)** : Corpos de água saturados de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

**Azul = Classe II (pouco degradado)** : Corpos de água com pequeno aporte de nutrientes orgânicos e inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

**Verde = Classe III (moderadamente degradado)** : Corpos de água que apresentam um déficit considerável de oxigênio dissolvido na coluna d' água podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo, em determinados períodos, médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e densidade de algumas espécies de algas, sendo que algumas espécies podem ser predominantes, tendência moderada a eutrofização, tempo de residência das águas, considerável;

**Amarelo = Classe IV (criticamente degradado a poluído)** : Corpos de água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, aporte de consideráveis cargas de

nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas e/ou cianobactérias, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente à alta turbidez biogênica. A partir desta Classe é possível a ocorrência de mortandade de peixes em determinados períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido;

**Laranja = Classe (muito poluído)** : Corpos de água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com supersaturação de oxigênio dissolvido na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo. Grande aporte e alta reciclagem de nutrientes. Corpos de água eutrofizados, com florações de algas e/ou cianobactérias que freqüentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência;

**Vermelha = Classe VI (extremamente poluído)** : Corpos de água com condições bióticas seriamente restritas, resultantes de severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido. Ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda a coluna de água. Aporte e reciclagem de nutrientes muito altos. Corpos de água hipereutróficos, com intensas florações de algas e/ou cianobactérias cobrindo todo o espelho d'água. Eventual presença de substâncias tóxicas.

**Observação:** os lagos do tipo "Light Limited Lakes", ou seja, lagos limitados pela luz, devido à alta turbidez abiogênica, poderão enquadrar-se normalmente nas classes de III a VI, dependendo das peculiaridades de cada reservatório, sendo que nestes casos, normalmente não ocorre floração do fitoplâncton, devido à redução da zona eufótica.

De acordo com Goulart e Callisto (2003, p.3):

Tradicionalmente, a avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos tem sido realizada através da medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas. Este sistema de monitoramento, juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas (coliformes totais e fecais), constitui-se como ferramenta fundamental na classificação e enquadramento de rios e córregos em classes de qualidade de água e padrões de potabilidade e balneabilidade humanas.

Segundo estes autores a utilização de variáveis físicas e químicas tem suas vantagens, como por exemplo: a identificação de modificações nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, bem como a determinação das concentrações alteradas, porém este sistema apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens.

A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece somente uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica:

Em função da capacidade de autodepuração e do fluxo unidirecional de ecossistemas lóticos, os efluentes sólidos carregados por drenagens pluviais para dentro de ecossistemas aquáticos podem ser diluídos (dependendo das concentrações e tamanho do rio) antes da data de coleta das amostras ou causarem poucas modificações nos valores das variáveis. Além disso, o monitoramento físico e químico da água é pouco eficiente na detecção de alterações na diversidade de habitats e microhabitats e insuficiente na determinação das conseqüências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas (GOULART; CALLISTO, 2003, p.3).

Por outro lado, as comunidades biológicas refletem a integridade ecológica total dos ecossistemas (integridade física, química e biológica), integrando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo uma medida agregada dos impactos. Assim sendo, o monitoramento de aspectos biológicos constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas destas comunidades biológicas a modificações nas condições ambientais originais.

IAP (2005, p.3), expõe que uma avaliação criteriosa da qualidade das águas requer:

Uma estrutura metodológica capaz de integrar variáveis representativas dos processos alteradores das suas condições estruturais, bem como das respostas à ação dos estímulos externos, que podem variar (em escala) do nível de espécie ao ecossistêmico. As abordagens baseadas em e uma visão sistêmica da realidade tem procurado integrar aspectos físico - químicos e biológicos, estabelecendo métodos de investigação que combinem variáveis de causa e efeito através de estruturas multimétricas.

Segundo o IAP (2005), esta nova visão metodológica, não tem a intenção de romper com os processos tradicionais de monitoramento, mas procura integrar suas potencialidades. A avaliação integrada (física – química e biológica) procura minimizar as incertezas relativas à qualidade das águas.

No Brasil é escassa a utilização de índices pelos órgãos ambientais e os adotados divergem entre si de maneira subliminar a radical. O objetivo da utilização de índices é proporcionar a divulgação da informação e o auxílio aos gestores na tomada de decisão, porém devem ser usados com parcimônia uma vez que a síntese desperdiça informações relevantes (BRASIL, 2007b).

O quadro 10 traz exemplos de índices de qualidade de água utilizados em ambientes Lênticos e Lóticos e sua aplicação no Brasil.

ÍNDICE	USO	APLICAÇÃO	PARÂMETROS
IQA-NSF	LÓTICO	CETESB;FEPAM	pH, Turbidez, Coliformes fecais, DBO <sub>5</sub> , Nitrogênio total, Fosfato Total, Temperatura, Resíduo Total e OD.
PRATI	LÓTICO Índice implícito de poluição	Rio Taquari/Antas-UFRS Bacia do Paraíba do Sul - COPPE/UFRJ	OD, pH, DBO <sub>5</sub> , DQO, Permanganato, Sólidos Suspensos, Amônia, Nitratos, Cloretos, Ferro, Manganês, ABS*, CCE**
DINIUS	LÓTICO Índice de Contabilidade Social	Bacia do Paraíba do Sul - COPPE/UFRJ	Condutividade Elétrica, Cor, pH, Temperatura, Alcalinidade, Cloretos, DBO, Dureza, OD, Coliforme Fecal, Coliforme Total.
MACDUFFIE	LÓTICO Índice de Poluição de Rios	Bacia do Paraíba do Sul - COPPE/UFRJ	OD, DBO, DQO, Sólidos Suspensos, Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fosfato Total, e Temperatura. Pode-se incluir ou excluir parâmetros.
IQAR	LÊNTICO Reservatórios do Estado do Paraná	Instituto Ambiental do Paraná - IAP	Déficit de oxigênio, Fosforo Total, Nitrogênio Inorgânico Total, Clorofila "a", Profundidade Secchi, DQO, Fitoplancton (diversidade e floração) Tempo de Residência, Profundidade média.
IQA	LÓTICOS E LÊNTICOS Índice de Qualidade de Águas brutas	CETESB; UFMS- Rio Miranda-MS; Rio Bauru-SP; Rio Taquari/Antas-UFRS; Bacia do Paraíba do Sul; COPPE/UFRJ;Bacia do Prata-ANA,ANEEL,IBAMA,FEAM-MG	pH, Turbidez, Coliformes fecais, DBO <sub>5</sub> , Nitrogênio total, Fosfato Total, Temperatura, Resíduo Total e OD.
AIQA	LÓTICO	Instituto Ambiental do Paraná - IAP	Turbidez, Temperatura, OD, Saturação de Oxigênio, pH, DBO <sub>5</sub> , DQO, Nitrogênio Amoniacal, Nitritos, Nitratos, Nitrogênio Kjeldhal, Fosfato Total, Resíduos Suspensos, E.coli, Coliformes Totais,

\* ABS -Aquil benzeno sulfonato

\*\* CCE - Carbono cloriforme extraído

#### Quadro 10 – Alguns Índices utilizados em ambientes lênticos e lóticos

Fonte: Brasil (2007b).

## 2.4.2 Variáveis de Qualidade de Água

### 2.4.2.1 Temperatura da água, pH e oxigênio dissolvido

**Temperatura da Água** - De acordo com Fatma/GTZ (1999, p.16) a “temperatura é um fator que influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos na água”, [...] imprescindível para interpretação do restante dos parâmetros de qualidade das águas e dos processos que ocorrem nas águas.

Toda a biota aquática é aclimatada a uma determinada temperatura, possuindo uma temperatura preferencial. Como efeito físico o aumento da temperatura aquática, que se situa entre 0° e 25°C causam diminuição da viscosidade e densidade acima de 4°C, facilitam a sedimentação de materiais em suspensão, aumentam a taxa de transferência de gases entre água e atmosfera e diminuem a solubilidade de gases na água.

Como efeito físico-químico, a elevação da temperatura provoca aumento da concentração do amoníaco livre e tóxico para peixes (NH<sub>3</sub>), uma evasão de substâncias orgânicas voláteis e aumento da velocidade de reação dos processos químicos.

Como efeito biológico, provoca um aumento das velocidades de reação dos processos bioquímicos aeróbicos e anaeróbicos (p.ex.degradação de compostos de carbono, nitrificação, degradação de detergentes, aumento do metabolismo dos organismos aquáticos e conseqüentemente um aumento da taxa de crescimento desses organismos (FATMA/GTZ, 1999, p.16-17).

Derisio (2000) afirma que, a solubilidade dos gases nos líquidos é inversamente proporcional à temperatura, de modo que quanto maior a temperatura de um líquido, menor a possibilidade de reter gases. Os efeitos danosos provocados à flora e fauna aquática são indiretos, uma vez que o aumento de temperatura implica maior movimentação dos seres aquáticos o que implica num maior consumo de oxigênio dissolvido, e na diminuição do poder de retenção do oxigênio no meio líquido.

**Potencial Hidrogeniônico – pH** - O potencial hidrogeniônico, “nada mais é que uma relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons ( $H^+$ ) e íons ( $OH^-$ )”, varia de 0 a 14, sendo 7 considerado neutro, ou seja, a concentração de íons ( $H^+$ ) é igual à de íons ( $OH^-$ ). Quando predomina a presença de íons ( $H^+$ ) temos um pH ácido, ou seja, menor que 7,0. Quando a um predomínio de íons ( $OH^-$ ) temos um pH básico e será maior que 7,0 (DERISIO, 2000, p. 34).

O autor cita que as maiores alterações de pH nos recursos hídricos são devidos a despejos industriais, e deve ser considerado que os peixes geralmente estão adaptados às condições de neutralidade de pH, alterações bruscas podem acarretar o seu desaparecimento.

Geralmente, o consumo e/ou produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração / fermentação de todos os organismos presentes na massa de água produzindo ácidos orgânicos fracos, são os responsáveis pelas variações naturais deste parâmetro. (BRANCO, 1986 apud FARIAS, 2006).

Farias (2006) cita que o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição de materiais muito ácido é produzido (como o ácido húmico).

Von Sperling (2005) cita que as alterações de pH podem ter origem natural, dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese ou origem antropogênicas como despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e industriais e que valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática. No que diz respeito a corpos de água valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas ou ainda ser indicativo da presença de efluentes industriais.

**Oxigênio Dissolvido (OD)** - Segundo DERISIO (2000, p.35), o oxigênio é um elemento de importância vital para os seres aquáticos aeróbicos, ou seja, aqueles que vivem exclusivamente na presença de oxigênio. A sua introdução na água pode se dar através do ar atmosférico, da fotossíntese e da ação de aeradores ou insufladores de ar. O teor de oxigênio varia principalmente com a temperatura e com a altitude. Despejos de origem orgânica são os principais causadores de redução nas concentrações de oxigênio.

O oxigênio é consumido na oxidação da matéria orgânica, ou ainda, no metabolismo de plantas, animais e bactérias e em processos fornecedores de oxigênio como no caso da fotossíntese, pela decomposição aeróbica de compostos de carbono e pela nitrificação de Amônio. Baixas concentrações de Oxigênio indicam processos de consumo através de substâncias lançadas na água ou surgiram como carga secundária (plantas e algas aquáticas em fase de decomposição). Supersaturação de oxigênio da água podem resultar naturalmente apenas por via da fotossíntese e sempre é uma indicação de possíveis processos de eutrofização (FATMA/GTZ, 1999 p. 22-24).

Segundo Von Sperlling (2005), o oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos, sua solubilidade varia de acordo com a altitude e temperatura, e resume alguns valores do oxigênio dissolvido e seus efeitos:

- superiores a saturação: indica presença de algas (fotossíntese);
- inferiores a saturação: indica presença de matéria orgânica, provavelmente, esgoto;
- em torno de 4 - 5 mg. L<sup>-1</sup>: morrem os peixes mais exigentes;
- igual a 2 mg. L<sup>-1</sup>: todos os peixes estão mortos, e;
- igual a 0 mg. L<sup>-1</sup>: condições de anaerobiose.

De acordo com Carmouze (1994), em condições normais um rio considerado limpo, apresenta normalmente, de 8 a 10 mg. L<sup>-1</sup> de OD. Conforme já visto essa quantidade, pode variar em função da temperatura e pressão. A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica (CARMOUZE, 1994 apud FARIAS, 2006).

Esteves (1988) a define saturação de oxigênio como sendo "a quantidade máxima de oxigênio que pode ser dissolvido na água em determinada pressão e temperatura" (ESTEVES, 1988).

#### 2.4.2.2 Condutividade, turbidez e alcalinidade

**Condutividade** - É a expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica. Representa a resistência elétrica à 25°C, normalmente expressa em microsiemens por centímetro,  $\mu\text{s/cm}$ . Na água é originada pela presença de sais dissolvidos na forma de íons dissociados eletroliticamente. Estes íons podem ter origem antropogênicas (descargas industriais, consumo de sais em residência e comércio), geogênica (decomposição atmosférica) excreção de sais pelo homem e animais etc. A carga de sais na água é composta por cátions (sódio, cálcio, magnésio, potássio) e ânions (cloretos, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos e nitratos).

As mesclagens de sais possuem importâncias diferentes, do ponto de vista ecológico. As plantas normalmente reagem de maneira mais sensível aos sais que os animais. Os sais têm importância vital para o organismo do homem, do animal e das plantas. Doses altas bem como a sua ausência provoca efeitos nocivos.

Para diversos usos, altas cargas de sais na água têm efeitos negativos e ocorre principalmente em períodos de baixa vazão. Para irrigação um teor de sais de 500 mg. L<sup>-1</sup> já pode comprometer, águas correntes com um teor aceitável de sal apresentam uma condutividade de 1000  $\mu\text{s/cm}$ . Valores muito baixos de condutividade (10 - 100  $\mu\text{s/cm}$ ) são medidos em águas de fontes provenientes de gnaiss, granito ou arenito colorido já fontes de rochas calcárias ao contrário freqüentemente apresentam valores ao redor e acima 1000  $\mu\text{s/cm}$  (FATMA/GTZ, 1999, p.21-22).

**Turbidez** - A turbidez confere a água uma aparência turva e é representada pelo grau de interferência com a passagem da luz através da água. Os constituintes responsáveis pela turbidez são os sólidos em suspensão que podem ter uma origem natural, partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microorganismos ou origem antropogênicas, Despejos domésticos, industriais, microorganismos, erosão, (VON SPERLING, 2005).

Farias (2006), ao discorrer sobre o *Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo* em tese de doutorado expressa que “a

presença de partículas em suspensão, que causam a turbidez, ou de substâncias em solução, relativas à cor, pode concorrer para o agravamento da poluição. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que, por sua vez, reduz a reposição do oxigênio”. A precipitação dessas partículas perturba o ecossistema aquático (BRANCO, 1986 apud FARIAS, 2006, p.12).

Fatma/GTZ (1999, p.25) expressam que a turbidez pode influenciar o metabolismo de oxigênio nas águas, particularmente o plâncton.

Derisio (2000, p.38) expõe que, a turbidez pode afetar esteticamente os recursos hídricos, encarecer os processos de tratamento de água e provocar distúrbios na fauna e flora devido à redução de penetração da luz.

**Alcalinidade Total** - Segundo Von Sperling (2005), alcalinidade é a quantidade de íons que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio na água, mede-se a capacidade da água de neutralizar os ácidos e podem ter origem natural, dissolução de rochas, reação do CO<sub>2</sub> com a água ou antropogênicas como os despejos industriais.

Braga et al. (2002, p.100) expressam que, ”a alcalinidade ocorre devido à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio etc.)”. A alcalinidade não constitui problema de forma isolada, desde que a salinidade esteja dentro dos limites aceitáveis.

#### **2.4.2.3 Sólidos, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio**

**Sólidos** - Segundo Von Sperling (2005, p.22-23), todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para carga de sólidos” e que podem ser classificados de acordo com suas características físicas (sólidos em suspensão, sólidos coloidais e sólidos dissolvidos) ou suas características químicas (sólidos orgânicos e inorgânicos). O autor cita que a divisão dos sólidos por tamanho é uma divisão prática, onde as partículas menores capazes de passar por um papel filtro de

tamanho especificado correspondem aos sólidos dissolvidos, enquanto que as que ficam retidas no papel, de maiores dimensões, são os sólidos suspensos.

Com relação à classificação pelas características químicas, quando se submete os sólidos a uma temperatura de 550°C, a fração orgânica é volatilizada, permanecendo após combustão apenas a fração inorgânica. Nos sólidos, os voláteis representam uma estimativa da matéria orgânica, enquanto que os sólidos não voláteis representam a matéria inorgânica ou mineral.

A água com demasiado teor de sólidos dissolvidos totais não são convenientes para usos. Quando contém menos de 500 mg. L<sup>-1</sup> de sólidos dissolvidos é, em geral, satisfatória para uso doméstico e para muitos fins industriais. Com mais de 1000 mg. L<sup>-1</sup>, porém, a água contém minerais que lhe conferem um sabor desagradável e a torna inadequada para diversas finalidades (FARIAS, 2006, p.20).

**Demanda Química de Oxigênio (DQO)** - De acordo com Derisio, a DQO assim como a DBO é um indicador da presença de matéria orgânica. DQO é, portanto, a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica na água. Enquanto na DBO a oxidação se tem com o auxílio de bactérias, na DQO o fenômeno é provocado pela ação de uma substância química. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve principalmente a despejos de origem industrial. Pode reduzir os níveis de oxigênio dissolvido, afetando a sobrevivência dos organismos aquáticos (DERISIO, 2000, p.35).

**Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** - A DBO pode ser definida como a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, através da ação de bactérias. A determinação de DBO em laboratório é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante, 20°C, e durante um período de incubação de 5 dias. Interferentes na ação bacteriana devem ser levados em consideração, como por exemplo, a presença de metais na água leva a obtenção de resultados não condizentes com a realidade. Os aumentos de níveis de DBO num corpo d'água são provocados por despejos orgânicos (DERISIO, 2000, p.35).

#### 2.4.2.4 Formas de nitrogênio e fósforo

**Formas de Nitrogênio** - Lima (2001) expressa que, o nitrogênio, possui uma química complexa, em função dos vários estágios que pode assumir e dos impactos que a mudança do estado de oxidação pode causar sobre os organismos vivos. O autor frisa que o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos e que Sawyer (1978), descreve os estágios do nitrogênio. A atmosfera serve como um reservatório no qual o nitrogênio é constantemente renovado pela ação da descarga elétrica e pela fixação das bactérias. Durante essas descargas, grandes quantidades de nitrogênio oxidam-se a  $N_2O_5$  e a sua união com a água produz  $HNO_3$ , normalmente carregado para a terra na chuva. Os nitratos são também produzidos pela oxidação direta do nitrogênio ou da amônia e encontram-se também nos fertilizantes comerciais.

Portanto, no meio aquático a presença de nitrogênio pode originar-se de fontes naturais de nitrogênio, como: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone, de esgotos domésticos e industriais e da drenagem de áreas fertilizadas. As formas em que o nitrogênio apresenta-se nos ambientes aquáticos podem ser: nitrato ( $NO_3$ ), nitrito ( $NO_2$ ), amônia ( $NH_3$ ), íon amônio ( $NH_4$ ), óxido nitroso ( $N_2O$ ), nitrogênio molecular ( $N_2$ ), nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos etc) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos) (LIMA, 2001).

Segundo Von Sperling (2005), em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, sendo que a recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto que aquela mais remota está associada ao nitrato.

**Fósforo Total** - O fósforo assim como o nitrogênio é essencial para o crescimento de todos os seres vivos. Os compostos de fósforo podem estar nas águas sob as formas de ortofosfatos, polifosfatos e fósforo orgânico. Os ortofosfatos têm como origem os fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura, os polifosfatos são provenientes de despejos de esgotos domésticos e de alguns despejos industriais que utilizam detergentes sintéticos à base de polifosfatos. O fósforo total, o ortofosfato e a amônia formam o principal grupo de nutrientes com relação direta com o processo de eutrofização de um corpo d'água (CEBALLOS et al., 1998 apud

FARIAS 2006).

Von Sperling (2005) cita que, em corpos d'água o fósforo pode ser utilizado como indicativo do estado de eutrofização de lagos:  $P < 0,01 - 0,02 \text{ mg. L}^{-1}$ : não eutrófico;  $P$  entre  $0,01 - 0,02$  e  $0,05 \text{ mg. L}^{-1}$ : estágio intermediário;  $P > 0,05 \text{ mg. L}^{-1}$ : eutrófico e expõe que lagos tropicais provavelmente aceitem concentrações superiores.

#### 2.4.2.5 Cloretos e óleos de graxas

**Cloretos** - Von Sperling (2005) expressa que, todas as água naturais contem íons resultantes da dissolução de minerais, em maior ou menor escala e que a origem natural de cloretos é através da dissolução de minerais e intrusão de águas salinas e quanto à origem antropogênicas os despejos domésticos, industriais e águas utilizadas na irrigação são a fontes.

As águas superficiais são fontes importantes de cloretos, as descargas de esgotos sanitários, sendo que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a  $15 \text{ mg. L}^{-1}$ . Diversos são os efluentes industriais que apresentam concentrações de cloreto elevadas como os da indústria do petróleo, algumas indústrias farmacêuticas, curtumes, etc. Nas regiões costeiras, através da chamada intrusão da língua salina, são encontradas águas com níveis altos de cloreto. Também eram utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, o teste de coliformes fecais é mais preciso para esta função. O cloreto apresenta também influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica em células de microrganismos, (CETESB, 2008).

**Óleos e graxas (OG)** - Óleos e graxas em águas naturais podem ser originários da decomposição do plâncton ou de formas superiores da vida aquática. Entretanto a atividade antrópica geralmente é a maior fonte. Conforme relato feito pela FEAM (2002) no Projeto Rio Doce, a poluição por óleos e graxas é originada de serviços

rotineiros de postos de gasolina, oficinas mecânicas, garagens de veículos e lavajatos, onde grandes quantidades de água são misturadas a eles e descartadas nas redes de esgoto alcançando, assim, os recursos hídricos acarretando inúmeros prejuízos à vida aquática local podendo ter extensão até à saúde humana (FEAM, 2002 apud CRUZ, 2003, p. 138).

#### **2.4.2.6 Alumínio, chumbo e cromo**

**Alumínio** - O alumínio é produzido e consumido em grandes quantidades em muitas nações, sendo o Brasil um grande produtor, em torno de 762.000 t/ano. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação, e conseqüente anaerobiose, não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo de água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez.

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. A toxicidade aguda por alumínio metálico e seus compostos é baixa, variando o LD50 oral de algumas centenas a 1.000 mg de alumínio **1 kg peso** corpóreo por dia. A osteomalacia é observada em humanos expostos ao alumínio. Há considerável evidência que o alumínio é neurotóxico. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer. Brown (1989) correlacionou o aumento do risco relativo da ocorrência do Mal de Alzheimer com o nível de alumínio na água de abastecimento. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio (BROWN, 1989 apud CETESB, 2008).

**Chumbo** - Pequenos traços de chumbo são encontrados em águas naturais. Os incrementadores de sua concentração nas águas são despejos industriais. Tem poder acumulativo e é tóxico para o homem e os animais. (DERISIO, 2000, p.36).

Bisinoti, Yabe e Gimenez (2004) expressam que os metais que

caracterizam ambientes aquáticos em áreas urbanas podem ser provenientes de fontes pontuais ou difusas. O chumbo entre outros metais, encontrado no solo da cidade de Londrina, introduzidos por fontes cuja origem está na urbanização e na industrialização, influencia os resultados de analíticos desse parâmetro.

**Cromo** - Na água sua ocorrência é rara e sua presença deve principalmente a despejos industriais (galvanoplastia, fabricação de couro e processamento de tintas e corantes). O cromo na forma hexavalente é mais tóxico que na trivalente. Não tem poder acumulativo (DERISIO, 2000, p.36).

Bisinoti Yabe e Gimenez (2004) citam que o cromo é um dos metais encontrados na microbacia do Ribeirão Cambé, cujas fontes de origem, também, estão na urbanização e industrialização.

#### **2.4.2.7 Coliformes totais, fecais e E.coli.**

A definição de coliformes é expressa da seguinte forma:

**COLIFORMES TOTAIS** - O grupo coliforme consiste em vários gêneros de bactérias da família "Enterobacteriaceae". Historicamente o grupo tem sido definido baseando-se no método utilizado para sua detecção (fermentação da lactose). Quando a técnica de fermentação é a utilizada, o grupo é definido como toda bactéria anaeróbica facultativa, gram-negativa, não formadoras de esporos que fermentam a lactose com produção de gás a ácido em 48 horas a 35°C.

**COLIFORMES FECAIS** – Testes de temperatura elevada distinguem estes organismos do grupo de coliforme total. Pode-se utilizar a técnica de tubos múltiplos ou a de membrana filtrante. Coliformes fecais são utilizados para avaliar a potabilidade da água, poluição de rios, sistemas de tratamento de esgoto, águas recreacionais, e monitoramento de qualidade de água.

**ESCHERICHIA coli** – É uma bactéria membro do grupo de coliformes fecais, e definida como uma espécie de bactéria coliforme que possui a enzima  $\beta$ -glucuronidase que resulta num substrato fluorogênico quando a determinação utiliza o meio de cultura EC-MUG (APHA; AWWA; WEF, 2005 p.9-48,9-56 e 9-57).

Os coliformes são indicadores de poluição fecal uma vez que ocorrem em grande número na flora intestinal humana e de animais de sangue quente. A presença de coliformes na água indica poluição com o risco potencial da presença de organismos patogênicos, em função de serem mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal. Na determinação de coliformes, faz-se à diferenciação entre coliformes de origem fecal e não fecal. Algumas bactérias do grupo coliforme são encontradas no solo e em vegetais e têm a capacidade de se multiplicar na água com relativa facilidade. Porém, entre os coliformes há bactérias de origem comprovadamente fecal, não se multiplicam facilmente no ambiente externo e tem sobrevivência parecida à das bactérias patogênicas. A coleta de amostra para determinação de coliformes, deve ser feita com frasco apropriado, esterilizado e com todo o cuidado para não contaminar a amostra.

As águas apresentam o risco de serem poluídas por águas residuárias e excretas de origem humana ou animal, podendo, conter organismos patogênicos e tornar-se um veículo de transmissão de doenças.

#### **2.4.2.8 Fitoplâncton e clorofila a**

**Fitoplâncton** - Comunidade vegetal microscópica, que flutua livremente nas diversas camadas de água, estando sua distribuição vertical em função da zona eufótica onde, graças à presença de energia luminosa, ocorre o processo fotossintético, estes organismos são um dos responsáveis pela cadeia alimentar do meio aquático (IAP, 2007).

A comunidade fitoplanctônica pode ser utilizada como indicadora da qualidade da água, principalmente em reservatórios, e, a análise da sua estrutura permite avaliar alguns efeitos decorrentes alterações ambientais.

Os organismos fitoplanctônicos respondem rapidamente (em dias) às alterações ambientais decorrentes da interferência antrópica ou natural. É uma comunidade indicadora do estado trófico. A presença de algumas espécies em altas densidades pode comprometer a qualidade das águas, causando restrições ao seu tratamento e distribuição. Atenção especial é dada ao grupo das Cianofíceas,

também denominadas Cianobactérias, que possui espécies potencialmente tóxicas, (CETESB, 2008).

**Clorofila a** - A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenóides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila a é a mais comum das clorofilas (a, b, c, e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos, (CETESB, 2008).

#### **2.4.2.9 Toxicidade para organismos aquáticos**

A Resolução Conama 357/2005, estabelece que seja realizado ensaio toxicológico para determinar o efeito tóxico crônico de agentes físicos ou químicos a diversos organismos aquáticos. Para rios Classe 1 não devem ser observados efeitos tóxicos crônicos aos organismos aquáticos em testes padronizados.

Nieweglowski (2006) expõe que a toxicidade pode ser definida como sendo a capacidade que os agentes químicos lançados no meio ambiente possuem de causar efeito(s) deletério(s) aos organismos ou biocenoses devido a suas propriedades, concentrações e combinações.

Através de métodos de testes de toxicidade aguda, é possível, em período de 30 minutos a 72 horas detectar a presença de agentes tóxicos em uma amostra. Um dos organismos mais utilizados e padronizados para a execução de testes de toxicidade aguda em águas e efluentes industriais e o micro crustáceo *Daphnia magna* e a bactéria marinha *Vibrio fischeri*.

O teste com *Daphnia magna* consiste na exposição por 24 ou 48 horas, de jovens de 24 horas de idade, a diferentes diluições do agente teste. Após este período e verificado o efeito tóxico, que é manifestado por meio da imobilidade dos organismos-teste.

A bactéria *Vibrio fischeri* é marinha, luminescente, gram-negativa e aeróbia facultativa. Emitem luz em condições ambientais favoráveis (oxigênio acima de 0,5 mg/L). Esta cepa, no momento do uso é dispersa com solução específica e

diluída com a amostra. Assim, a intensidade de luz emitida pelas bactérias é medida em equipamento especial para tal, sendo a inibição da emissão de luz a manifestação do efeito tóxico (NIEWEGLOWSKI, 2006).

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

Uma das importantes referências que serviram de base para a elaboração desta pesquisa foi o levantamento sistemático que o Instituto Ambiental do Paraná tem feito principalmente a partir década de 1990 monitorando a qualidade da água de reservatórios no Estado do Paraná. Com o objetivo de dar continuidade à pesquisa realizada em 2005 a respeito da qualidade da água do Lago Igapó, que estudou o período de dezembro de 1997 a janeiro de 2005, optou-se por monitorar os pontos já estabelecidos e avaliar o comportamento da qualidade da água daquele período estendendo-se até maio de 2007.

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM**

As estações de amostragem foram determinadas seguindo critérios de viabilidade técnica e econômica, que permitiriam avaliar a qualidade da água nas estações nos rios tributários e no reservatório, considerando ainda as condições de acesso para veículos e equipamentos.

As estações de amostragens foram georeferenciadas e incorporadas à base cartográfica e podem ser visualizadas na Figura 23, sendo 6 estações em tributários do lago Igapó: Ribeirão Cambé, Córrego Baroré, Córrego Rubi, Córrego Água Fresca, Córrego Leme e Córrego Capivara e 4 estações no Lago Igapó: Lago Igapó I, Lago Igapó II, Lago Igapó III e Lago Igapó IV.





**Foto 1** – Estação Ribeirão Cambe

### **Tributários da margem Esquerda:**

**Estação Córrego Baroré** (foto 2) – Estação localizada na foz do Córrego Baroré, a montante da estação IG04. Estabelecida com o objetivo de avaliar a área de drenagem do Córrego Baroré.



**Foto 2** – Estação Córrego Baroré

**Estação Córrego Rubi** (foto 3) – Localizada na foz do Córrego Rubi, a montante do Lago Igapó III.



**Foto 3** – Estação Córrego Rubi

**Estação Córrego Água Fresca** – Localizada na foz do Córrego Água Fresca, a montante do Lago Igapó II. A foto 4 mostra detalhe do barco sendo colocado na água para coleta de amostras na estação.



**Foto 4** – Estação Córrego Água Fresca

**Estação Córrego Leme** (foto 5) – Localizada na foz do Córrego Leme, a montante do Lago Igapó I.



**Foto 5** – Estação Córrego Leme

**Tributários da margem direita:**

**Estação Córrego Capivara** (foto 06) – entrada do Córrego Capivara no Lago Igapó I.



**Foto 6** – Estação Córrego Capivara

### 3.2 AMOSTRAGEM

As coletas de amostras de água foram realizadas com a colaboração de técnicos, químicos e biólogos do Instituto Ambiental do Paraná de Curitiba e de Londrina.

O horário de coleta não foi pré-estabelecido, e, dependeu da disponibilidade logística e de pessoal para a execução das campanhas de amostragem.

Os frascos de coleta foram preparados de acordo especificações da metodologia analítica e apresentavam as características requisitadas pelo parâmetro a ser analisado. A técnica de amostragem, volumes mínimos a serem coletados, técnica de preservação, acondicionamento para transporte e prazo para análise, estão descritos em procedimentos técnicos estabelecidos pelo IAP, que estão em conformidade com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 9897, NBR 9898 e American Public Health Association – APHA; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation – WEF (APHA; AWWA; WEF, 2005).

As medições de pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, foram realizadas no local da coleta, no momento da amostragem com equipamentos de campo, marca WTW, devidamente calibrados (foto 09).

Foi utilizado barco (fotos 7 e 8), para as amostragens de água nos lagos Igapó I, II e III, no Lago Igapó IV as coletas foram feitas da ponte de madeira, na entrada do lago.



**Foto 7** – Barco sendo colocado na água, para coleta na estação IG01.



**Foto 8** – Detalhe da coleta de barco na estação IG01.

Os seguintes equipamentos e materiais foram utilizados e estavam de acordo com as necessidades e com as características do local e tipo de coleta propostos:

Baldes, Caixas térmicas, Béquer, pipetas graduadas, provetas e medidores de Condutividade elétrica, oxímetro de campo e phmetro de campo, termômetros, pisseta, cordas, etiquetas auto-adesivas, fichas de coleta, frascos de coleta entre outros (fotos 9 e 10).



**Foto 9** – Detalhe balde de inox e frascos utilizados, na coleta



**Foto 10** – Medição de OD, na estação IG04

### **3.2.1 Freqüência de Amostragem**

A freqüência de amostragem foi estabelecida levando-se em consideração as principais variações climáticas que podem caracterizar os períodos de melhor e/ou pior qualidade das águas, isto é, preferencialmente nos períodos em que normalmente ocorrem os processos de estratificação térmica e/ou química e de mistura da coluna d'água. Desta forma, estabeleceu-se uma freqüência semestral para a realização do monitoramento, em função das características das estações climáticas no Estado do Paraná.

Verão - período no qual ocorre uma típica estagnação dos corpos d'água associada a uma biodinâmica máxima, devido às maiores temperaturas do ano.

Inverno - período no qual ocorrem condições mais favoráveis à circulação da coluna d'água, devido às menores temperaturas do ano.

As amostragens foram realizadas nos meses de janeiro de 2005, junho/2005, março/2006, junho/2006 e maio/2007. Para a análise geral foram considerados os dados referentes a amostragens feitas nos períodos Dezembro/1997, Junho/1998, Abril/1999, Julho/2004e Dezembro/2004.

### **3.2.2 Profundidade de Amostragem**

Para o conhecimento da estrutura vertical da coluna d' água foi realizada uma série de medições (temperatura da água, oxigênio dissolvido e saturação) ao longo das diversas profundidades de superfície até o fundo da coluna d'água. Foi realizada também, a medição da transparência da água através do disco de Secchi.

Estas medições determinaram as profundidades nas quais seriam retiradas as amostras de água, como segue:

**Profundidade I (Prof I):**

Camada da zona eufótica com 40% da luz incidente, onde é esperada uma produção primária de fitoplâncton representativa da camada trofocênica (SCHÄFER, 1985, apud DIAS, 1997).

$$\text{Prof I} = d. \text{ Secchi} \cdot 0,54$$

onde:

d.Secchi = transparência da água medida através de disco de Secchi (m)

0,54 = fator de correção correspondente à porção intermediária da zona eufótica.

**Profundidade II (Prof II):**

Metade da zona afótica (não iluminada), onde independentemente da ocorrência de estratificação térmica, a respiração e a decomposição são predominantes sobre a produção autotrófica.

$$\text{Prof. II} = (Z_{\text{max}} + Z_{\text{eu}}) / 2$$

onde:

$Z_{\text{max}}$  = profundidade máxima (m), na estação de amostragem;

$Z_{\text{eu}}$  = zona eufótica, que é igual à profundidade Secchi x 3;

3 = fator correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água.

### **3.3 VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA MONITORAMENTO E INDICADORAS DA QUALIDADE DA ÁGUA**

As variáveis utilizadas no monitoramento da água estão apresentadas no QUADRO 11, bem como os critérios estabelecidos na Resolução Conama 357/2005 para rios classe 1, juntamente os outros parâmetros cujos limites não se encontram estabelecidos na Resolução.

Variáveis	Unidade	Limite Resolução CONAMA 357
<b>Físico-Químicas</b>		
Óleos de graxas	mg. L <sup>-1</sup>	Virtualmente ausente
Oxigênio dissolvido	mg. L <sup>-1</sup>	não inferior a 6 mg. L <sup>-1</sup>
Turbidez	NTU	até 40
Tempertaura do ar	°C	n.e
Temperatura da amostra	°C	n.e
Sólidos	mg. L <sup>-1</sup>	500 mg. L <sup>-1</sup>
pH	unidade	6,0 a 9,0
Condutividade	µS/cm	n.e
Alcalinidade	mg. L <sup>-1</sup>	n.e
Fósforo ( ambiente lântico)	mg. L <sup>-1</sup>	0,020 mg. L <sup>-1</sup>
Fósforo (Ambiente intermediário tempo de	mg. L <sup>-1</sup>	0,025 mg. L <sup>-1</sup>
Fósforo ( ambiente lótico e tributários de	mg. L <sup>-1</sup>	0,1 mg. L <sup>-1</sup>
Nitrogênio amoniacal total	mg. L <sup>-1</sup>	3,7 mg. L <sup>-1</sup> para pH ≤ 7,5 2,0 mg. L <sup>-1</sup> para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg. L <sup>-1</sup> para 8 < pH ≤ 8,5 0,5 mg. L <sup>-1</sup> para pH > 8,5
Nitrogênio Kjeldhal	mg. L <sup>-1</sup>	n.e
Nitrato	mg. L <sup>-1</sup>	10,0
Nitrito	mg. L <sup>-1</sup>	1,0
DQO	mg. L <sup>-1</sup>	n.e
DBO	mg. L <sup>-1</sup>	até 3 mg. L <sup>-1</sup>
Cloreto	mg. L <sup>-1</sup>	250
Alumínio	mg. L <sup>-1</sup>	0,1
Chumbo	mg. L <sup>-1</sup>	0,01
Cromo	mg. L <sup>-1</sup>	0,05
<b>Microbiológicas</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	200/100ml
<b>Limnológicas</b>		
Cianobactérias	cel/mL	20.000 cel/ml
Clorofila a	mg/m <sup>3</sup>	10 µm/L
<b>Ecotoxicidade</b>		
Toxicidade aguda p/Vibrio fisheri	FTbl	Ausência de toxicidade
Toxicidade aguda p/Daphnia magna	FTd	Ausência de toxicidade
(*) Os valores referem-se aos determinados para rios de classe 1 da resolução CONAMA 357/05, condizentes com o enquadramento proposto para a Bacia do Ribeirão Cambé , nos pontos pesquisados. ne - limite não estabelecido.		

**Quadro 11** – Variáveis de qualidade de água monitoradas e limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

**Fonte:** Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves, 2008.

### 3.4 PROCESSO ANALÍTICO

Os métodos utilizados para a determinação dos diversos parâmetros utilizados nesta pesquisa, bem como o principio e os laboratórios utilizados para as análises encontram-se descritos no QUADRO 12.

Determinação	Método	Princípio do método	Laboratório Responsável
Temperatura	Termométrico	Temperatura da água e do ar foi medida em campo através de termômetro de Mercúrio calibrado ou através de medidores de campo como o Oxímetro, Condutivímetro e o pHmetro. Na impossibilidade de se medir a temperatura no próprio corpo hídrico, coletava-se uma amostra e se fazia a leitura imediatamente. A temperatura do ar foi medida colocando-se o termômetro de mercúrio em local de sombra sem que o mesmo entre em contato com qualquer superfície que possa interferir na leitura da temperatura. Efetuar a leitura após a estabilização térmica. A estabilização térmica deverá ser atingida no máximo em 5 minutos.	IAP/Curitiba/Londrina
Oxigênio dissolvido	Winkler iodométrico ou Oxímetro de campo	<b>Iodométrico</b> - baseia-se na adição de uma solução de manganês divalente na amostra, seguida por um alcali forte. O oxigênio dissolvido oxida rapidamente uma quantidade equivalente de um precipitado floculoso de Hidróxido Manganoso e Hidróxidos básicos, em estado de oxidação mais alto, de coloração marron. Na presença de íons de iodeto e em meio ácido, o manganês oxidado reverte ao seu estado divalente, com liberação de iodo equivalente do oxigênio dissolvido presente na amostra. O iodo liberado é então titulado com uma solução padronizada de Tiosulfato de sódio, utilizando gotas de uma solução de Amido como indicador. <b>Oxímetro</b> - As medições de oxigênio dissolvido podem ser feitas conforme manual do equipamento.	IAP/Curitiba/Londrina
Turbidez	Nefelométrico	A medida da turbidez representa a redução da transparência de uma amostra devido à presença de material em suspensão. Baseia-se na comparação da leitura da intensidade de luz dispersa pela amostra sob condições definidas e a intensidade da luz dispersa por uma suspensão padrão, sob as mesmas condições. A suspensão padrão de referência é de formazina.	IAP/Londrina
Sólidos totais	Gravimétrico (p/V)	Sólidos Totais : material que resta na cápsula, após evaporação em banho-maria de uma porção de amostra e posterior secagem em estufa à temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 2$ . Sólidos Totais fixos: o resíduo obtido na determinação do sólido total é submetido à ignição a $580^{\circ}\text{C}$ . O material restante representa o sólido total fixo. Sólidos totais voláteis: é obtido por diferença entre os valores do sólido total e do sólido total fixo.	IAP/Londrina
pH	Eletrométrico em laboratório ou campo	Uma membrana no eletrodo de vidro separa dois líquidos de diferentes concentrações de íons $\text{H}^+$ ; desenvolve-se nos dois lados da membrana um potencial elétrico proporcional à diferença de pH entre os dois líquidos, o qual é medido em relação a um potencial de referência ( eletrodo de Calomelano saturado ou um eletrodo de Prata/Cloreto de Prata).	IAP/Curitiba/Londrina
Condutividade	Eletrométrico	É usualmente feita através de medida da resistência entre dois eletrodos de platina, inseridos em uma solução eletrolítica e ligados a uma fonte de eletricidade. A corrente que flui é determinada pela tensão e pela resistência oferecida por parte da solução que fica entre os dois eletrodos. Utiliza-se uma ponte de Wheatstone, na qual uma resistência variável é ajustada de forma que seja igual a resistência da solução desconhecida entre os dois eletrodos de platina de uma célula	IAP/Curitiba/Londrina

**Quadro 12 – Resumo dos métodos utilizados para a realização dos ensaios. (Continua)**

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

(Continuação)

Determinação	Método	Princípio do método	Laboratório Responsável
Alcalinidade	Titulométrico	Os íons Hidroxilas resultantes da dissociação ou da hidrólise de substâncias, são neutralizados com solução ácida padronizada, por titulação potenciométrica até pH final predeterminado ou por titulação usando indicador.	IAP/Londrina
Fósforo total	Ácido ascórbico	A reação entre o Molibdato de Amônio em presença do tartarato de antimônio e potássio em meio ácido forma um complexo com o ortofosfato, que é reduzido para o Azul de molibidênio com ácido ascórbico.	IAP/Curitiba
Nitrato	Redução de cádmio	O nitrato é reduzido quantitativamente a nitrito na presença de cádmio granulado.	IAP/Londrina
Nitrito	N- Naftil	O nitrito é determinado através da formação de um composto de coloração púrpura avermelhada em pH 2 a 2,5 pela diazotização em presença da Sulfanilamida e dicloreto de N (1-Naftil) - Etilenodiamino.	
Nitrogênio Amoniacal	Fenato	Um composto azul intenso de Indofenol é formado pela reação da Amônia com Hipoclorito e Fenol que é lido em espectrofotômetro.	IAP/Curitiba
Nitrogênio Kjeldahl	Fenato	A digestão da amostra com Ácido Sulfúrico, Sulfato de Potássio e Sulfato Mercúrico, converte as formas nitrogenadas orgânicas e amônia livre em Sulfato de Amônio. Um composto azul intenso de Indofenol é formado pela reação da Amônia com Hipoclorito e Fenol que é lido em espectrofotômetro. O nitrogênio Orgânico é obtido pela diferença	
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Refluxo Fechado/Ampola	As matérias orgânicas e inorgânicas da amostra são oxidadas por uma quantidade conhecida de um agente oxidante forte, o Dicromato de potássio em meio ácido sulfúrico, à quente em refluxo por duas horas, na presença de catalisador sulfato de prata, o excesso de Dicromato de potássio é titulado com Sulfato ferroso amoniacal, usando como indicador ferroin. A quantidade de matéria oxidável, é expressa como equivalente em oxigênio, e proporcional à quantidade de dicromato de potássio consumido.	IAP/Londrina
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Potenciométrico	Uma amostra ou diluições apropriadas da mesma, é incubada nas condições da análise. A diferença entre as concentrações de oxigênio dissolvido no início e no fim do período da incubação corresponde à demanda bioquímica de oxigênio.	IAP/Londrina
Cloreto	Titulométrico	O Cloreto é titulado com solução padrão de Nitrato Mercúrico 0,0141N, havendo formação de cloreto mercúrico solúvel mas pouco dissociado, o excesso de titulante é detectado pela formação de um complexo de cor púrpura do mercúrio com Difenilcarbazona.	IAP/Londrina
Óleos e graxas	Gravimétrico	Os óleos e graxas dissolvidos ou emulsificados são extraídos da amostra acidificada e filtrada pelo contato com n-hexano. A quantidade de matéria restante no balão após a evaporação do solvente é considerada óleos e graxas.	IAP/Londrina
Metais	A A Chama/ Gerador de vapor (mercúrio)	A amostra pré-tratada para a determinação do metal é vaporizada e atomizada em chama de ar-acetileno ou óxido nitroso-acetileno, em condições específicas para cada metal e faixa de concentração. A quantidade de energia radiante emitida por uma lâmpada de cátodo oco absorvida na chama é proporcional à concentração do elemento na amostra.	IAP/Curitiba

Quadro 12 – Resumo dos métodos utilizados para a realização dos ensaios. (Continua)

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

(Continuação)

Determinação	Método	Princípio do método	Laboratório Responsável
<b>Coliformes</b>	Enzimático/Fermentação	Permite que se determine o número mais provável que é a estimativa da densidade de bactérias em uma amostra calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos.	IAP/Londrina
<b>Fitoplancton</b>	Utermöhl	Este método consiste em identificar e quantificar os organismos fitoplanctônicos presentes em uma alíquota de amostra, a qual deve ser representativa da comunidade fitoplanctônica existente em um corpo de água.	IAP/Curitiba
<b>Clorofila a</b>	Espectrofotométrico	Este método consiste em determinar a quantidade de clorofila a em mg/m <sup>3</sup> ou mg/L em amostras de água doce. Em campo, as amostras de água são coletadas e filtradas com bomba especial, utilizando-se membrana com porosidade de 1,02 e 47 mm de diâmetro. Em laboratório as membranas passam por um processo de extração, homogeneização e filtração para depois serem lidas em espectrofotômetro.	IAP/Curitiba
<b>Toxicidade Aguda com <i>Daphnia magna</i></b>	Fator de toxicidade	Consiste na exposição de indivíduos jovens de <i>Daphnia magna</i> a várias diluições da amostra por um período de 48 horas, onde o efeito tóxico agudo é determinado pela perda da capacidade natatória dos organismos (morte ou imobilidade). Os resultados são expressos em Fator de Toxicidade para <i>Daphnia</i> . FTD.	IAP/Curitiba
<b>Toxicidade Aguda com <i>Vibrio fischeri</i></b>	Fator de toxicidade	Consiste na exposição de fotobactérias, <i>Vibrio fischeri</i> , a várias diluições da amostra. É avaliado o efeito tóxico agudo sobre as mesmas, que é determinado pela inibição na produção de luz naturalmente emitida pelas bactérias, utilizando-se de um luminômetro específico para o método. O resultado expresso em Fator de Toxicidade para bactéria luminescente FTbl.	IAP/Curitiba

**Quadro 12** – Resumo dos métodos utilizados para a realização dos ensaios. (Conclusão).

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

### 3.5 ANÁLISE DOS DADOS

As informações referentes à identificação dos locais (coordenadas geográficas, nome da estação, rio, bacia hidrográfica) e indicadores analisados em laboratório foram inseridas em um cronograma específico para o projeto, registradas na Intranet do Sistema de Informações Ambientais do Paraná – módulo referente à Diretoria de Estudos e Padrões Ambientais – DEPAM. Dessa forma, houve registro informatizado das coletas, processos analíticos e emissão de resultados.

Foram analisados dados de resultados analíticos referentes aos seguintes períodos: Dezembro/1997, Junho/1998, Abril/1999, Julho/2004, Dezembro/2004, Janeiro/2005, Junho/2005, Março/2006, Junho/2006 e

Março/2007.

Os gráficos e tabelas para as séries temporais dos dados foram plotados em Planilha eletrônica “Excel da Microsoft®”.

### **3.6 ÍNDICES UTILIZADOS PARA A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

A avaliação da qualidade da água pode ser feita através de Índices de qualidade permitindo uma análise global da situação de um corpo hídrico. A partir dos resultados das variáveis de qualidade analisadas, procedeu-se a determinação dos índices de qualidade da água nos pontos amostrados.

A avaliação da qualidade da água dos rios foi feita através do **Índice Avaliação Integrada da Qualidade das Águas – AIQA**, e na avaliação da qualidade da água do lago Igapó foi utilizado o **Índice Qualidade de Água de Reservatórios – IQAR**.

## **4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DO PROCESSO METODOLÓGICO E DOS RESULTADOS**

### **4.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NOS RIOS TRIBUTÁRIOS DO LAGO IGAPÓ**

A avaliação da qualidade da água dos rios tributários é fundamental no diagnóstico da situação do lago Igapó e de parte da bacia hidrográfica. Os rios interagem com os ambientes do entorno e sua qualidade resulta dos usos que se fazem dos solos que eles drenam. Para apresentar e discutir os resultados obtidos no monitoramento da qualidade físico-química e microbiológica das estações localizadas nos tributários do lago Igapó, este item será dividido em partes segundo os procedimentos analíticos empregados.

A tabela 07 mostra os resultados analíticos obtidos nos rios tributários do lago Igapó, no presente estudo e que serão discutidos neste item.

#### **4.1.1 Transparência da Água, Turbidez e Sólidos Suspensos Totais, nos Rios Tributários do Lago Igapó**

Nos tributários estudados, a medida da transparência variou de 0,20 m (valor mínimo) em janeiro de 2005 para o Córrego Capivara a 1,30 m (valor máximo) em junho/05 na estação do córrego Leme (figura 24). Na tabela 07 não constam todos os dados referentes ao Córrego Baroré, Rubi e Ribeirão Cambé devido à dificuldade de medição pelo disco de Secchi por falta de profundidade nos pontos de coleta. A medida de transparência pelo disco de Secchi, é destinada a ambientes lênticos, profundos, por isso estas medições ficaram inviáveis nos ribeirão Cambé e Córrego Rubi. A transparência média nos córregos Água Fresca, Leme e Capivara foi de 84, 77 e 64 centímetros respectivamente, porém em períodos mais chuvosos esta transparência ficou reduzida a valores mínimos de 60, 30 e 20 centímetros respectivamente.

A turbidez nos rios monitorados foi baixa variou de 1,0 NTU, em junho/06, para a estação do Córrego Baroré a 27,4 NTU, em julho/04, no Córrego Capivara (figura 24). Pode-se verificar que os valores médios de turbidez de 2,4 a 14 NTU encontram-se dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/05 que estipula para rios de Classe 1 até 40 unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

As concentrações médias menores de sólidos suspensos totais foram na faixa entre 96 mg. L<sup>-1</sup> no Córrego Capivara e as maiores de 177 mg. L<sup>-1</sup> no Ribeirão Cambé.

O período chuvoso provoca variações ou picos extremos de sólidos, turbidez e transparência, nos córregos Leme, Capivara e Rubi, percebe-se uma atenuação na dispersão de sólidos.

A falta de proteção da bacia de drenagem por cobertura vegetal que diminuem os impacto das chuvas e das enxurradas nos solos, além da ausência ou pouca proteção da mata ciliar, acabam por aumentar a carga de sólidos nas águas e agravar o problema do assoreamento dos rios e do Lago Igapó.

#### **4.1.2 Condutividade Elétrica, nos Rios Tributários do Lago Igapó**

Nos rios contribuintes do Lago Igapó, o menor valor de condutividade (figura 25) registrado foi de 73,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em dezembro/97 (Córrego Capivara) e a maior foi 278,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em dezembro/04 (Ribeirão Cambé). Os valores médios de condutividade nos rios variaram de 117 a 196  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Observa-se que a condutividade se correlaciona com as concentrações de sólidos totais, com os córregos Rubi, Capivara e Água Fresca apresentando as menores condutividades médias e menores faixas de variação entre mínimas, médias e máximas. Porém a condutividade tem aumentos ocasionais gerados pela entrada de efluentes domésticos ou industriais, e em geral, considera-se que quanto mais poluída estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral (solos ou poluentes dos efluentes). Tanto a chuva, que provoca o carreamento de substâncias inorgânicas, e a estiagem pela pouca diluição de esgotos, transportando de substâncias orgânicas, podem ter provocado o aumento

da condutividade elétrica na água.

Altas cargas de sais na água têm a manifestação de seus efeitos negativos principalmente em períodos de baixa vazão. Assim, podem afetar as comunidades aquáticas, pois cada biocenose é composta de organismos com regulações fisiológicas diferentes que podem ser dependentes do teor destes sais.

**Tabela 07 – Dados físicos e microbiológicos para os tributários do Lago Igapó, durante o período de dezembro de 1997 a maio de 2007.**

	Condição do tempo	Temp. água	Temp ar	O.D.	% O.D.	Condutividade	Transparência	pH	Alcalinidade	Fósforo Total	Nitrogênio Nitrato	Nitrogênio Nitrito	Nitrogênio Amoniacal	Nitrogênio Total Kjeldahl	D B O	
Córrego Agua Fresca	jun/98	-	21,3	-	6,4	75,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	abr/99	-	23,6	-	5,2	65,0	176,0	7,1	-	-	-	-	-	-	-	
	jul/04	Chuvoso	21,0	22,0	5,6	67,0	186,0	1,20	6,53	37,0	0,031	5,52	0,052	0,09	0,40	3,0
	dez/04	Bom	24,5	23,0	8,6	106,0	167,0	0,60	7,3	52,0	-	3,47	0,090	0,16	-	4,0
	jan/05	Chuvoso	24,0	22,0	5,6	69,0	138,0	0,70	7,1	42,0	0,061	1,61	0,033	0,23	1,40	3,0
	jun/05	Bom	21,7	23,0	6,6	79,0	117,0	1,10	7,2	39,0	0,018	6,50	0,027	0,11	0,14	2,0
	mar/06	Chuvoso	27,3	28,0	7,0	94,0	166,0	0,70	7,4	37,0	0,038	7,57	0,027	-	0,22	3,0
	jun/06	Bom	18,8	18,0	6,9	77,0	181,0	1,00	6,9	37,0	0,057	7,72	0,041	0,11	0,26	3,0
mai/07	Chuvoso	22,8	16,8	7,5	92,6	175,0	0,60	7,1	42,0	0,040	3,76	0,057	0,17	0,40	3,0	
	Máximo	-	27,3	28,0	8,6	106,0	186,0	1,20	7,4	52,0	0,061	7,72	0,057	0,23	1,40	4,0
	Mínimo	-	18,8	16,8	5,2	65,0	117,0	0,60	6,9	37,0	0,018	1,61	0,027	0,09	0,14	2,0
	Média	-	22,8	21,8	6,6	80,5	163,3	0,84	7,1	40,9	0,041	5,16	0,038	0,15	0,47	3,0
	D.P	-	2,4	3,7	1,1	14,0	23,7	0,25	0,2	5,4	0,016	2,30	0,014	0,05	0,47	0,6
	C.V	-	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,30	0,0	0,1	0,394	0,45	0,376	0,36	0,99	0,2
Córrego Baroré	dez/97	-	23,1	-	6,6	79,0	171,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	jun/98	-	21,3	-	7,0	82,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	abr/99	-	24,5	-	5,7	72,0	166,0	-	6,6	-	-	-	-	-	-	
	jul/04	Chuvoso	21,0	22,0	7,7	92,0	171,0	-	7,3	43,0	0,007	4,42	0,021	0,08	0,27	3,0
	dez/04	Bom	24,0	26,0	6,8	86,0	165,0	-	7,3	42,0	-	6,28	0,015	0,05	-	3,0
	jan/05	Chuvoso	21,7	23,5	6,9	83,0	196,0	-	7,2	56,0	0,083	4,92	0,009	0,21	0,21	2,0
	jun/05	Bom	24,0	23,0	7,4	87,0	171,0	-	7,3	44,0	0,012	5,04	0,006	0,08	0,23	2,4
	mar/06	Chuvoso	22,3	29,9	6,8	83,0	168,0	-	7,1	44,0	0,028	23,80	-	-	0,25	3,0
jun/06	Bom	16,4	13,0	7,8	87,0	171,0	-	6,7	38,0	0,034	6,86	0,019	0,05	0,17	3,0	
mai/07	Chuvoso	20,1	22,5	7,5	87,0	175,0	-	7,1	38,0	0,035	5,82	0,024	0,18	0,24	3,0	
	Máximo	-	24,5	29,9	7,8	92,0	196,0	-	7,3	56,0	0,083	23,80	0,024	0,21	0,27	3,0
	Mínimo	-	16,4	13,0	5,7	72,0	165,0	-	6,6	38,0	0,007	4,42	0,006	0,05	0,17	2,0
	Média	-	21,8	22,8	7,0	83,8	172,7	-	7,1	43,6	0,033	8,16	0,016	0,11	0,23	2,8
	D.P	-	2,4	5,1	0,6	5,5	9,3	-	0,3	6,1	0,027	6,95	0,007	0,07	0,03	0,4
	C.V	-	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	-	0,0	0,1	0,814	0,85	0,449	0,64	0,15	0,1
Braço Leme	dez/97	-	24,9	-	6,3	76,0	149,0	-	6,6	32,0	0,020	2,90	0,090	0,02	0,83	6,0
	jun/98	-	19,8	-	5,3	62,0	190,0	-	6,5	33,0	0,100	6,46	0,080	-	3,13	5,0
	abr/99	-	23,9	-	4,8	61,0	188,0	-	7,3	42,0	0,180	6,59	0,120	-	2,04	8,0
	jul/04	Chuvoso	21,0	22,0	4,1	52,0	198,0	0,60	6,0	31,0	0,060	5,83	0,079	0,10	0,38	3,0
	dez/04	Bom	25,8	24,0	7,4	96,0	147,0	0,40	7,8	52,0	-	1,85	0,066	0,16	-	4,0
	jan/05	Bom	24,0	-	5,0	63,0	99,0	0,30	7,1	35,0	0,045	1,17	0,038	0,29	0,54	3,0
	jun/05	Chuvoso	21,5	19,0	2,3	27,0	193,0	1,30	6,6	34,0	0,120	6,75	0,130	0,60	0,80	3,9
	mar/06	Chuvoso	26,0	24,3	6,3	84,0	148,0	0,90	7,1	44,0	0,051	2,30	0,042	-	0,50	4,0
jun/06	Bom	15,2	18,0	5,8	66,0	190,0	0,70	6,6	25,0	0,064	7,85	0,071	0,17	0,32	3,0	
mai/07	Chuvoso	21,3	14,0	3,0	35,6	198,0	1,20	6,4	39,0	0,090	5,22	0,198	0,31	0,76	3,0	
	Máximo	-	26,0	24,3	7,4	96,0	198,0	1,30	7,8	52,0	0,180	7,85	0,198	0,60	3,13	8,0
	Mínimo	-	15,2	14,0	2,3	27,0	99,0	0,30	6,0	25,0	0,020	1,17	0,042	0,02	0,32	3,0
	Média	-	22,3	20,2	5,0	62,3	170,0	0,77	6,8	36,7	0,081	4,69	0,100	0,24	1,03	4,3
	D.P	-	3,3	4,0	1,6	20,8	32,9	0,38	0,5	7,7	0,048	2,40	0,054	0,19	0,94	1,6
	C.V	-	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,49	0,1	0,2	0,591	0,51	0,541	0,81	0,91	0,4

D.P. = Desvio Padrão

C.V = Coeficiente de Variação

Org: Coleta in loco, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.

(Continua)

Tabela 07 - Dados físico químicos e microbiológicos para os tributários do lago Igapó, durante o período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

(Continuação)

		DQO	Turbidez	Óleos e Graxas	Sólidos Totais	Sólidos Suspensos Totais	Cloreto	Alumínio	Cromo	Chumbo	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	E. coli
Córrego Agua Fresca	jun/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	abr/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16000	1600	-
	jul/04	3,0	3,0	5,0	200,0	5,0	14,46	0,10	0,02	0,01	160000	90000	-
	dez/04	11,0	6,0	5,0	144,0	38,0	9,51	0,26	0,02	0,01	4800	1700	-
	jan/05	16,0	19,0	5,0	145,0	8,0	5,60	0,31	0,02	0,01	170000	-	30000
	jun/05	5,6	2,6	5,0	171,0	4,0	14,00	0,10	0,02	0,01	1600000	-	1700
	mar/06	10,0	3,0	5,0	153,0	8,0	13,66	0,39	0,02	0,01	50000	-	3000
	jun/06	4,0	3,0	5,0	180,0	77,0	13,77	0,22	0,02	0,01	160000	-	16000
mai/07	5,0	4,6	5,0	125,0	14,0	13,75	0,32	0,02	0,01	160000	-	16000	
	Máximo	16,0	19,0	5,0	200,0	77,0	14,46	0,39	0,02	0,01	1600000	90000	30000
	Mínimo	3,0	2,6	5,0	125,0	4,0	5,60	0,22	0,02	0,01	4800	1600	1700
	Média	7,8	5,9	5,0	159,7	22,0	12,11	0,31	0,02	0,01	290100	31100	13340
	D.P	4,7	5,9	0,0	25,4	26,9	3,32	0,09	0,00	0,00	533883	51009	11555
	C.V	0,6	1,0	0,0	0,2	1,2	0,27	0,28	0,00	0,00	2	2	1
Córrego Baroré	dez/97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2200	300	-
	jun/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	abr/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5000000	1600000	-
	jul/04	3,0	1,4	5,0	180,0	5,0	10,38	0,10	0,02	0,01	50000	16000	-
	dez/04	3,0	4,0	5,0	173,0	16,0	10,68	0,63	0,02	0,01	16000	16000	-
	jan/05	12,0	12,0	5,0	167,0	2,0	7,90	0,10	0,02	0,01	30000	-	1300
	jun/05	6,6	2,9	5,0	179,0	15,0	12,00	0,28	0,02	0,06	160000	-	3000
	mar/06	3,0	13,0	5,0	134,0	7,0	11,16	0,31	0,02	0,01	160000	-	11000
jun/06	6,0	1,0	5,0	165,0	11,0	11,82	0,10	0,02	0,01	300000	-	16000	
mai/07	5,0	1,7	5,0	133,0	18,0	12,44	0,10	0,02	0,01	350000	-	92000	
	Máximo	12,0	13,0	5,0	180,0	18,0	12,44	0,63	0,02	0,06	5000000	1600000	92000
	Mínimo	3,0	1,0	5,0	133,0	2,0	7,90	0,10	0,02	0,01	2200	300	1300
	Média	5,5	5,1	5,0	161,6	10,6	10,91	0,23	0,02	0,02	674244	408075	24660
	D.P	3,2	5,1	0,0	20,0	6,1	1,52	0,20	0,00	-	1626957	794651	38115
	C.V	0,6	1,0	0,0	0,1	0,6	0,14	0,86	0,00	-	2	2	2
Braço Leme	dez/97	10,0	2,9	5,0	-	101,0	10,00	0,10	0,02	0,05	220000	14000	-
	jun/98	9,0	9,8	5,0	-	-	18,00	-	-	-	-	-	-
	abr/99	20,0	6,5	5,0	-	152,0	13,00	-	-	-	9000000	500000	-
	jul/04	3,0	9,1	5,0	178,0	10,0	18,98	0,67	0,02	0,01	160000	11000	-
	dez/04	11,0	7,0	5,0	100,0	21,0	9,24	0,40	0,02	0,01	5000	500	-
	jan/05	13,0	-	5,0	87,0	8,0	-	0,65	0,02	0,01	70000	-	5000
	jun/05	26,0	2,1	5,0	166,0	45,0	19,00	0,19	0,02	0,01	900000	-	22000
	mar/06	10,0	9,1	5,0	110,0	19,0	10,51	0,31	0,02	0,01	30000	-	2800
jun/06	5,0	2,0	5,0	203,0	15,0	20,64	0,10	0,02	0,01	500000	-	90000	
mai/07	6,0	2,4	5,0	142,0	5,0	18,30	0,30	0,02	0,01	1600000	-	54000	
	Máximo	26,0	9,8	5,0	203,0	-	20,64	0,31	0,02	0,05	9000000	500000	90000
	Mínimo	3,0	2,0	5,0	87,0	5,0	9,24	0,10	0,02	0,01	5000	500	2800
	Média	11,3	5,7	5,0	140,9	41,8	15,30	0,20	0,02	0,02	1387222	131375	34760
	D.P	7,0	3,3	0,0	43,6	51,0	4,54	0,12	0,00	0,01	2902162	245818	37053
	C.V	0,6	0,6	0,0	0,3	1,2	0,30	0,58	0,00	0,94	2	2	1

D.P. = Desvio Padrão

C.V = Coeficiente de Variação

Org: Coleta in loco, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.

(Continua)

Tabela 07 - Dados físico químicos e microbiológicos para os tributários do lago Igapó, durante o período de dezembro de 1997 a maio de 2007.  
(Continuação)

	Condição do tempo	Temp. água	Temp ar	O.D.	% O.D.	Condutividade	Transparência	pH	Alcalinidade	Fósforo Total	Nitrogênio Nitrato	Nitrogênio Nitrito	Nitrogênio Amoniacal	Nitrogênio Total Kjeldahl	D B O	
Ribeirão Cambé	dez/97	-	26,0	-	3,5	46,0	127,0	-	6,9	36,0	0,030	0,90	0,010	0,03	0,77	7,0
	jun/98	-	17,9	-	2,3	27,0	-	-	6,5	30,0	0,040	0,16	0,037	-	2,35	3,0
	abr/99	-	24,9	-	4,4	57,0	88,0	-	6,9	35,0	0,060	0,07	0,020	-	1,70	3,0
	jul/04	Chuvoso	21,5	22,0	8,2	98,0	211,0	-	7,7	72,0	0,320	2,12	0,086	0,17	0,70	3,0
	dez/04	Bom	24,8	26,0	5,9	71,0	278,0	-	7,6	108,0	-	3,06	0,314	3,60	-	10,0
	jan/05	Chuvoso	22,0	23,0	6,2	79,0	198,0	-	7,4	65,0	0,270	2,44	0,208	0,43	0,93	5,0
	jun/05	Chuvoso	19,0	23,0	6,9	79,0	244,0	-	7,6	92,0	0,200	2,46	0,140	1,90	6,20	4,5
	mar/06	Chuvoso	21,6	26,5	6,8	81,0	217,0	-	7,7	53,0	0,240	3,85	0,047	-	0,33	3,0
	jun/06	Chuvoso	16,0	12,0	8,6	94,0	249,0	-	6,7	58,0	0,130	5,45	0,077	0,08	0,42	3,0
	mai/07	Chuvoso	23,8	14,0	5,6	69,7	153,0	-	7,2	49,0	0,090	5,87	0,037	0,07	0,37	3,0
	Máximo	-	26,0	26,5	8,6	98,0	278,0	-	7,7	108,0	0,320	5,87	0,314	3,60	6,20	10,0
	Mínimo	-	16,0	12,0	2,3	27,0	88,0	-	6,5	30,0	0,030	0,07	0,010	0,03	0,33	3,0
	Média	-	21,8	20,9	5,8	70,2	196,1	-	7,2	59,8	0,153	2,64	0,098	0,90	1,53	4,5
	D.P	-	3,3	5,7	2,0	21,7	62,0	-	0,4	25,3	0,107	2,00	0,097	1,36	1,88	2,4
	C.V	-	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	-	0,1	0,4	0,701	0,76	0,996	1,52	1,23	0,5
Córrego Capivara	dez/97	-	23,7	-	5,0	67,0	73,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	jun/98	-	17,9	-	7,1	78,0	100,0	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
	abr/99	-	25,7	-	6,5	87,0	116,0	0,90	7,3	40,0	0,020	0,74	0,030	-	1,19	3,0
	jul/04	Chuvoso	21,0	22,0	5,4	66,0	130,0	0,30	6,55	39,0	0,018	0,80	0,032	0,16	0,34	3,0
	dez/04	Bom	25,9	22,5	6,5	84,0	124,0	0,50	7,4	44,0	-	1,24	0,031	0,18	-	3,0
	jan/05	Chuvoso	25,0	22,0	6,1	78,0	84,0	0,20	7,1	31,0	0,030	0,65	0,024	0,15	0,20	2,5
	jun/05	Bom	21,5	19,0	5,4	63,0	117,0	0,60	7,3	41,0	0,019	1,31	0,038	0,23	0,34	3,6
	mar/06	Chuvoso	26,3	24,6	5,7	76,0	134,0	0,60	7,0	41,0	0,037	1,43	0,027	-	0,49	3,0
	jun/06	Bom	18,8	17,0	6,9	79,0	163,0	0,70	6,9	42,0	0,034	3,22	0,027	0,10	0,32	3,0
	mai/07	Chuvoso	23,3	14,0	6,2	76,2	129,0	1,00	7,0	38,0	0,025	1,65	0,026	0,12	0,28	3,0
	Máximo	-	26,3	24,6	7,1	87,0	163,0	1,00	7,4	44,0	0,037	3,22	0,030	0,23	1,19	3,6
	Mínimo	-	17,9	14,0	5,0	63,0	73,0	0,20	6,9	31,0	0,018	0,65	0,026	0,10	0,20	2,5
	Média	-	22,9	20,2	6,1	75,4	117,0	0,64	7,1	39,5	0,026	1,38	0,028	0,16	0,45	3,0
	D.P	-	3,0	3,7	0,7	7,8	26,0	0,28	0,2	3,9	0,008	0,83	0,002	0,05	0,34	0,3
	C.V	-	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,44	0,0	0,1	0,293	0,60	0,063	0,29	0,75	0,1
Córrego Rubi	Jun/98	-	21,1	-	6,6	78,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abr/99	-	25,2	-	5,0	64,0	155,0	-	7,1	-	-	-	-	-	-	-
	jul/04	Chuvoso	22,0	26,0	7,1	88,0	163,0	-	7,20	34,0	0,040	4,71	0,013	0,04	0,26	3,0
	dez/04	Bom	22,4	23,5	6,7	82,0	170,0	-	7,10	34,0	-	6,45	0,012	0,03	-	3,0
	jan/05	Chuvoso	21,8	21,0	7,3	88,0	167,0	-	7,2	36,0	0,022	5,61	0,008	0,04	0,11	3,0
	jun/05	Bom	21,3	23,5	7,3	87,0	158,0	0,90	7,3	34,0	0,014	6,23	0,008	0,08	0,17	2,2
	mar/06	Chuvoso	22,4	23,0	7,1	88,0	151,0	-	6,8	32,0	0,022	20,50	-	-	0,11	3,0
	jun/06	Chuvoso	16,0	9,5	8,5	92,0	170,0	-	6,9	33,0	0,028	6,91	0,012	0,02	0,14	3,0
mai/07	Chuvoso	20,4	21,5	6,2	72,8	159,0	-	7,0	32,0	0,015	5,30	0,009	0,03	0,10	3,0	
	Máximo	-	25,2	26,0	8,5	92,0	170,0	0,90	7,3	36,0	0,028	20,50	0,012	0,08	0,26	3,0
	Mínimo	-	16,0	9,5	5,0	64,0	151,0	0,90	6,8	32,0	0,014	5,30	0,008	0,02	0,10	2,2
	Média	-	21,4	21,1	6,9	82,2	161,6	0,90	7,1	33,6	0,020	8,50	0,010	0,04	0,15	2,9
	D.P	-	2,4	5,4	0,9	9,1	7,0	-	0,2	1,4	0,006	5,91	0,002	0,02	0,06	0,3
	C.V	-	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	-	0,0	0,0	0,285	0,69	0,215	0,52	0,41	0,1
Variações Totais	Máximo	-	27,3	29,9	8,6	106,0	278,0	1,30	7,8	108,0	0,320	23,80	0,314	3,60	6,20	10,0
	Mínimo	-	15,2	9,5	2,3	27,0	73,0	0,20	6,0	25,0	0,007	0,07	0,006	0,02	0,10	2,0
	Média	-	22,2	21,2	6,2	75,5	162,7	0,75	7,1	43,0	0,068	4,76	0,059	0,28	0,73	3,5
	D.P	-	2,8	4,5	1,4	16,0	39,8	0,30	0,4	15,0	0,073	4,35	0,068	0,63	1,07	1,5
	C.V	-	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,40	0,1	0,3	1,081	0,91	1,151	2,26	1,47	0,4

D.P. = Desvio Padrão

C.V = Coeficiente de Variação

Org: Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.

(Continua)

Tabela 07 - Dados físico químicos e microbiológicos para os tributários do lago Igapó, durante o período de dezembro de 1997 a maio de 2007 (Continuação)

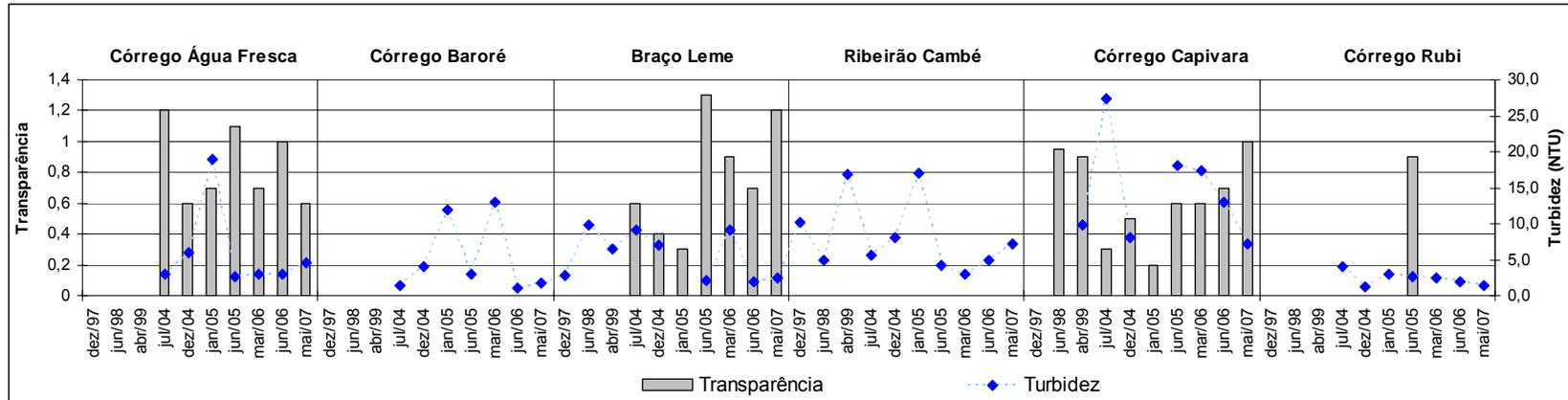
		DQO	Turbidez	Óleos e Graxas	Sólidos Totais	Sólidos Suspensos Totais	Cloretos	Alumínio	Cromo	Chumbo	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	E. coli
Ribeirão Cambé	dez/97	19,0	10,3	4,0	-	81,0	13,00	0,10	0,02	0,05	220000	11000	-
	jun/98	7,0	5,0	5,0	-	-	10,00	-	-	-	-	-	-
	abr/99	12,0	16,8	5,0	-	66,0	7,00	0,13	0,02	0,01	500000	5000	-
	jul/04	4,0	5,6	5,0	160,0	7,0	11,96	0,19	0,02	0,01	16000	1700	-
	dez/04	19,0	8,0	5,0	219,0	8,0	13,83	0,35	0,02	0,01	16000	300	-
	jan/05	11,0	17,0	5,0	184,0	8,0	8,90	0,34	0,02	0,01	30000	-	700
	jun/05	15,0	4,2	5,0	175,0	7,0	12,00	0,31	0,02	0,01	22000	-	90
	mar/06	3,0	3,0	5,0	124,0	12,0	15,66	0,12	0,02	0,01	160000	-	700
	jun/06	7,0	5,0	5,0	176,0	11,0	17,73	0,22	0,02	0,01	300000	-	9000
	mai/07	3,0	7,3	5,0	200,0	14,0	26,67	0,68	0,02	0,01	160000	-	1400
	Máximo	19,0	17,0	5,0	219,0	81,0	26,67	0,68	0,02	0,05	500000	11000	9000
	Mínimo	3,0	3,0	4,0	124,0	7,0	7,00	0,10	0,02	0,01	16000	300	90
	Média	10,0	8,2	4,9	176,9	23,8	13,68	0,27	0,02	0,01	158222	4500	2378
	D.P	6,2	5,0	0,3	30,1	28,5	5,54	0,18	0,00	0,01	164388	4760	3731
	C.V	0,6	0,6	0,1	0,2	1,2	0,41	0,67	0,00	0,92	1	1	2
Córrego Capivara	dez/97	-	-	-	-	-	-	0,10	0,02	0,05	300	30	-
	jun/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	abr/99	5,0	9,8	5,0	76,0	11,0	8,00	-	-	-	-	-	-
	jul/04	4,0	27,4	5,0	109,0	8,0	7,15	0,89	0,02	0,04	50000	16000	-
	dez/04	10,0	8,0	5,0	91,0	16,0	7,00	0,61	0,02	0,01	1600	80	-
	jan/05	8,0	-	5,0	78,0	14,0	2,30	1,12	0,02	0,01	22000	-	800
	jun/05	8,8	18,0	5,2	107,0	14,0	6,00	0,59	0,02	0,01	11000	-	130
	mar/06	10,0	17,4	5,0	101,0	17,0	8,96	0,61	0,02	0,01	11000	-	900
	jun/06	8,0	13,0	5,0	118,0	22,0	12,09	0,60	0,02	0,01	160000	-	3000
	mai/07	5,0	7,2	5,0	86,0	9,0	10,30	0,27	0,02	0,01	92000	-	1600
	Máximo	10,0	27,4	5,2	118,0	22,0	12,09	0,89	0,02	0,05	160000	16000	3000
	Mínimo	4,0	7,2	5,0	76,0	8,0	2,30	0,10	0,02	0,01	300	30	130
	Média	7,4	14,4	5,0	95,8	13,9	7,73	0,49	0,02	0,02	43488	5370	1286
	D.P	2,4	7,2	0,1	15,3	4,6	2,94	0,31	0,00	0,02	56269	9206	1091
	C.V	0,3	0,5	0,0	0,2	0,3	0,38	0,63	0,00	0,88	1	2	1
Córrego Rubi	Jun/98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abr/99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30000	5000	-
	jul/04	4,0	4,0	5,0	163,0	6,0	11,09	0,65	0,02	0,01	30000	9000	-
	dez/04	3,0	1,2	5,0	172,0	18,0	13,97	0,10	0,02	0,01	11000	1100	-
	jan/05	11,0	2,9	5,0	195,0	1,0	9,00	0,13	0,02	0,01	220000	-	1700
	jun/05	5,3	2,6	5,0	158,0	6,0	10,00	0,19	0,02	0,01	160000	-	500
	mar/06	3,0	2,5	5,0	132,0	18,0	12,28	0,17	0,02	0,07	160000	-	1600
	jun/06	6,0	2,0	6,0	165,0	20,0	12,57	0,15	0,02	0,01	300000	-	14000
	mai/07	3,0	1,4	5,0	124,0	20,0	12,16	0,10	0,02	0,01	160000	-	920
		Máximo	11,0	4,0	6,0	195,0	20,0	13,97	0,19	0,02	0,07	300000	9000
Mínimo		3,0	1,2	5,0	124,0	1,0	9,00	0,10	0,02	0,01	11000	1100	500
Média		5,0	2,4	5,1	158,4	12,7	11,58	0,14	0,02	0,02	133875	5033	3744
D.P		2,9	1,0	0,4	24,0	8,1	1,68	0,04	0,00	0,02	102637	3950	5755
C.V		0,6	0,4	0,1	0,2	0,6	0,14	0,29	0,00	1,22	1	1	2
Variações Totais	Máximo	26,0	27,4	6,0	219,0	152,0	26,67	0,89	0,02	0,07	9000000	1600000	92000
	Mínimo	3,0	1,0	4,0	76,0	1,0	2,30	0,10	0,02	0,01	300	30	90
	Média	8,2	7,0	5,0	147,6	21,7	12,05	0,27	0,02	0,02	465037	109539	13361
	D.P	5,3	5,9	0,2	37,6	28,8	4,33	0,20	0,00	0,02	1430401	358293	24035
	C.V	0,6	0,8	0,0	0,3	1,3	0,36	0,74	0,00	0,97	3	3	2

D.P. = Desvio Padrão

C.V = Coeficiente de Variação

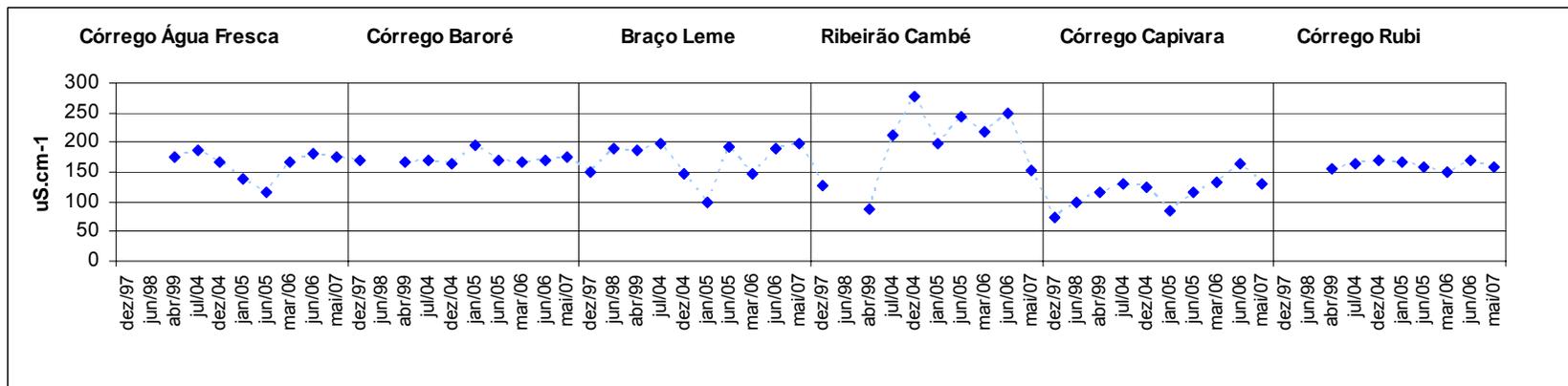
Org: Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.

(Conclusão)



**Figura 24** – Variação temporal de profundidade de disco de Secchi e turbidez para os rios tributários do Lago Igapó no período de junho de 1998 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)



**Figura 25** – Variação temporal de condutividade elétrica para os rios tributários do Lago Igapó no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### **4.1.3 Oxigênio Dissolvido, Saturação e Déficit de Oxigênio Dissolvido, nos Rios Tributários do Lago Igapó**

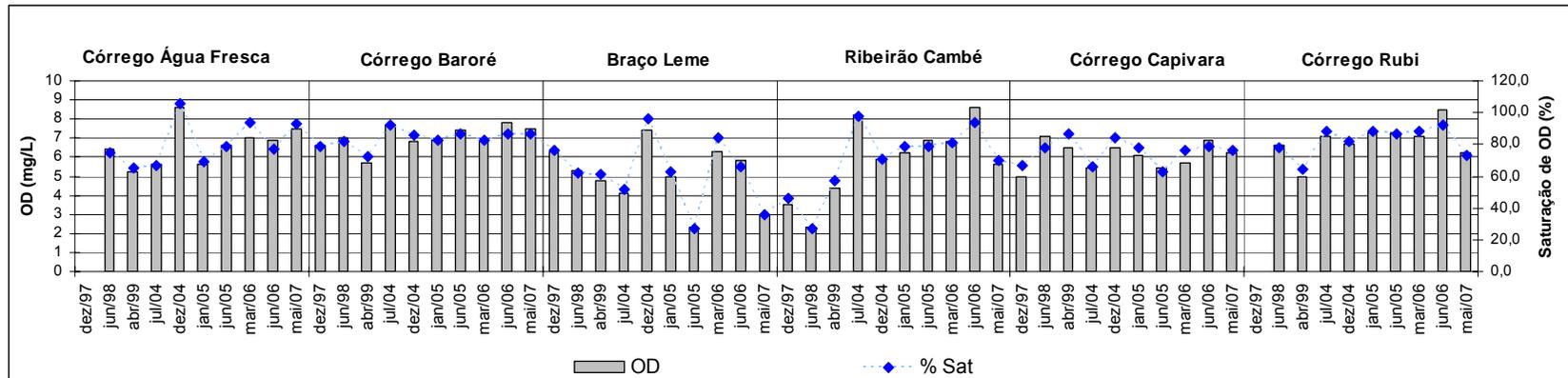
Nos rios afluentes do Lago Igapó as concentrações mínimas de O.D. (figura 26) registradas foram de 2,3 mg. L<sup>-1</sup> nos Córrego Leme e Ribeirão Cambé. As concentrações médias variaram de 5 a 7 mg. L<sup>-1</sup>. A saturação máxima registrada foi de 106% no Córrego Água Fresca (dezembro/04) e a mínima de 27% em junho/05 no Córrego Leme.

Com relação aos valores recomendados pela Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe I (OD > 6 mg. L<sup>-1</sup>), das 58 análises realizadas nos tributários do Lago Igapó, 20 delas, ou seja, 34,48% violaram este limite.

#### **4.1.4 pH, nos Rios Tributários do Lago Igapó**

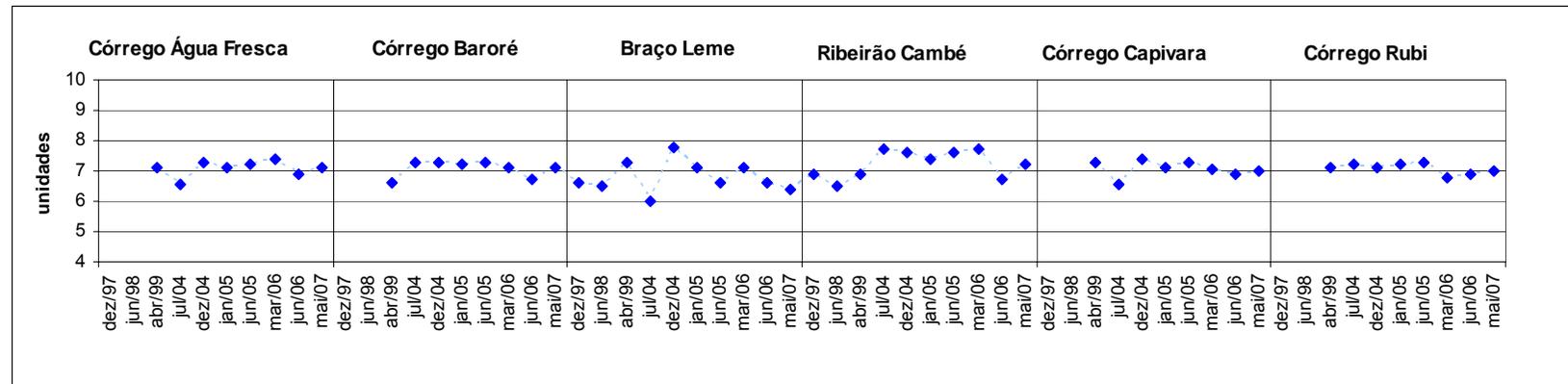
Os perfis temporais e verticais de pH podem ser observados na figura 27. Os valores de pH encontrados tiveram amplitude de variação praticamente nula (coeficiente de variação = 0,0%). O pH máximo encontrado foi de 7,8 em dezembro/04 e o mínimo de 6,0 em julho/04 na estação Córrego Leme.

Com relação ao parâmetro pH todos os contribuintes apresentaram-se sem variação temporal (estável). Com exceção do Ribeirão Cambé que apresentou leve aumento nas concentrações de pH.



**Figura 26** – Variação temporal de oxigênio dissolvido e sua saturação para os rios tributários do Lago Igapó, no período de junho de 1998 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. Org. Gelsy Gonçalves (2008)



**Figura 27** – Variação temporal de pH para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.1.5 Alcalinidade Total, nos Rios Tributários do Lago Igapó

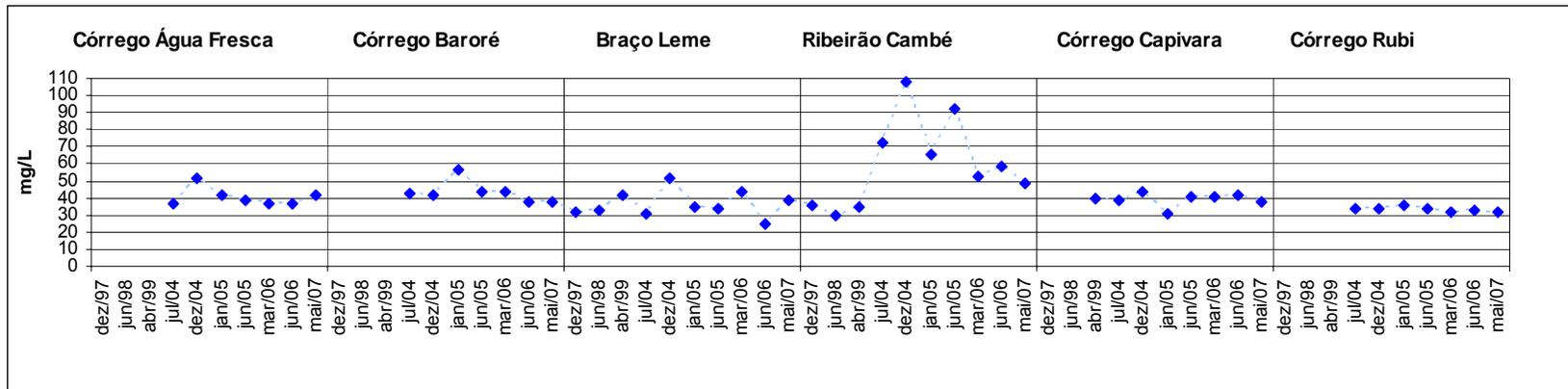
A alcalinidade total média registrada nos tributários do Lago Igapó variou de 34 a 59,8 mg. L<sup>-1</sup>. A faixa de variação entre mínimas e máximas foi estável em todos os rios, exceto no Ribeirão Cambé, que em dezembro/04, apresentou concentração de 108 mg. L<sup>-1</sup>, o que se pode verificar na figura 28.

Quando traçada uma linha de tendência pode-se dizer que os córregos Água Fresca, Capivara, Rubi e Leme apresentaram poucas variações durante o período de estudo. O Ribeirão Cambé apresentou tendência moderada de aumento nos valores de alcalinidade.

#### 4.1.6 Fósforo Total, nos Rios Tributários do Lago Igapó

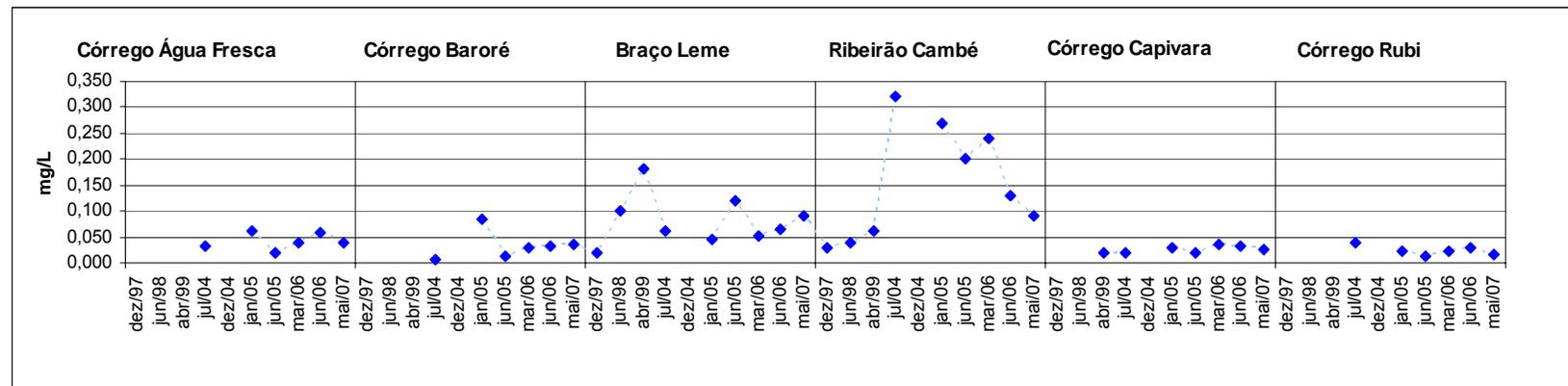
Os resultados das análises de água nos tributários do Lago Igapó mostraram que, a maior concentração de fósforo foi de 0,320 mg. L<sup>-1</sup> no Ribeirão Cambé em julho/04 e a menor foi de 0,007 mg. L<sup>-1</sup>, na estação localizada no Córrego Baroré no mês de julho/04 (figura 29). O parâmetro fósforo apresentou elevado coeficiente de variação (6,03) e desvio padrão (7,02). O fósforo é carreado para os rios e lagos com o escoamento superficial (fontes não pontuais de poluição) e também através do despejo de efluentes domésticos e industriais (fontes pontuais).

A Resolução CONAMA 357/05 estabelece diferentes valores de fósforo para os rios de Classe I conforme sua tipologia, sendo: 0,025 mg. L<sup>-1</sup> para tributários diretos de ambientes lênticos. Todos os tributários estudados apresentaram violações deste limite, demonstrando o grande potencial de eutrofização do Lago Igapó, devido às cargas de fósforo carreadas para o lago.



**Figura 28** – Variação temporal de alcalinidade total para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)



**Figura 29** – Variação temporal de fósforo para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### **4.1.7 Série Nitrogenada**

##### **4.1.7.1 Nitrogênio total Kjeldahl, nos rios tributários do Lago Igapó**

As concentrações de nitrogênio Kjeldahl nos tributários do Lago Igapó são mostradas na figura 30, que indica que a maior concentração de nitrogênio Kjeldahl foi de 6,20 mg. L<sup>-1</sup> (junho/05, no Ribeirão Cambé), e a menor foi de 0,10 mg. L<sup>-1</sup> (maio/07, no Córrego Rubi). Não existem valores de referência de nitrogênio Total Kjeldahl na Resolução Conama 357/2005.

##### **4.1.7.2 Nitrogênio nitrato, nos rios tributários do Lago Igapó**

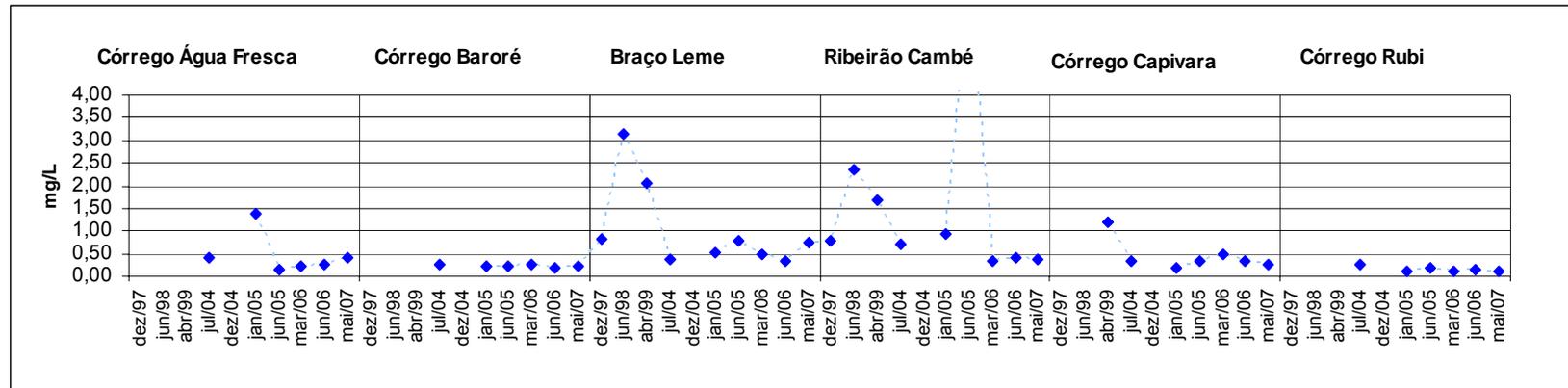
Ao se avaliar os resultados de nitrato (figura 31) nos tributários do Lago Igapó observa-se que as concentrações médias de nitratos estiveram na faixa de 1,38 a 8,5 mg. L<sup>-1</sup>, sendo os Córregos Baroré e Rubi os que apresentaram as maiores faixas de variação nas concentrações de nitratos, indicando assim, o impacto dos nitratos carreados pelo escoamento superficial e dos efluentes sanitários.

Para as concentrações de nitrato, 10 mg. L<sup>-1</sup> estabelecida na Resolução CONAMA/357, observa-se duas violações, uma no Córrego Baroré (23,8 mg. L<sup>-1</sup>) e outra no Córrego Rubi (20,5 mg. L<sup>-1</sup>), ambas ocorreram em março de 2006, período chuvoso, demonstrando ser o escoamento superficial a principal fonte de carga poluidora por nitrato no Lago Igapó.

##### **4.1.7.3 Nitrogênio amoniacal, nos rios tributários do Lago Igapó**

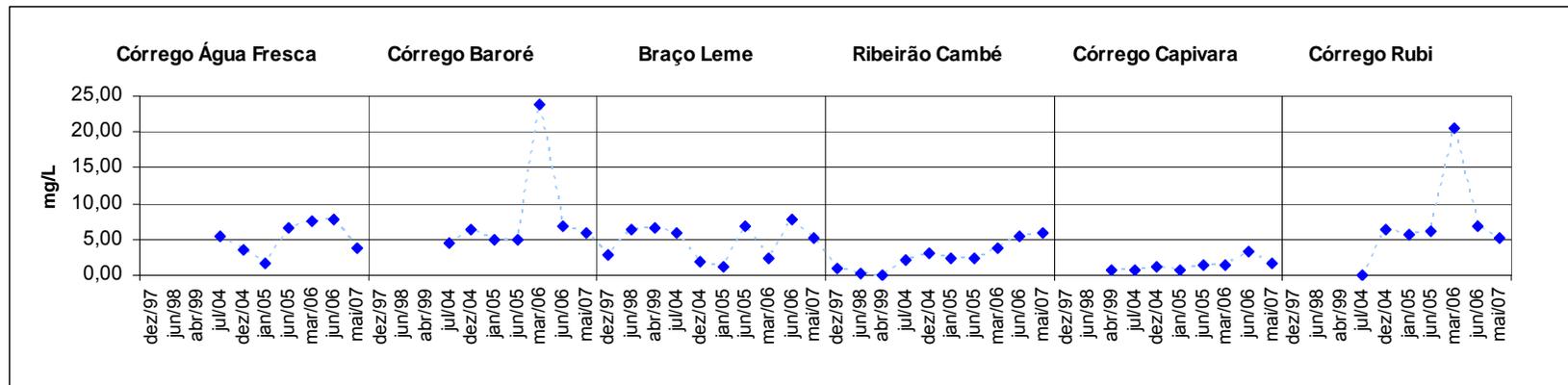
A concentração média de nitrogênio amoniacal nos rios afluentes do Lago Igapó variou de 0,04 mg. L<sup>-1</sup> a 0,24 mg. L<sup>-1</sup>. (figura 32). As concentrações mais

elevadas de nitrogênio amoniacal foram registradas no Ribeirão Cambé (concentração de 3,6 **mg. L<sup>-1</sup>**). O nitrogênio amoniacal indica a entrada de esgoto fresco não tratado.



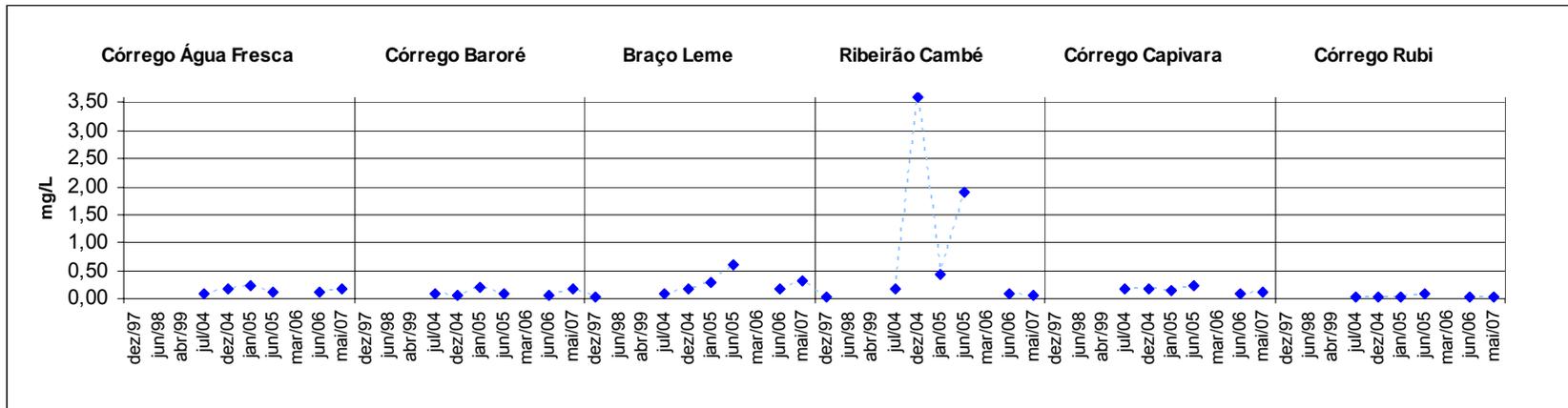
**Figura 30** – Variação temporal de nitrogênio Kjeldahl para os rios tributários do Lago Igapó, no período dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)



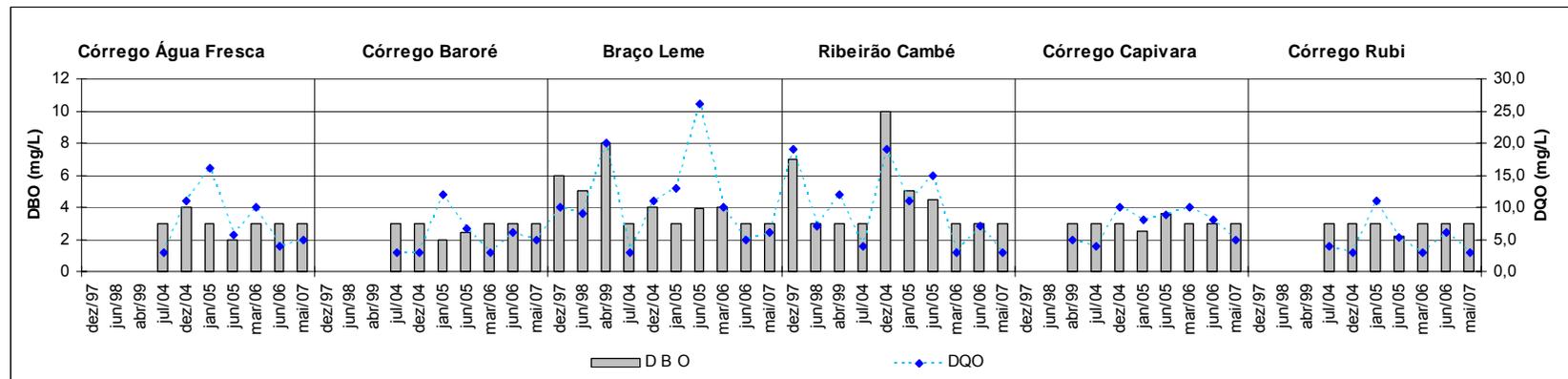
**Figura 31** – Variação temporal de nitrato para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)



**Figura 32** – Variação temporal de nitrogênio amoniacal para os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)



**Figura 33** – Variação temporal de DQO e DBO para o os rios tributários do Lago Igapó, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.1.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, nos Rios Tributários do Lago Igapó

Nos rios tributários do Lago Igapó os valores médios de DQO variaram de 5 a 11,3 mg. L<sup>-1</sup> (figura 33). O valor máximo encontrado foi de 26,0 mg. L<sup>-1</sup>, em junho/05, no Córrego Leme.

Os valores médios de DBO encontrados foram de 2,8 a 4,5 mg. L<sup>-1</sup>, a Resolução CONAMA 357/2005, estabelece para classe 1 DBO num limite de até 3 mg/L, no período do estudo ocorreram 12 violações deste limite nos tributários avaliados, sendo 6 violações só no Córrego Leme, 4 violações no Ribeirão Cambé, 1 no Córrego Capivara, 1 no Córrego Água Fresca.

#### 4.1.9 Metais (Alumínio, Cromo e Chumbo), nos Rios Tributários do Lago Igapó

**Alumínio** - Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose. Se a estratificação, e conseqüente anaerobiose, não for muito forte, o teor de alumínio diminui no corpo de água como um todo, à medida que se distancia a estação das chuvas. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez (SÃO PAULO, 2003). Este fato também foi observado no ambiente de estudo, pois a concentração máxima registrada 0,89 mg. L<sup>-1</sup> (julho/04 no Córrego Capivara) também foi o maior valor de turbidez registrado. A Resolução CONAMA 357/2005, prevê um limite de 0,1 mg. L<sup>-1</sup> para o alumínio para rios de classe 1. O valor mínimo foi de 0,10 mg. L<sup>-1</sup> (registrado em 36,4% das amostras realizadas). O valor médio encontrado foi de 0,27 mg. L<sup>-1</sup>, o desvio padrão foi de 0,20 e o coeficiente de variação foi de 0,74%.

**Cromo** - As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 1 µg/L. 2003. Das análises realizadas todas se

apresentaram concentrações inferiores ao limite 0,05 mg. L<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução Conama 357/2005.

**Chumbo** - A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um limite de 0,01 mg. L<sup>-1</sup> para esse parâmetro, o valor máximo encontrado para este parâmetro foi de 0,07 mg. L<sup>-1</sup>. Das seis estações avaliadas 5 apresentaram uma violação dos limites estabelecidos para Chumbo.

#### 4.1.10 Coliformes nos Rios Tributários do Lago Igapó

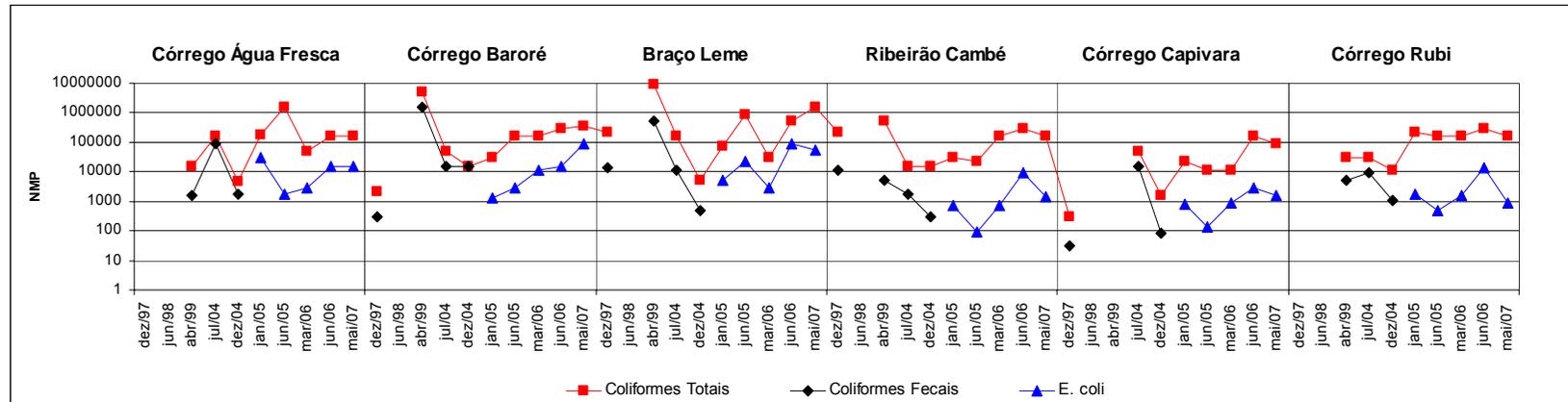
Estes organismos, bactérias do grupo coliforme, são indicadores de contaminação fecal, normalmente não são patogênicos, mas torna-se uma indicação satisfatória de quando a água a ser analisada é contaminada por fezes humanas ou de animais de sangue quente, apresentando a sua potencialidade em transmitir doenças.

Acreditava-se que os coliformes fecais ou termo tolerante, se restringiam apenas aos coliformes originários do trato gastrointestinal. Atualmente sabe-se, entretanto que o grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal (SILVA et al. 2005).

O grupo das *Escherichia* corresponde à cerca de 95% dos coliformes existentes nas fezes humanas e animais. (SILVA et al. 2005).

O valor máximo encontrado para este parâmetro foi de 92.000 NMP/100 ml em maio/07 para o Córrego Baroré, o valor mínimo foi de 90 NMP/100 ml em junho/05 no Ribeirão Cambé (Figura 34).

Os resultados obtidos dão uma idéia dos níveis de contaminação uma vez que a maioria dos pontos amostrados estiveram muito acima do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe1. De acordo com essa resolução, os coliformes termotolerantes podem ser substituídos pela *E.coli* e os limites devem ser estabelecidos pelo órgão ambiental competente, no caso do Estado do Paraná o IAP. Como este limite ainda não foi estabelecido, nesta pesquisa consideramos para a *E.coli* o mesmo limite estabelecido para os coliformes termotolerantes.

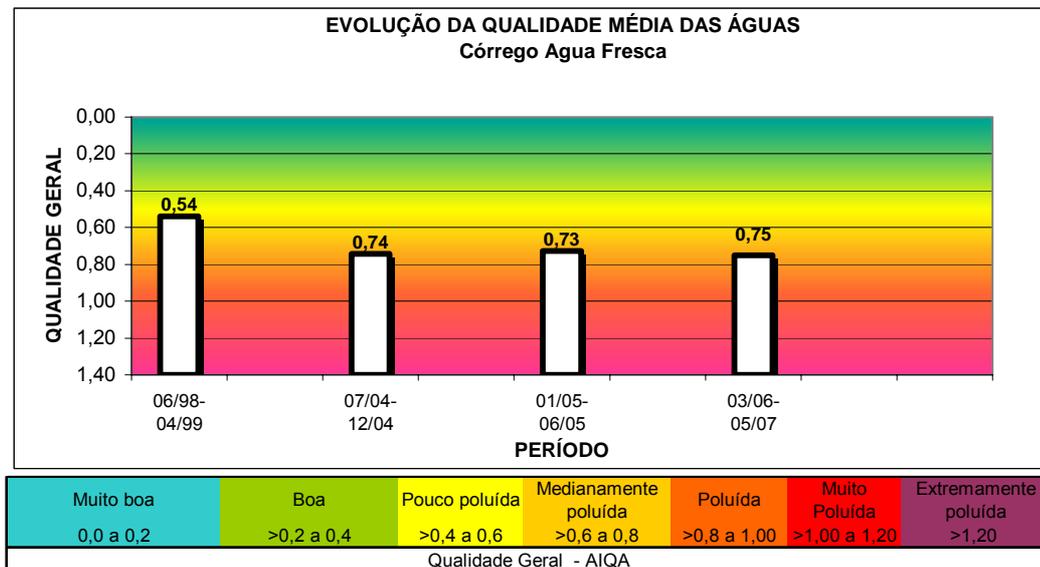


## 4.2 AIQA – AVALIAÇÃO INTEGRADA DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NOS TRIBUTÁRIOS DO LAGO IGAPÓ

### 4.2.1 Estação localizada no Córrego Água Fresca

Os resultados da estação localizada no **Córrego Água Fresca** (figura 35) classificaram a estação na maioria do período como **medianamente poluída** com exceção no início do período, de 06/1998 a 04/1999, que obteve a classificação de **pouco poluída**.

No Córrego Água Fresca foram registradas violações dos limites da classe 1 estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 nos parâmetros oxigênio dissolvido, DBO e coliformes.

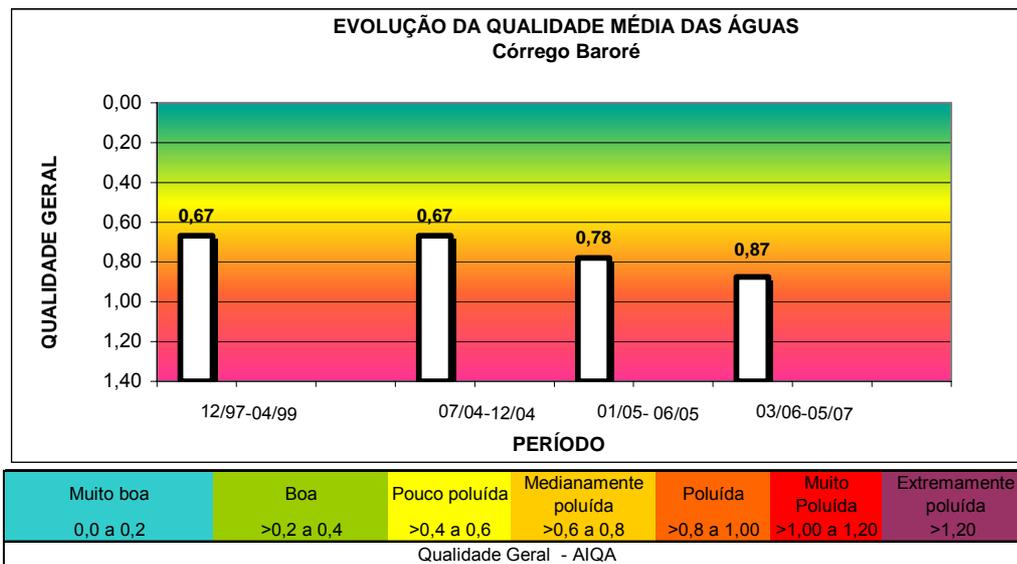


**Figura 35** – Variação temporal do AIQA para o Córrego Água Fresca, no período de junho de 1998 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.2.2 Estação Localizada no Córrego Baroré

A classificação da estação localizada no **Córrego Baroré** (figura 36) esteve variando entre **medianamente poluída a poluída**. Os parâmetros oxigênio dissolvido, nitrato, Chumbo e coliformes apresentaram-se fora dos limites estabelecidos para classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005.



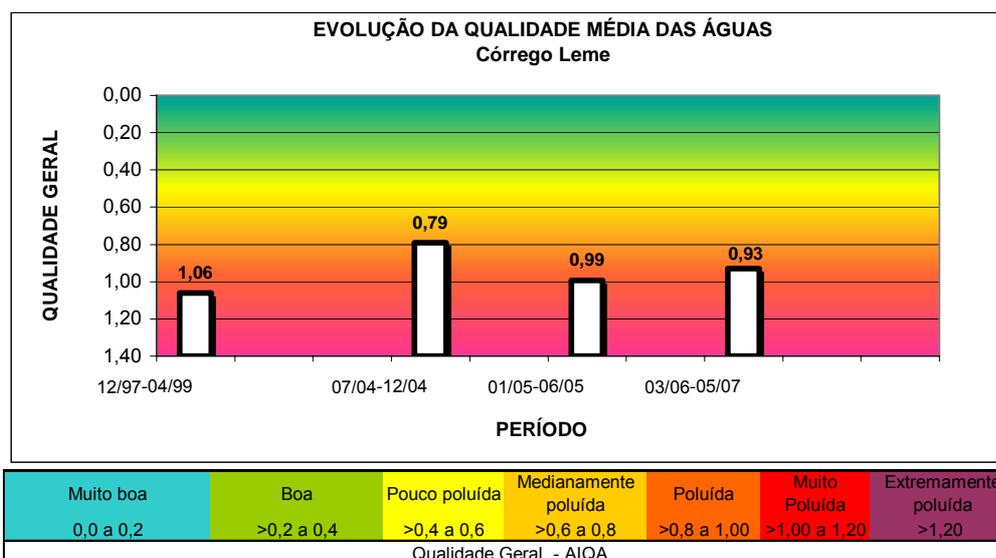
**Figura 36** – Variação temporal do AIQA para o Córrego Baroré, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.2.3 Estação Localizada no Corrego Leme

A estação localizada no Córrego Leme (figura 37) variou de muito poluída no período de 12/97-04/99, passando a medianamente poluída no período de 07/04-12/04 e passou a poluída no restante do período.

Os limites da classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005, nesta estação, foram violados para os parâmetros oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, chumbo e E.coli.

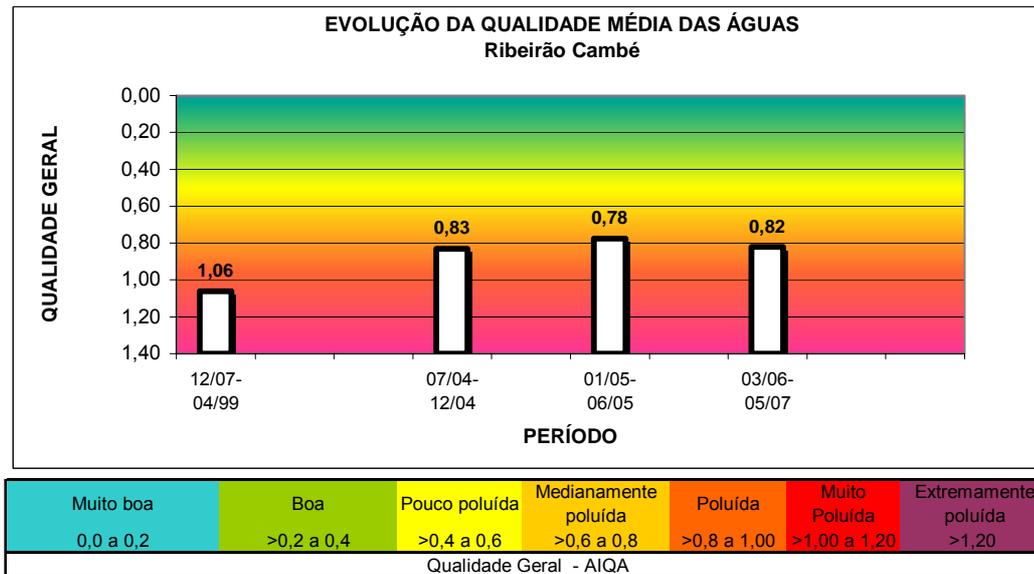


**Figura 37** – Variação temporal do AIQA para o Córrego Leme, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.2.4 Estação Localizada no Ribeirão Cambé

A estação localizada no Ribeirão Cambé (figura 38) variou de **Muito poluída** no período de 12/07-04/99, passou a **poluída**, **medianamente poluída** e voltando a **poluída** no final do período. Nesta estação de coleta observou-se a violação dos parâmetros oxigênio dissolvido, DBO, fósforo total, nitrogênio amoniacal e E.coli, para classe 1.



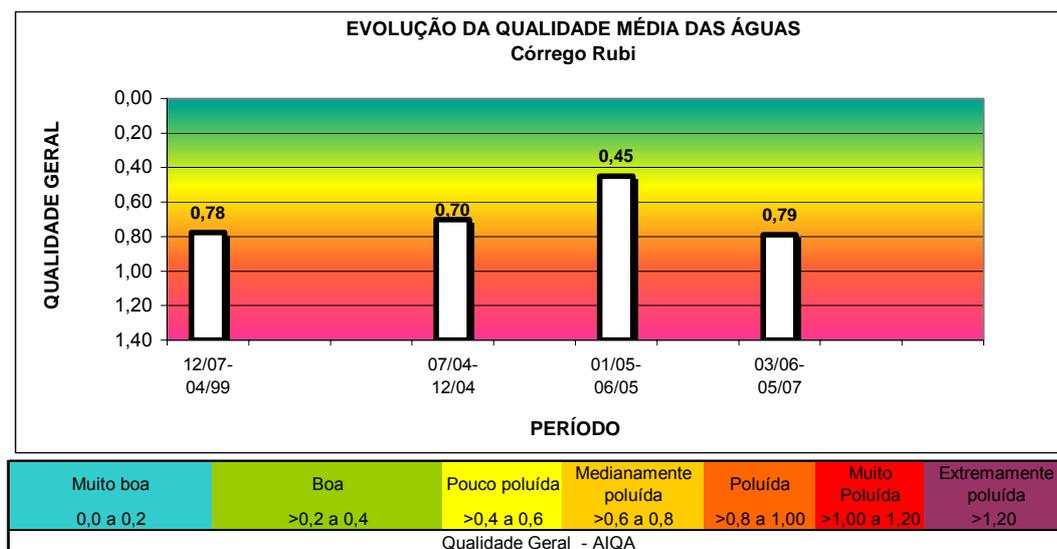
**Figura 38** – Variação temporal do AIQA para o Ribeirão Cambé, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.2.5 Estação Localizada no Córrego Rubi

A classificação da estação localizada no Córrego Rubi (figura 39) apresentou-se como **medianamente poluída** na maior parte do período pesquisado. A melhor classificação que obteve foi pouco poluída no período de 01/05 a 06/05.

O Córrego Rubi apresentou violações da classe 1 da Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, chumbo e E.coli.



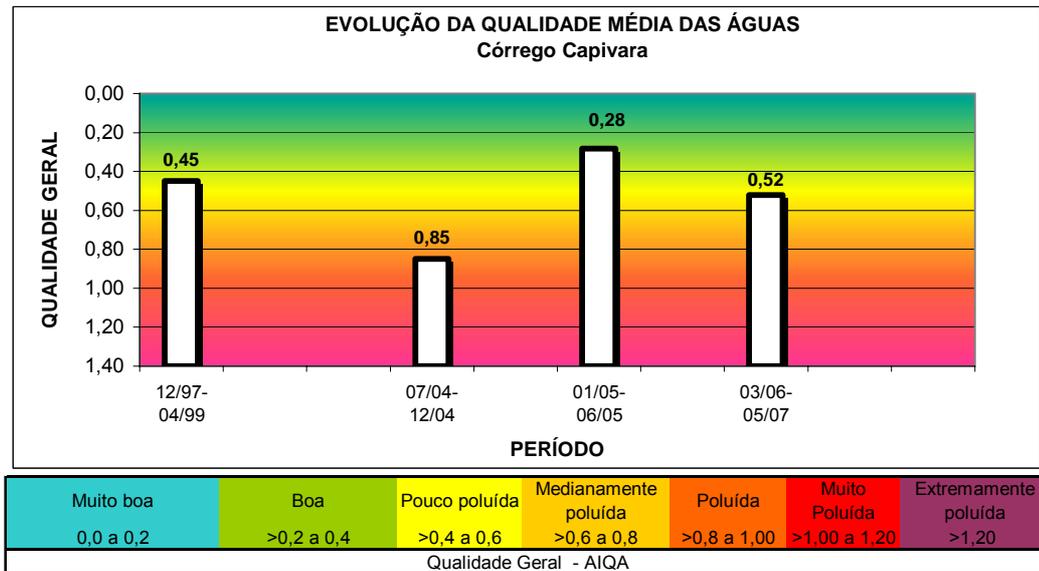
**Figura 39** – Variação temporal do AIQA para o Córrego Rubi, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.2.6 Estação Localizada no Córrego Capivara

A classificação da qualidade da água da estação localizada no Córrego Capivara (figura 40) variou de **pouco poluída**, passou a **poluída**, ficou **boa** e no final do período voltou a ficar com a classificação **pouco poluída**.

Os parâmetros oxigênio dissolvido, DBO, chumbo e E.coli violaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para classe 1.



**Figura 40** – Variação temporal do AIQA para o Córrego Capivara, no período de dezembro de 1997 a maio de 2007.

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

Os resultados obtidos na avaliação integrada de qualidade das águas nas estações pesquisadas, em cada período analisado, estão resumidamente indicados na tabela 08.

**Tabela 8** – Resultado do AIQA, por período amostral, nas estações pesquisadas

Estação	Dez/97 ou Jun/98 - Abr/99	Julh/04 - Dez/2004	Jan/05 - Jun/06	Mar/06 - Mai/07
Córrego Água Fresca	0,54 Pouco Poluída	0,74 Med. Poluída	0,73 Med. Poluída	0,75 Med. Poluída
Córrego Baroré	0,67 Med. Poluída	0,67 Med. Poluída	0,78 Med. Poluída	0,87 Poluída
Braço do Leme	1,06 Muito Poluída	0,79 Med. Poluída	0,99 Poluída	0,93 Poluída
Ribeirão Cambé	1,06 Muito Poluída	0,83 Poluída	0,78 Med. Poluída	0,82 Poluída
Córrego Rubi	0,78 Med. Poluída	0,7 Med. Poluída	0,45 Pouco Poluída	0,79 Poluída
Córrego Capivara	0,45 Pouco Poluída	0,85 Poluída	0,28 Boa	0,52 Pouco Poluída

0,0 - 0,2	Qualidade das águas compatível com a Classe 1 ( Resolução CONAMA 357/05)
0,2 - 0,4	Qualidade das águas compatível com a Classe 2 ( Resolução CONAMA 357/05)
0,4 - 0,6	Qualidade das águas compatível com a Classe 3 ( Resolução CONAMA 357/05)
0,6 - 0,8	Qualidade das águas compatível com a Classe 3( Resolução CONAMA 357/05)
0,8 - 1,0	Qualidade das águas compatível com a Classe 4( Resolução CONAMA 357/05)
1,0 - 1,4	Qualidade das águas FORA DE CLASSE ( Resolução CONAMA 357/05)

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves, 2007.

### **4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO LAGO IGAPÓ**

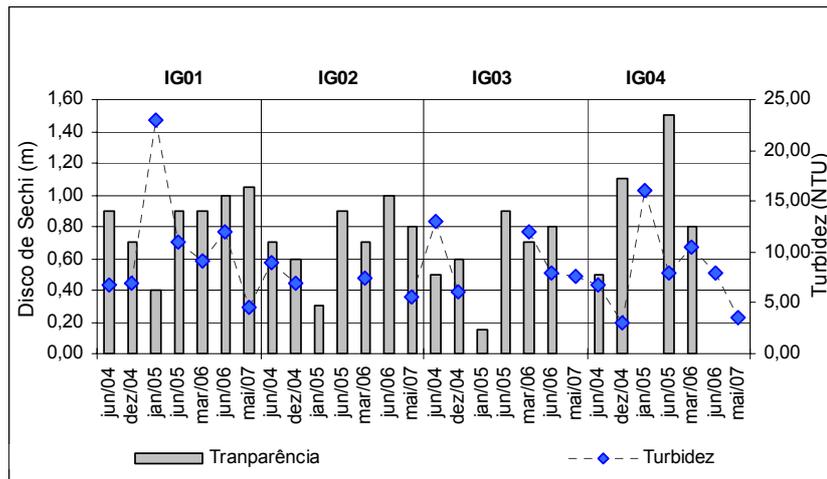
Num primeiro momento será feita uma análise de alguns parâmetros realizados na pesquisa frente aos requisitos de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, considerando que a microbacia do ribeirão Cambé nos pontos onde foram feitas as amostragens deveriam estar enquadrados na Classe 1. Posteriormente será verificado os resultados do índice de qualidade de água, IQAR, utilizado para avaliar a água do Lago Igapó.

A tabela 09 demonstra todos os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos no presente estudo e que serão discutidos neste item, para a região do Lago Igapó.

#### **4.3.1 Transparência da Água, Turbidez e Sólidos Suspensos Totais, nas Estações do Lago Igapó**

Nas estações do Lago Igapó, a medida da transparência variou de 0,00 m (valor mínimo) em janeiro de 2005 na estação IG04 a 1,50m (valor máximo) em junho/05 na estação IG04 (Figura 41). O valor médio da transparência foi de 0,70 m, o desvio padrão foi de 0,3 e o coeficiente de variação foi de 0,4%.

Os valores de turbidez nos pontos amostrais estiveram abaixo de 40 UNT, valor recomendado pela Resolução 357/2005 do CONAMA, durante o período de estudo.



**Figura 41** – Variação temporal de profundidade de disco de Secchi e turbidez para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

**Fonte:** Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

Os valores médios de sólidos suspensos totais variaram de 93 mg. L<sup>-1</sup>, na estação IG1, a 155 mg. L<sup>-1</sup>, na estação IG4, indicando que uma pluma de sólidos é carregada da entrada do Lago Igapó até a estação da barragem, ocorrendo uma precipitação destes sólidos, que seguramente está causando o assoreamento do lago Igapó.

#### 4.3.2 Condutividade Elétrica, nas Estações do Lago Igapó

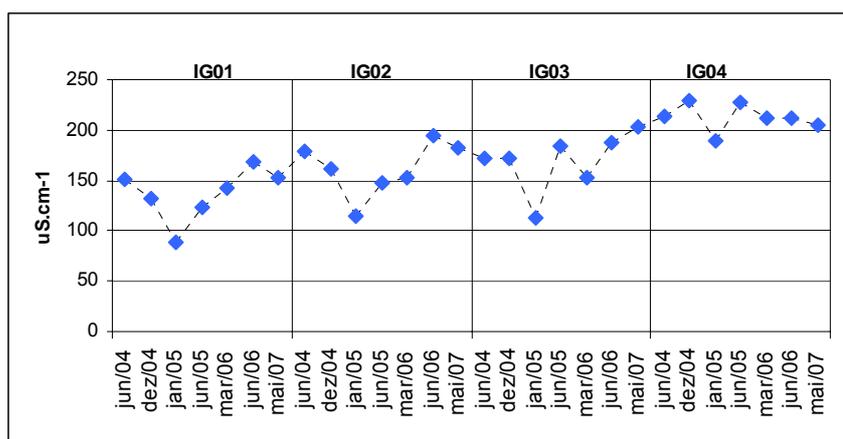
A condutividade na água é originada pela presença de sais dissolvidos na forma de íons dissociados eletroliticamente. Como indicador não possui limite legal estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

Quanto aos valores de condutividade elétrica, o menor valor registrado foi de 88,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em janeiro/05 (IG01) e a maior foi de 230,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  em novembro/04 (IG04). Estes valores coincidem com os dos sólidos suspensos totais carregados de montante, da entrada do lago em direção a barragem.

Observando a figura 42 podemos observar nitidamente, uma gradação da condutividade com o IG04 apresentando condutividades mais elevadas

e o IG01 valores mais baixos deste parâmetro, com as estações IG02 e IG03 apresentando valores intermediários.

O carreamento de substâncias inorgânicas, provavelmente pelo escoamento superficial e a entrada de efluentes orgânicos, podem ter provocado o aumento da condutividade elétrica na água na estação IG4, considerada a entrada do lago com transição entre o sistema lótico (rio) e o lêntico (reservatório).



**Figura 42** – Variação temporal de condutividade elétrica para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

**Fonte:** Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

**Tabela 09 – Dados físicos- químicos e microbiológicos para os diferentes pontos monitorados no Lago Igapó, durante o período fr julho de 2004 a maio de 2007.**

	Condição do tempo	Temperatura	O.D.	% O.D.	Condutividade	Tranparência	pH	Alcalinidade	P Total	Nitrito	Nitro	N. amoniacal	N. Kjeldhal	DBO	DQO	Turbidez	Sólidos Totais	Sólidos Suspensos	Cloretos	Coliforme	
																				Fecal/E.coli	
IG 1	jul/04	Chuvoso	20,9	6,7	80	151	0,90	7,0	48	0,030	1,05	0,051	0,17	0,45	3,0	4,0	6,80	117	4	9,17	5000 *
	dez/04	Bom	25,3	5,9	75	132	0,70	7,6	51	0,005	1,35	0,055	0,28	1,80	3,0	9,0	7,00	92	19	8,25	130 *
	jan/05	Chuvoso	25,1	6,4	79	88	0,40	7,3	33	0,045	0,94	0,033	0,23	0,49	4,0	13,0	23,00	69	12	2,30	3000
	jun/05	Chuvoso	24,0	6,6	75	124	0,90	7,5	43	0,018	1,71	0,068	0,32	0,94	2,3	6,2	11,00	47	8	7,00	80
	mar/06	Chuvoso	26,4	5,5	73	143	0,90	7,1	43	0,470	2,15	0,047		0,47	4,0	7,0	9,10	99	21	10,71	500
	jun/06	Chuvoso	18,6	7,3	82	169	1,00	7,1	42	0,033	3,36	0,030	0,13	0,31	3,0	6,0	12,00	131	38	12,33	2200
	mai/07	Chuvoso	23,8	5,6	70	153	1,05	7,2	45	0,027	1,80	0,046	0,14	0,32	3,0	4,0	4,62	95	12	12,79	220
	Máximo		26,4	7,3	82,0	169,0	1,1	7,6	51,0	0,5	3,4	0,1	0,3	1,8	4,0	13,0	23,0	131,0	38,0	12,8	3000
	Mínimo		18,6	5,5	69,7	88,0	0,4	7,0	33,0	0,0	0,9	0,0	0,1	0,3	2,3	4,0	4,6	47,0	4,0	2,3	80
	Média		23,4	6,3	76,2	137,1	0,8	7,3	43,6	0,1	1,8	0,0	0,2	0,7	3,2	7,0	10,5	92,9	16,2	8,9	1200
	D.P		2,7	0,7	4,3	26,2	0,2	0,2	5,7	0,2	0,8	0,0	0,1	0,5	0,6	3,2	6,1	28,1	11,3	3,6	1318
	C.V		0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,0	0,1	1,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,2	0,4	0,6	0,3	0,7	0,4	1
IG 2	jul/04	Chuvoso	20,4	7,5	92	178	0,70	7,2	55	0,060	2,49	0,079	0,12	0,78	3,0	5,0	9,00	131	5	10,96	17000 *
	dez/04	Bom	25,0	8,8	110	161	0,60	7,9	58	0,064	2,28	0,138	0,22	1,06	6,0	12,0	7,00	135	28	9,25	1600 *
	jan/05	Chuvoso	24,1	4,9	61	114	0,30	7,1	42	0,069	1,26	0,055	0,30	0,65	3,0	12,0		84	18	2,30	5000
	jun/05	Chuvoso	21,3	5,2	62	148	0,90	7,3	46	0,029	3,69	0,140	0,48	1,10	5,0	17,0		135	24		1700
	mar/06	Chuvoso	27,8	8,1	109	152	0,70	7,1	41	0,028	2,15	0,047		0,53	4,0	13,0	7,50	106	21	10,36	300
	jun/06	Chuvoso	18,1	8,0	91	194	1,00	7,2	47	0,058	6,26	0,048	0,12	0,51	4,0	8,0		144	36	14,26	3000
	mai/07	Chuvoso	22,7	7,4	90	183	0,80	7,2	46	0,042	2,93	0,054	0,20	0,33	4,0	7,0	5,51	119	8	14,49	9200
	Máximo		27,8	8,8	110,0	194,0	1,0	7,9	58,0	0,1	6,3	0,1	0,5	1,1	6,0	17,0	9,0	144,0	36,0	14,5	9200
	Mínimo		18,1	4,9	61,0	114,0	0,3	7,1	41,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,3	3,0	5,0	5,5	84,0	5,0	2,3	300
	Média		22,8	7,1	87,9	161,4	0,7	7,3	47,9	0,1	3,0	0,1	0,2	0,7	4,1	10,6	7,3	122,0	20,0	10,3	3840
	D.P		3,2	1,5	19,8	26,8	0,2	0,3	6,4	0,0	1,6	0,0	0,1	0,3	1,1	4,1	1,4	20,9	10,9	4,4	3460
	C.V		0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4	1
IG 3	jul/04	Chuvoso	20,7	6,2	74	172	0,50	6,7	54	0,130	1,84	0,072	0,11	0,35	3,0	5,0	13,00	142	10	9,22	60000 *
	dez/04	Bom	24,7	12,1	149	172	0,60	8,3	59	0,160	3,17	0,176	0,24	2,60	12,0	17,0	6,00	145	30	9,33	900 *
	jan/05	Chuvoso	24,0	4,5	57	112	0,15	7,1	39	0,110	1,51	0,064	0,22	0,51	2,0	12,0		105	12	4,20	5000
	jun/05	Chuvoso	21,2	6,4	76	184	0,90	7,5	64	0,100	0,66	0,004	0,70	1,60	5,0	11,0		128	6	9,70	240
	mar/06	Chuvoso	21,8	7,3	97	153	0,70	7,3	42	0,066	2,95	0,002		0,71	7,0	21,0	12,00	105	36	10,72	300
	jun/06	Chuvoso	18,1	4,4	49	188	0,80	7,0	46	0,100	4,67	0,053	0,17	0,76	6,0	10,0	8,00	139	10	12,91	2800
	mai/07	Chuvoso	21,2	5,5	66	203		7,2	46	0,052	4,13	0,064	0,20	0,53	5,0	8,0	7,52	130	32	16,38	4600
	Máximo		24,7	12,1	149,0	203,0	0,9	8,3	64,0	0,2	4,7	0,2	0,7	2,6	12,0	21,0	13,0	145,0	36,0	16,4	5000
	Mínimo		18,1	4,4	49,0	112,0	0,2	6,7	39,0	0,1	0,7	0,0	0,1	0,4	2,0	5,0	6,0	105,0	6,0	4,2	240
	Média		21,7	6,6	81,1	169,1	0,6	7,3	50,0	0,1	2,7	0,1	0,3	1,0	5,7	12,0	9,3	127,7	19,4	10,4	2588
	D.P		2,2	2,6	33,6	29,6	0,3	0,5	9,2	0,0	1,4	0,1	0,2	0,8	3,3	5,4	3,0	16,7	12,6	3,7	2273
	C.V		0,1	0,4	0,4	0,2	0,4	0,1	0,2	0,4	0,5	0,9	0,8	0,8	0,6	0,5	0,3	0,1	0,7	0,4	1
IG 4	jul/04	Chuvoso	21,0	6,3	77	214	0,50	7,2	68	0,230	3,47	0,088	0,14	0,54	4,0	13,0	6,80	159	9	11,71	16000 *
	dez/04	Bom	25,0	3,4	43	230	1,10	7,2	80	0,370	3,70	0,326	1,70	3,00	4,0	11,0	3,00	181	24	12,07	4000 *
	jan/05	Chuvoso	22,0	5,5	66	189	0,90	7,2	61	0,150	2,61	0,140	0,30	0,68	3,0	10,0	16,00	156	6	7,90	9000
	jun/05	Chuvoso	20,6	4,5	53	228	1,50	7,3	77	0,140	3,78	0,180	1,30	3,80	5,6	12,0	8,00	171	10	12,00	800
	mar/06	Chuvoso	23,0	5,3	66	211	0,80	6,9	53	0,130	9,00			0,54	3,0	5,0	10,50	136	13	16,18	1700
	jun/06	Chuvoso	16,6	5,1	58	211		6,7	51	0,081	4,31	0,048	0,10	0,31	3,0	10,0	8,00	153	19	14,50	9000
	mai/07	Chuvoso	19,1	6,3	75	205		7,2	43	0,034	5,79	0,036	0,09	0,27	3,0	3,0	3,63	128	15	16,12	1400
	Máximo		25,0	6,3	77,0	230,0	1,5	7,3	80,0	0,4	9,0	0,2	1,7	3,8	5,6	13,0	16,0	181,0	24,0	16,2	9000
	Mínimo		16,6	3,4	43,0	189,0	0,0	6,7	43,0	0,0	2,6	0,0	0,1	0,3	3,0	3,0	3,0	128,0	6,0	7,9	800
	Média		21,0	5,2	62,6	212,6	0,8	7,1	61,9	0,2	4,7	0,1	0,6	1,3	3,7	9,1	8,0	154,9	13,7	12,9	4380
	D.P		2,7	1,0	12,1	13,9	0,6	0,2	13,8	0,1	2,1	0,1	0,7	1,5	1,0	3,7	4,4	18,5	6,2	2,9	4230
	C.V		0,1	0,2	0,2	0,1	0,7	0,0	0,2	0,7	0,5	0,9	1,2	1,1	0,3	0,4	0,5	0,1	0,5	0,2	1
Variações entre todos os pontos	Máximo		27,8	12,1	149,0	230,0	1,5	8,3	80,0	0,5	9,0	0,2	1,7	3,8	12,0	21,0	23,0	181,0	38,0	16,4	9200
	Mínimo		16,6	3,4	43,0	189,0	0,0	6,7	43,0	0,0	0,7	0,0	0,1	0,3	2,0	3,0	3,0	47,0	4,0	2,3	80
	Média		22,2	6,3	77,0	170,1	0,7	7,2	50,8	0,1	3,0	0,1	0,3	0,9	4,2	9,7	8,9	124,4	17,3	10,6	3002
	D.P		2,8	1,7	21,6	36,3	0,3	0,3	11,2	0,1	1,8	0,0	0,4	0,9	2,0	4,4	4,3	30,2	10,3	3,8	3054
	C.V		0,1	0,3	0,3	0,2	0,4	0,0	0,2	1,0	0,6	0,8	1,2	0,9	0,5	0,5	0,5	0,2	0,6	0,4	1

D.P. = Desvio Padrão \* Coliforme Fecal

C.V = Coeficiente de Variação

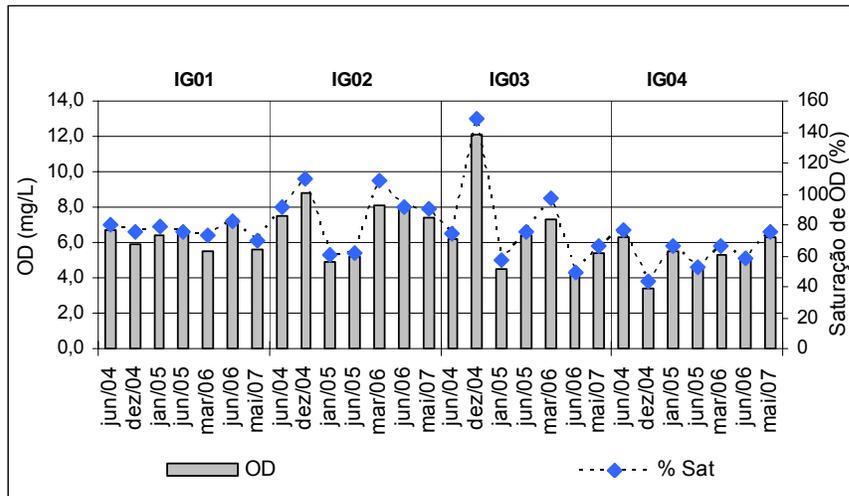
Fonte: Gelsy, 2007.

### 4.3.3 Oxigênio Dissolvido, Saturação e déficit de Oxigênio Dissolvido, nas Estações do Lago Igapó

As estações IG01, IG02 e IG03, do Lago Igapó, para o indicador oxigênio dissolvido, no período estudado, apresentaram na maioria das amostras analisadas resultados de acordo com o recomendado para corpos de água da classe 1, ao contrario da estação IG04 onde a maioria dos resultados estavam em desacordo com o estabelecido pela Resolução Conama 357/2005.

A Figura 43 mostra a variação temporal das concentrações médias de oxigênio dissolvido (OD) para os pontos avaliados. Os valores médios registrados nas estações do Lago Igapó variam de 6,3 mg. L<sup>-1</sup> a 12,3 mg. L<sup>-1</sup>. Esta média alta significa uma supersaturação de oxigênio dissolvido, que pode ser decorrente da proliferação de macrófitas, na entrada do lago. Além da supersaturação ocorrem períodos de baixas concentrações de oxigênio no local (3,4 mg. L<sup>-1</sup>), podendo ser indicativo da entrada de cargas de esgotos não tratados, que consomem o oxigênio do local, prejudicando a qualidade da água e a manutenção da vida aquática.

É importante salientar que a resolução CONAMA 357/2005 recomenda valores não inferiores a 6 mg. L<sup>-1</sup> para esses corpos de água, uma vez que o oxigênio é um fator limitante da vida aquática. As concentração de 4 a 5 mg. L<sup>-1</sup> podem causar a morte de peixes mais sensíveis. A estação IG04 foi a que apresentou as menores concentrações de OD.



**Figura 43** – Variação temporal de oxigênio dissolvido e sua saturação para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007.

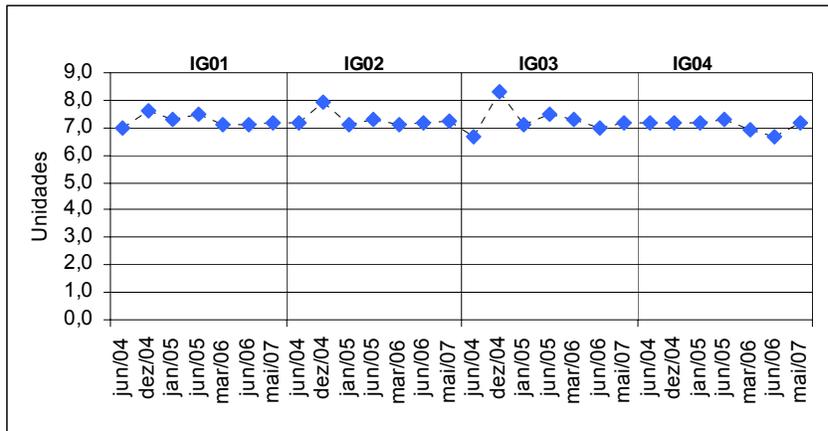
Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2007)

#### 4.3.4 pH, nas Estações do Lago Igapó

O pH é um parâmetro importante a ser controlado em um corpo d'água, haja vista que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático.

Nas estações monitoradas no Lago Igapó os valores de pH (figura 44) estiveram dentro do limite estabelecido pela Resolução 357 do CONAMA, que estabelece valores de pH entre 6 e 9 unidades. O pH máximo encontrado foi de 8,3 na estação IG03 (dezembro/04) e o mínimo de 6,7 nas estações IG03 e IG04 (junho/04 e junho/06, respectivamente).

O pH deste ecossistema variou de próximo a neutro a levemente alcalino. O elevado valor de pH registrado na estação IG03, em dezembro/04, pode ser correlacionado a um evento de floração de algas ou entrada de efluente.

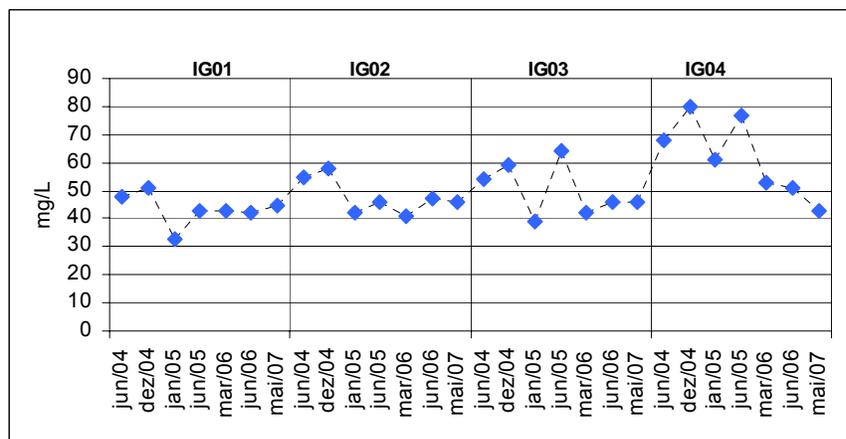


**Figura 44** – Variação temporal de pH para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.3.5 Alcalinidade Total, nas Estações do Lago Igapó

Neste estudo (figura 45) a alcalinidade máxima registrada foi de 80 mg. L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (IG04 em dezembro/04) e a mínima encontrada foi de 33 mg. L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> (IG01 em janeiro/05). As maiores concentrações ocorreram nos pontos amostrais IG04 e IG03, provavelmente devido a maior concentração de despejos gerados na área de drenagem. Com relação à estação IG04, vale salientar que neste ponto amostral o lago já recebeu a contribuição do Córrego Baroré e principalmente do Ribeirão Cambé que foram os tributários os que apresentaram as maiores concentrações de alcalinidade.



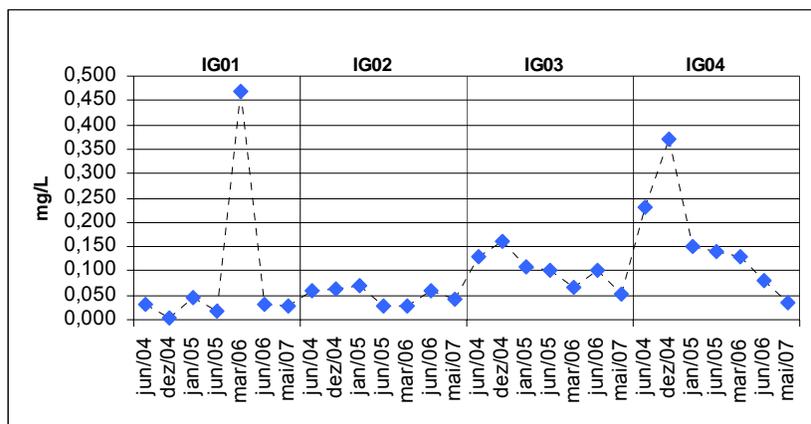
**Figura 45** – Variação temporal de alcalinidade total para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves, 2008.

### 4.3.6 Fósforo Total, nas Estações do Lago Igapó

Os resultados de fósforo total nas estações de monitoramento do Lago Igapó evidenciaram as maiores concentrações de fósforo na entrada do lago (figura 46), estação IG04, com valores médios de 0,2 mg. L<sup>-1</sup>. Na estação IG 01 ocorreu à maior concentração de fósforo de 0,470 mg. L<sup>-1</sup> e a menor de 0,005 mg. L<sup>-1</sup>, para os meses de março/06 e dezembro/04, respectivamente.

Durante o período de estudo o fósforo apresentou valores, na maioria das vezes, acima do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005. É importante salientar que o fósforo é responsável pela floração de algas e a proliferação de macrófitas. Concentrações elevadas podem levar a um crescimento exagerado desses microrganismos indicando o processo de eutrofização do ecossistema. Concentrações de fósforo acima de 0,05 mg. L<sup>-1</sup> podem ser indicativas da eutrofização do ambiente, o que se pode verificar, principalmente, nas estações IG04 e IG03. A entrada de fósforo no lago Igapó é atribuída principalmente a fontes pontuais e não pontuais provenientes da bacia de drenagem que são principalmente os esgotos domésticos, as industriais, os detergentes e os fertilizantes.



**Figura 46** – Variação temporal de fósforo para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

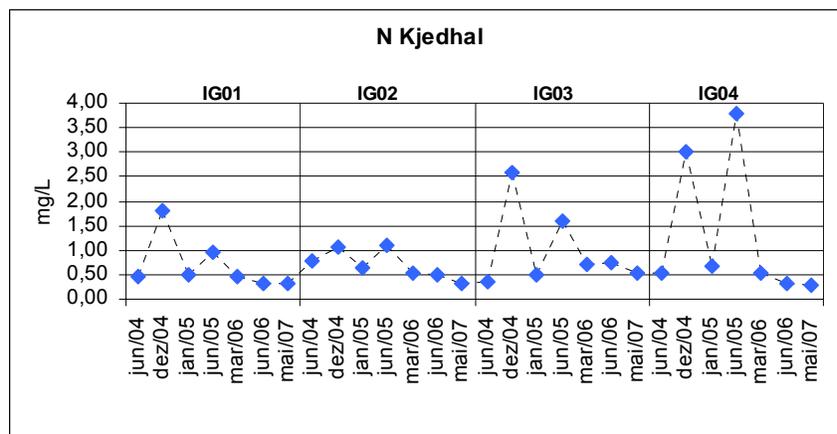
**Fonte:** Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

### 4.3.7 Série Nitrogenada

#### 4.3.7.1 Nitrogênio total Kjeldahl, nas estações do Lago Igapó

De acordo com Rodriguez (2001), o nitrogênio orgânico (nitrogênio Kjeldahl) consiste principalmente de substâncias protéicas (aminoácidos, ácidos nucléicos e urina) e o produto de transformações bioquímicas (ácidos húmicos e fúlvicos). Na água origina-se da decomposição de todos os organismos vivos. Incrementos nas concentrações podem indicar poluição do corpo d'água.

Nas estações de monitoramento do Lago Igapó, a maior concentração de nitrogênio Kjeldahl ocorreu na estação IG04, sendo de 3,80 mg. L<sup>-1</sup> em junho/05, nesta estação também foi registrada o menor N. Kjeldahl de 0,27 mg. L<sup>-1</sup>, em maio/07 (Figura 47).



**Figura 47** – Variação temporal de nitrogênio kjedhal para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007.

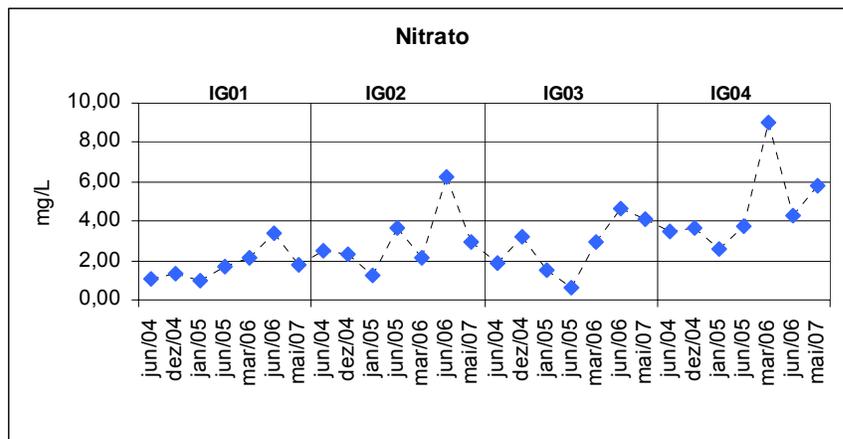
Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.3.7.2 Nitrogênio nitrato, nas estações do Lago Igapó

Nas estações monitoradas no Lago Igapó os valores médios de nitrato foram da ordem de 4 mg. L<sup>-1</sup>. O maior valor de nitrato registrado foi em

março/06, na estação IG04 (9,00 mg. L<sup>-1</sup>), mostrando que esta estação é a que sofre maior impacto dos intensos usos do solo e da crítica qualidade de água dos afluentes do lago. As maiores concentrações de nitrato ocorreram em períodos chuvosos, pois o nitrato é carregado com a argila com as chuvas no escoamento superficial e é proveniente de fontes não pontuais principalmente de solos agrícolas.

Apesar dos resultados estarem de acordo com a Resolução CONAMA 357, observando a figura 48, pode-se verificar uma tendência no aumento nas concentrações de nitrato em todos os pontos monitorados, principalmente, a partir de junho/05, indicando um maior comprometimento da qualidade de água.

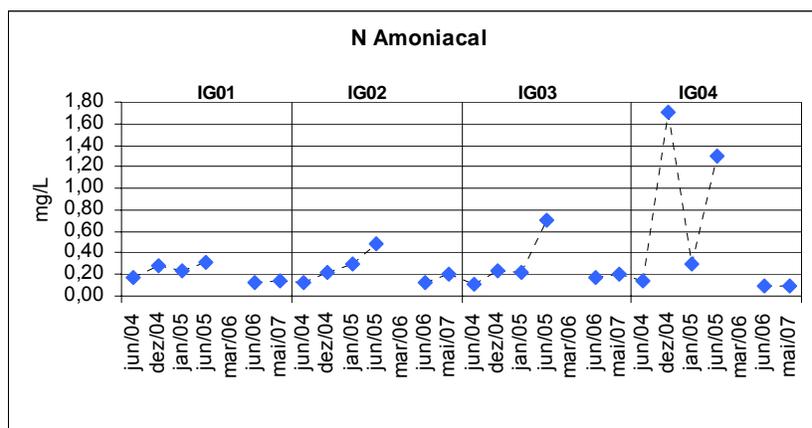


**Figura 48** – Variação temporal de nitrato para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007.

**Fonte:** Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.3.7.3 Nitrogênio amoniacal, nas estações do Lago Igapó

Os resultados de nitrogênio amoniacal, nas estações do Lago Igapó, mostraram que a concentração máxima registrada foi de 1,7 mg. L<sup>-1</sup> e mínima de 0,09 mg. L<sup>-1</sup>, ambas ocorrendo na estação IG04, nos meses de dezembro/04 e maio/07, respectivamente (figura 49). A presença de nitrogênio amoniacal na água significa matéria orgânica em estágio inicial de decomposição e que o ambiente está pobre em oxigênio.



**Figura 49** – Variação temporal de nitrogênio amoniacal para o Lago Igapó, no período junho de 2004 a maio de 2007.

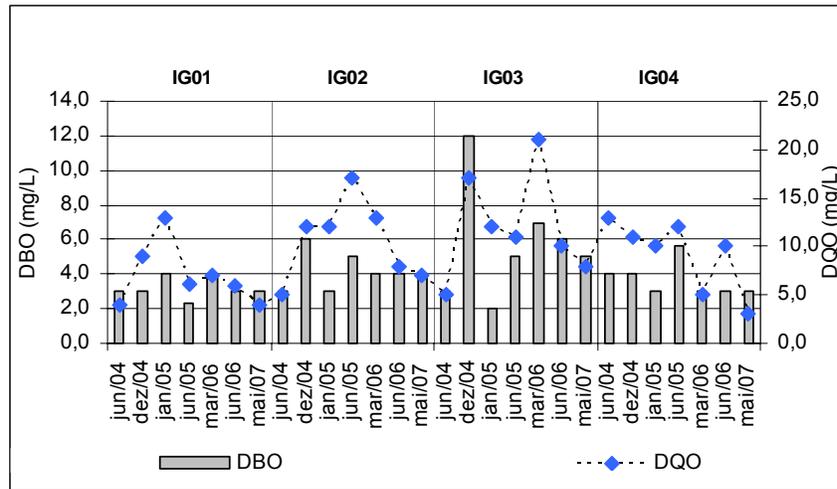
Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.3.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, nas Estações do Lago Igapó

De acordo com Wetzel, as variáveis demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD) e o gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) estão diretamente associados ao metabolismo respiratório dos sistemas aquáticos. A DBO e a DQO representam a necessidade ou demanda de oxigênio para os processos de autodepuração. A DBO está relacionada com a degradação da matéria orgânica e a DQO com o total de compostos químicos oxidáveis (WETZEL,1995 apud CRUZ, 2003).

A DQO média no lago Igapó variou de 7 a 12 mg. L<sup>-1</sup>. O maior valor de DQO foi de 21 mg. L<sup>-1</sup>, na estação IG2 (figura 50). O valor máximo encontrado para o indicador DBO foi de 12,0 mg. L<sup>-1</sup> na estação IG03 em dezembro/04 (figura 47). Em relação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, para águas de Classe I, praticamente a maioria das amostras analisadas violaram o limite de 3 mg/L.

Estes teores indicam a ocorrência de despejos constantes de fontes pontuais e não pontuais de poluição, possivelmente de origem doméstica, já que na bacia de drenagem existe um grande adensamento populacional.



**Figura 50** – Variação temporal de DQO e DBO para o Lago Igapó, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.4 IQAR – ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA AS ESTAÇÕES LOCALIZADAS NO LAGO IGAPÓ

Serão apresentadas algumas análises descritivas dos resultados do IQAR das estações de coleta localizadas no Lago Igapó.

##### 4.4.1 Estação ig01 - Lago Igapó I

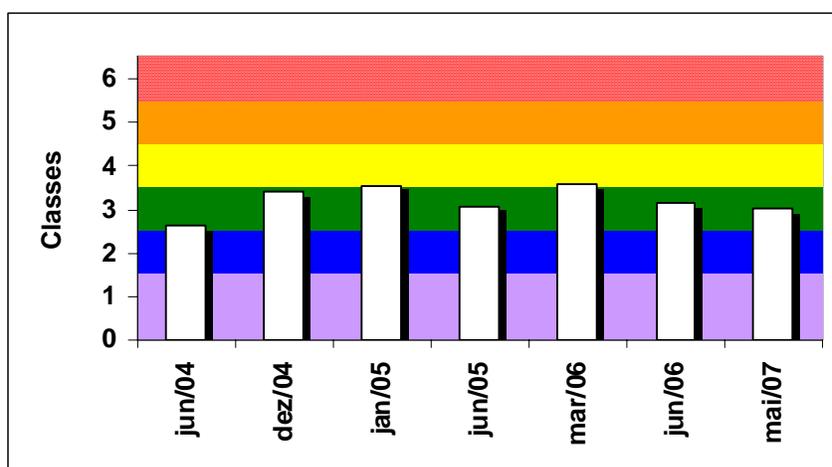
Os resultados da estação IG01 apresentaram oscilações, entre as classes III (Moderadamente degradada) a IV (Criticamente degradada), o que se pode verificar na tabela 10, sendo que o IQAR médio do período foi classe III (Moderadamente degradada). A estação IG01 apresentou violações dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros oxigênio dissolvido, fósforo, DBO, coliformes, clorofila e em dezembro/04 apresentou um numero de cianobactérias bem acima do estabelecido que são  $20.000 \text{ cel.}(ml)^{-1}$ .

**Tabela 10 – Cálculo do IQAR para a estação IG01 – Lago Igapó I**

VARIÁVEIS	Unidade	Ponto	jun/04	dez/04	jan/05	jun/05	mar/06	jun/06	mai/07
Déficit de oxig. Dissolvido	%		25,0	28,2	33,0	34,0	27,0	21,2	30,8
Fósforo Total	P (mg/L)	Prof.I	0,030	0,005	0,045	0,018	0,470	0,033	0,027
Nitr. Inorg. Total	NO3 (Nitrato)	Prof.I	1,050	1,350	0,940	1,710	2,150	3,360	1,800
	NO2 (Nitrito)	Prof.I	0,051	0,055	0,033	0,068	0,047	0,030	0,046
	NH3 (Amoniacal)	Prof.I	0,170	0,280	0,230	0,320	-	0,130	0,140
Clorofila a	mg/m <sup>3</sup>	*	2,66	18,35	10,36	6,81	8,29	8,29	5,920
Disco de Secchi	metros	Prof.I	0,90	0,70	0,40	0,90	0,90	1,00	1,05
DQO	mg/L	Prof.I	4,0	9,0	13,0	6,2	7,0	6,0	4,0
Tempo de Residência	dias		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Profundidade média	metros		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Cianobactérias	células	*	385	63364	176	3531	3465	825	2134
		<b>IQAR</b>	2,63	3,40	3,56	3,09	3,57	3,13	3,01
Legenda			Moderadamente degradado	Moderadamente degradado	Criticamente degradado a poluído	Moderadamente degradado	Criticamente degradado a poluído	Moderadamente degradado	Moderadamente degradado
* Colocar valor da maior concentração entre a profundidade I e II									

Fonte: Org. Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.

Quando traçada uma linha de tendência na figura 51 verifica-se que o ponto monitorado tem operado em ciclos, com períodos de melhora e de piora da qualidade da água ao longo do tempo.



**Figura 51 – Variação temporal do IQAR para a estação IG01, Lago Igapó I, no período junho de 2004 a maio de 2007.**

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.4.2 Estação ig02 – Lago Igapó II

A estação IG02 oscilou, entre as Classes III (Moderadamente degradada) a IV (Criticamente degradada) figura 52, conforme também demonstra tabela 11, sendo que o IQAR médio do período de estudo foi de 3,5 (classe

criticamente degradada). Observou-se violações nos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para os parâmetros: oxigênio dissolvido, fósforo, DBO, coliformes, clorofila e em dezembro/04 violou, a exemplo do ocorrido com a estação IG01, violou também o limite estabelecido para cianobactérias.

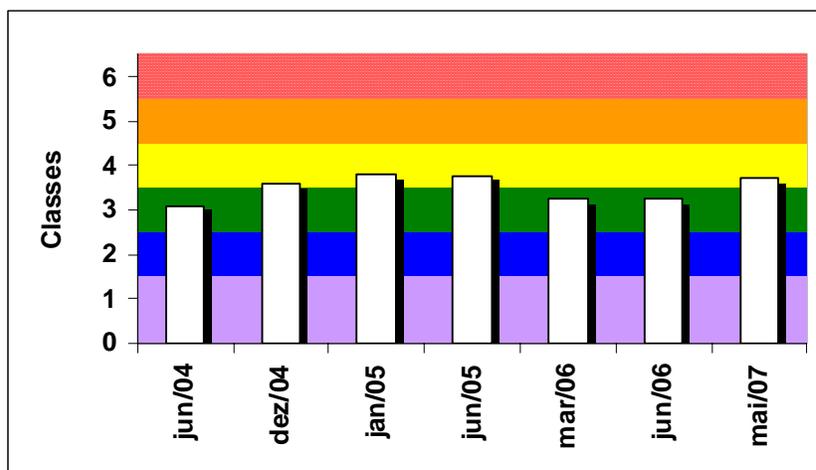
**Tabela 11 – Cálculo do IQAR para a estação IG02 – Lago Igapó II**

VARIÁVEIS	Unidade	Ponto	jun/04	dez/04	jan/05	jun/05	mar/06	jun/06	mai/07
Déficit de oxig. Dissolvido	%		14,8	15,6	73,0	56,2	10,0	10,3	40,0
Fósforo Total	P (mg/L)	Prof.I	0,060	0,064	0,069	0,029	0,028	0,058	0,042
Nitr. Inorg. Total	NO3 (Nitrato)	Prof.I	2,490	2,280	1,260	3,690	2,150	6,260	2,930
	NO2 (Nitrito)	Prof.I	0,079	0,138	0,055	0,140	0,047	0,048	0,054
	NH3 (Amoniacal)	Prof.I	0,120	0,220	0,300	0,480	-	0,120	0,200
Clorofila a	mg/m <sup>3</sup>	*	11,54	15,98	2,96	8,88	7,40	9,77	16,58
Disco de Secchi	metros	Prof.I	0,70	0,60	0,30	0,90	0,70	1,00	0,80
DQO	mg/L	Prof.I	5,0	12,0	12,0	17,0	13,0	8,0	7,0
Tempo de Residência	dias		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Profundidade média	metros		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Cianobactérias	células	*	33	22344	4488	4015	10108	1529	5472
		<b>IQAR</b>	3,11	3,59	3,82	3,79	3,24	3,24	3,73
			Moderadamente degradado	Criticamente degradado a poluído	Criticamente degradado a poluído	Criticamente degradado a poluído	Moderadamente degradado	Moderadamente degradado	Criticamente degradado a poluído
Legenda									

\* Colocar valor da maior concentração entre a profundidade I e II

Fonte: Org. Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração (2007)

Quando traçada uma linha de tendência na figura 52, nos IQARs da estação IG02, verifica-se uma leve tendência de piora da qualidade da água, uma vez que o ponto monitorado, assim como IG01, tem tido ciclos, ou pulsos, com melhoria e piora da qualidade da água ao longo do tempo. A contribuição da estação Córrego Água Fresca e das outras estações à montante foram fatores determinantes para a queda da qualidade da estação IG02.



**Figura 52 – Variação temporal do IQAR para a estação IG02, Lago Igapó II, no período de junho de 2004 a maio de 2007.**

Fonte: Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.4.3 Estação ig03 – Lago Igapó III

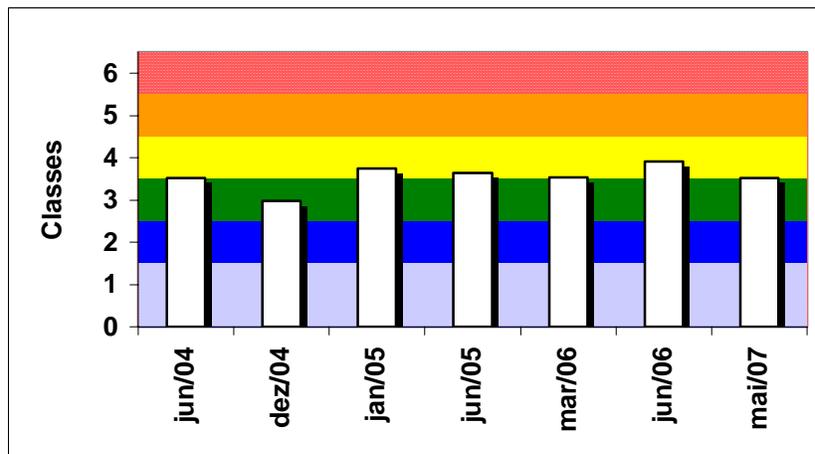
A estação IG03 oscilou entre as classes III (Moderadamente degradado) a IV (Criticamente degradado), figura 53, como também, se pode verificar na tabela 12, sendo que o IQAR médio do período de estudo foi de 3,6 (Criticamente degradado). A degradação da qualidade da água é devida às concentrações de fósforo, nitrogênio e clorofila e déficits de oxigênio dissolvido nas regiões mais profundas do lago. A qualidade de água da estação IG03 é influenciada pela contribuição do IG04, e do Córrego Rubi, no qual se observa a presença de esgotos domésticos que se refletiu nas violações dos limites estabelecidos para o parâmetro coliforme fecal. Na estação IG03, observam-se violações nos limites estabelecidos para o parâmetro oxigênio dissolvido, fósforo, DBO e coliformes fecais da Resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 12 – Cálculo do IQAR para a estação IG03 – Lago Igapó III.**

VARIÁVEIS	Unidade	Ponto	jun/04	dez/04	jan/05	jun/05	mar/06	jun/06	mai/07
Déficit de oxig. Dissolvido	%		30,5	0,0	49,0	26,3	26,0	52,2	34,0
Fósforo Total	P (mg/L)	Prof-I	0,130	0,160	0,110	0,100	0,066	0,100	0,052
Nitr. Inorg. Total	NO3 (Nitrate)	Prof-I	1,840	3,170	1,510	0,660	2,950	4,670	4,130
	NO2 (Nitrito)	Prof-I	0,072	0,176	0,064	0,004	0,002	0,053	0,064
	NH3 (Amoniaca)	Prof-I	0,110	0,240	0,220	0,700	-	0,170	0,200
Clorofila <i>a</i>	mg/m <sup>3</sup>	*	14,50	0,59	3,70	11,26	7,50	7,99	12,69
Disco de Secchi	metros	Prof-I	0,50	0,60	0,15	0,90	0,40	0,80	0,50
DQO	mg/L	Prof-I	5,0	17,0	12,0	11,0	21,0	10,0	8,0
Tempo de Residência	dias		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Profundidade média	metros		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Cianobactérias	células	*	0	10721	1331	3982	-	1232	608
		<b>IQAR</b>	<b>3,52</b>	<b>2,98</b>	<b>3,75</b>	<b>3,64</b>	<b>3,53</b>	<b>3,91</b>	<b>3,52</b>
Legenda			Criticamente degradado a poluído	Moderadamente degradado	Criticamente degradado a poluído				
* Colocar valor da maior concentração entre a profundidade I e II									

**Fonte:** Org. Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração (2007)

Quando traçada uma linha de tendência na figura 53, verifica-se uma tendência bem mais acentuada de piora da qualidade da água, quando comparado aos pontos IG01 e IG02.



**Figura 53** – Variação temporal do IQAR para a estação IG03, Lago Igapó III, no período de junho de 2004 a maio de 2007.

**Fonte:** Pesq.e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

#### 4.4.4 Estação ig04 – Lago Igapó IV

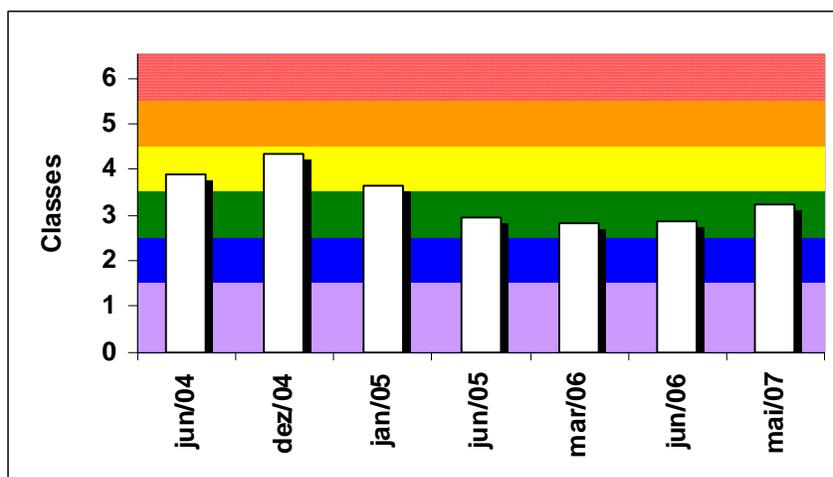
A estação IG04, na entrada do Lago Igapó oscilou, entre as Classes III (Moderadamente degradada) a IV (Criticamente degradada), conforme tabela 13 e figura 54, sendo que o IQAR médio do período de estudo foi de 3,4 (Moderadamente degradada) porem, esse resultado ficou comprometido pela falta de alguns resultados em três campanhas de coletas, jun/05, mar/06 e jun/06.

Esta estação teve IQAR influenciado pelo acentuado déficit de oxigênio dissolvido na coluna d água, altas concentrações de fósforo, nitrogênio e clorofila. Nota-se ainda a intensa proliferação de macrófitas nesta estação que causa desde depleções acentuadas de oxigênio até supersaturações, sendo importantes indicadoras do processo de eutrofização do Lago Igapó.

**Tabela 13 – Cálculo do IQAR para a estação IG04 – Lago Igapó IV**

VARIÁVEIS	Unidade	Ponto	jun/04	dez/04	jan/05	jun/05	mar/06	jun/06	mai/07
Déficit de oxig. Dissolvido	%		30,50	57,00	34,00	47,70	47,00	42,00	25,00
Fósforo Total	P (mg/L)	Prof.I	0,230	0,370	0,150	0,140	0,130	0,081	0,034
Nitr. Inorg. Total	NO3 (Nitrato)	Prof.I	3,470	3,700	2,610	3,780	9,000	4,310	5,790
	NO2 (Nitrito)	Prof.I	0,088	0,326	0,140	0,180	-	0,048	0,036
	NH3 (Amoniacal)	Prof.I	0,140	1,700	0,300	1,300	-	0,097	0,091
Clorofila <i>a</i>	mg/m <sup>3</sup>	*	10,70	48,25	12,58	-	-	-	13,69
Disco de Secchi	metros	Prof.I	0,50	1,10	1,10	1,50	0,80	0,60	0,40
DQO	mg/L	Prof.I	13,0	11,0	10,0	12,0	5,0	10,0	3,0
Tempo de Residência	dias		10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Profundidade média	metros		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Cianobactérias	células	*	55	924	913	-	-	-	11
		<b>IQAR</b>	<b>3,88</b>	<b>4,33</b>	<b>3,64</b>	<b>2,94</b>	<b>2,82</b>	<b>2,86</b>	<b>3,24</b>
Legenda			Criticamente degradado a poluído	Criticamente degradado a poluído	Criticamente degradado a poluído	Moderadamente degradado	Moderadamente degradado	Moderadamente degradado	Moderadamente degradado
* Colocar o valor da maior concentração entre a profundidade I e II									

Fonte: Org. Coleta *in loco*, Gelsy Gonçalves. Elaboração 2007.



**Figura 54 – Variação temporal do IQAR para a estação IG04, Lago Igapó IV, no período de junho de 2004 a maio de 2007.**

Fonte: Pesq. e Org. Gelsy Gonçalves (2008)

Ao analisarem-se os resultados obtidos frente aos estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 pode-se observar que a estação IG04 apresenta a pior situação do lago Igapó no tocante a baixas concentrações de oxigênio dissolvido, maiores concentrações de fósforo, concentrações altas de coliformes fecais e de clorofila *a* em todas as amostras.

Vale salientar que sofre a influencia do Ribeirão Cambé e Córrego Baroré que apresentaram várias violações, principalmente, no tocante ao parâmetro oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo e coliformes fecais.

As concentrações de coliformes fecais estão relacionadas principalmente a despejos domésticos, que são responsáveis também pela

diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e do aumento da concentração de fósforo nesta estação de amostragem. Os resultados correspondentes ao fósforo devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização do ambiente aquático uma vez que este nutriente atua como agente causador do processo e as altas concentrações de clorofila a, a floração de algas e a proliferação de macrófitas devem ser consideradas como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador.

As baixas concentrações de oxigênio registradas podem provocar mortes de peixes, e no que diz respeito ao fósforo segundo Von Sperling (2005), concentrações acima de 0,05 mg/L, pode ser um indicativo do estado eutrófico do ambiente, fato verificado nesta estação.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi desenvolvida para diagnosticar a degradação da qualidade da água, gerada pela ocupação e pelas formas de uso do solo. A proposta de se fazer uma avaliação da qualidade da água de alguns tributários e do lago Igapó, utilizando-se de variáveis físicas, químicas e biológicas e índices de qualidade de água deve ser entendida como uma aproximação a esta questão tão complexa.

A carência de levantamento de dados sistemáticos, nos órgãos governamentais, foi uma das principais limitações desta pesquisa.

Nas questões que envolvem a gestão de recursos hídricos considera-se que o diagnóstico ambiental seja o primeiro passo para conhecer a realidade dos efeitos morfogenéticos e antrópicos. Esse diagnóstico é a base para propor o prognóstico ambiental e promover a integração das análises ambientais, políticas e econômicas que compõem um plano de gerenciamento de uma bacia hidrográfica.

Segundo os valores das variáveis físicas, químicas, biológicas e da análise através do Índice de qualidade de água, AIQA, a maior parte dos tributários do lago Igapó, apresentam a classificação Medianamente Poluídos, o Córrego Leme e ponto pesquisado do Ribeirão Cambé, apresentaram na maior parte do período pesquisado a classificação Poluídos, o Córrego Capivara foi o que obteve a melhor classificação Pouco poluído a maior parte do período.

O córrego Leme, foi o tributário que apresentou as menores concentrações de oxigênio, em janeiro de 2005 obteve uma concentração de 2,3 mg/L, quantidade que poderia provocar a morte de peixes;

Esses tributários tornaram-se canais preferenciais, condutores de cargas orgânicas para o Lago Igapó.

Segundo os valores das variáveis físicas, químicas, biológicas e da análise através do Índice de qualidade de água IQAR, a classificação da qualidade da água das estações localizadas no Lago Igapó: IG01, IG02, IG03 e IG04, no presente estudo variaram entre: **Moderadamente degradada** e **Criticamente degradada**.

As análises registraram grandes concentrações de coliformes de

origem fecal encontradas em todas as estações avaliadas, denotando a baixa capacidade dos tributários e do Lago Igapó em diluir cargas de coliformes oriundas principalmente de esgotos domésticos e apontam para a necessidade da avaliação da capacidade suporte do lago;

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido, fator limitante da vida aquática, foram encontradas principalmente no Lago Igapó IV que, na maior parte das amostras coletadas apresentou valores, de oxigênio dissolvido, abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005.

A pesquisa demonstrou que o fósforo, na maioria das amostras analisadas, apresentou valores acima do recomendado para ambientes lênticos. O fósforo é o principal responsável pela eutrofização artificial dos ecossistemas, cujas fontes artificiais mais importantes são esgotos domésticos e industriais.

Ocorrência de violações dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para o parâmetro clorofila *a*, nas quatro estações do lago. O crescimento de algas foi propiciado, entre outras coisas, pela disponibilidade de nutrientes como o fósforo. As florações provocam efeitos diretos sobre a qualidade da água como o aumento da matéria orgânica; aumento de substâncias orgânicas dissolvidas, conferindo gosto ou odor à água; conferir cor à água; servir de substrato para o crescimento de bactérias; aumento de pH e mudanças em sua flutuação diária; reduzindo os teores de oxigênio nas camadas de fundo.

As estações IG01 e IG02 em dezembro/04, apresentaram um número de cianobactérias acima do preconizado. As cianobactérias além de produzir gosto, odor desagradável na água, desequilibram os ecossistemas aquáticos e são capazes de liberar toxinas.

A evolução da ocupação não considerou possíveis danos ambientais gerados pela rápida e intensa urbanização na região do lago Igapó, principalmente a partir das décadas de 1960 e 1970 quando as grandes transformações ocorreram. Muitos loteamentos foram implantados na vertente esquerda, no sentido leste/oeste e foi a partir dessas décadas que houve a grande ocupação da margem direita da microbacia.

O acelerado crescimento da urbanização na área da pesquisa promoveu o aumento da impermeabilização do solo e resultou no comprometimento da qualidade da água devido ao transporte pela drenagem da poluição existente no ar, que se precipita junto com a água, de resíduos sólidos, acrescidos do lixo

urbano e da lavagem de superfícies urbanas contaminadas com diferentes compostos orgânicos metais, óleos e graxas, que acabam de uma forma ou de outra sendo carregados para os corpos d'água. A minimização dos problemas relacionados com a impermeabilização do solo deve ser alcançada através da adoção de pavimentos permeáveis, adoção de áreas de infiltração para receber a água de áreas impermeáveis e recuperar a capacidade de infiltração da bacia, evitando a transferência para jusante do aumento da vazão, volume e carga de contaminação no escoamento superficial, entre outros

O desenvolvimento não pode ocorrer sem que regras de uso e ocupação sejam definidas de formas a preservar os condicionantes da natureza.

Devem ser tomadas medidas estruturais de contenção das cargas, pontuais e não pontuais de poluição para diminuir a carga afluyente ao Lago Igapó, a partir da bacia de drenagem, como forma de garantir a qualidade da água para os fins a que se destina. As cargas não pontuais merecem atenção especial, no que se refere a sua identificação e mudanças de práticas de uso da água e manejo do solo.

Há necessidade de implantação de um Plano de Manejo Integrado com a adoção de medidas externas que impeçam a chegada de nutrientes e outras substâncias tóxicas e outras medidas internas que permitam remediar, e promover a recuperação do estado ambiental do lago a níveis aceitáveis.

Este estudo confirmou as alterações provocadas na qualidade das águas, em virtude das mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal da bacia. Evidenciando que o gerenciamento dos componentes terrestres e aquáticos devem ser tratados conjuntamente e tendo a bacia hidrográfica como unidade de gestão.

## REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for examination of water and wastewater*, 21st ed. Washington: American Public Health Association, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro, Jun. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores*. Rio de Janeiro, Jun. 1987.

BARBIERI, José Carlos. *Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21*. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 107-121.

BERBERT, C. O. O desafio das águas *In: MARTINS, Rodrigo Constante; VALENCIO, Norma Felicidade Lopes da Silva. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais/organizadores*. São Carlos: RiMa, 2003.

BISINOTI, M. C., YABE, M. J. S., GIMENEZ, S. M. N., Avaliação da Influência de metais pesados no sistema aquático da bacia hidrográfica da cidade de Londrina-PR, *Revista Analytica*, São Paulo, n. 8, p. 22-27, dez./jan. 2004.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas . *In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

BRAGA, B.et al. *Introdução à engenharia ambiental*. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde. *In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

BRASIL, *Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979*. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: <[http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema\\_texto/HTM-ANTIGOS/6766-79.HTM](http://ibama2.ibama.gov.br/cnia2/renima/cnia/lema/lema_texto/HTM-ANTIGOS/6766-79.HTM)>. Acesso em: 24 out. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Vigilância de Vigilância Sanitária. Portaria GAB/SNVS No. 518, 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção I, p. 266, 26 mar. 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério das Cidades. Secretaria de Saneamento Ambiental, *Gestão do Território e manejo integrado das águas urbanas*. Brasília, 2005b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. *Resolução 274/2000 de 29 de novembro de 2000*. Brasília: CONAMA, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pot/conama/res00/res27400.html>>. Acesso em: 14 fev. 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *GEO Brasil: Recursos hídricos: resumo executivo*. Brasília, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente *Resolução 357, de 17 de março de 2005*. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.crq4.org.br/downloads/resolucao357>>. Acesso em: 19 abr. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução 397, de 03 de abril de 2008*. Disponível em: <<http://4ccr.pgr.mpf.gov.br/institucional/grupos-de-trabalho/gt-aguas/resolucoes-conama-docs/res39708.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. *Documento base de referencia do Plano Nacional de Recursos Hídricos*. 2003. p. 83. Disponível em: <[http://www.cicplata.org/marco/pdf/vision\\_3a/brasil/visao\\_brasil\\_09\\_final.pdf](http://www.cicplata.org/marco/pdf/vision_3a/brasil/visao_brasil_09_final.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2007.

\_\_\_\_\_. *PNMA II: índice e indicadores de qualidade da água: revisão da literatura* Disponível em: <[www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2007b.

CARVALHO, P. F., Águas nas cidades: reflexões sobre os usos e abusos para aprender novos usos. In: BRAGA, Roberto. *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal, 2003, p. 9-33.

CERRETA, M. C., *Avaliação dos aspectos da qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena - Município de Santa Maria-RS*. 2004, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CETESB. *Parâmetros para análise da qualidade de água*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/padroses.asp>>. Acesso em: 08 dez. 2003.

\_\_\_\_\_. *Variáveis de qualidade de água*. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 26 abr. 2008.

CRUZ, L. B. S., *Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba-MG*. 2003. 181 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DERISIO, J. C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 2 ed. São Paulo: Signus, 2000. p. 13–53.

DIAS, L. N.. *Estudo limnológico do reservatório do Passaúna*. 1997 150f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed.. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 575 p.

FARIA, G. G. F. Caracterização física e análise comparativa das formas de uso e ocupação do solo (1970-1999) na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, *Geografia*, Londrina, v. 14, n. 2, p. 107-144, jul./dez. 2005.

FARIAS, M. S. S. *Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo*, 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

FATMA/GTZ - Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. *Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes: parte I: características gerais, nutrientes, elementos-traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas*. Florianópolis: FATMA/GTZ, 1999.

FERREIRA, Y. N., *Uso do solo urbano de Londrina*, relatório de pesquisa. Londrina: Laboratório de Pesquisas Urbanas e Regionais, Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, 2002.

GARCIA, A. C. M. C.; VALENCIO, N. F. L. S., Gestão de recursos hídricos no estado de São Paulo: obstáculos técnicos e políticos à sustentabilidade das práticas decisórias em comitês de bacias. In: MARTINS, R. C.; VALENCIO, N. F. L. S. *Uso e*

*gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e políticos-institucionais*. São Carlos: Rima, 2003. p.194 e 195.

GONÇALVES, G. W. P. S. *Qualidade da água: Lago Igapó Londrina-PR*. 2005. Monografia (Curso de Especialização) - Faculdade de Ciências Sociais de Florianópolis, Florianópolis.

GOULART, M. D; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *FAPAM em Revista*, Pará de Minas, v. 2, n.2, p. 153-163, 2003.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. *Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná, 1999–2004*. Curitiba, 2004.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. *Monitoramento da qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, 2002–2005*. Curitiba, 2005.

\_\_\_\_\_. *Procedimento 312: método para análise de fitoplâncton/DEPAM/IAP Rev 00*. Curitiba, 2007.

LEAL, A. L. Gestão Urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. In: BRAGA, Roberto. *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal da UNESP, 2003. p.65-85.

LEONARDO, H. C. L. Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação sustentável da microbacia hidrográfica do Rio Passo Cue, Região Oeste do Estado do Paraná. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

LIMA, E. B. N. R., *Modelação integrada para a gestão da qualidade da água na bacia do Rio Cuiabá*. 2001. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LONDRINA. Prefeitura Municipal. 2007. Disponível em: <<http://home.londrina.pr.gov.br/homenovo.php?opcao=ambiente&item=baciashidrograficas>>, acesso em 14/12/2007.

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. *Ambiente & Sociedade*, v. 6, n. 2, p. 121-136, jul./dez. 2003.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. *Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MARQUES, R.; SOUZA, L. C. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. *Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados*. Curitiba: Sanepar, 2005. p.161-188.

MOTENEGRO, M. H. TUCCI, C. E. M. Saneamento ambiental no Brasil: *gestão do território e manejo integrado das águas urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005, p. 7-20.

NIEWEGLOWSKI, A. M. A. *Indicadores de qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Toledo, Paraná*. 2006. 237 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

PARANÁ. *Portaria nº 003/1991*: dispõe sobre o enquadramento dos cursos d'água da Bacia do Rio Tibagi. Curitiba, 1991.

POMPEU, C. T. Águas doces no direito brasileiro. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

QUIRÓS, R. *Manejo y recuperación de lagos urbanos*. Buenos Aires: Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires, 2007. (Documento nº 6, Serie de Documentos de Trabajo Del Área se Sistemas de Producción Acuática) Disponível em: <[www.agro.uba.ar/users/quiros/Working/Manejo\\_de\\_Lagos\\_Urbanos.pdf](http://www.agro.uba.ar/users/quiros/Working/Manejo_de_Lagos_Urbanos.pdf)>. Acesso em : 26 abr. 2008.

RAMÍREZ, R. J. J. *Variações espacial vertical e nictemeral da estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais em quatro dias de amostragem de diferentes épocas do ano no Lago das Garças, São Paulo*. 1996. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

REZENDE, W. O.; SANTOS, N. *A água como um bem dotado de valor econômico, jurídico e social*. 2007. Disponível em:  
<<http://www.conpedi.org/manaus/arquivos/Anais/Nivaldo%20dos%20Santos%20e%20Wanessa%20de%20Oliveira%20Rezende.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

RIBEIRO, W. C. A. *Dimensão internacional dos recursos hídricos*, informativo da FFLCH-USP. São Paulo, 2001b.

\_\_\_\_\_. *Ordem ambiental internacional*. São Paulo: Contexto, 2001.

RODRÍGUEZ, M. P. *Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP. (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas*, São Paulo. 2001. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ROSS, J. L. S.; PRETE, M. E. D. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: ancoras do planejamento e gestão ambiental. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, n.12, p. 89-121, 1998.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. L.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

SAWYER, C. N.; McCarty, P. L. M. *Chemistry for environmental engineering*. 3. ed. New York: McGraw-Hill Book, 1978.

SCLIAR, M. *Água é saúde. Saúde pública*. Disponível em:  
<[http://www.educarede.org.br/educa/img\\_conteudo/Agua%20%C3%A9%20sa%C3%BAde.htm](http://www.educarede.org.br/educa/img_conteudo/Agua%20%C3%A9%20sa%C3%BAde.htm)>. Acesso em : 22 set. 2008.

SIG. *Dicionário livre de geociências*. Disponível em:  
<<http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php/SIG>>. Acesso em: 22 set. 2008.

SILVA, N.; NETO R. C; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A., *Manual de métodos de análise microbiológica da água*. São Paulo: Varela, 2005.

TAGIMA, N.; TERABE, N. I., *Minibacia do riacho Cambé: diagnóstico físico-ambiental e mapeamento detalhado de solos*. Londrina: Departamento de geociências. UEL, 2004. 92p.

TUCCI, C. E. M., ORSINI, L. F. Visão da situação nacional das águas urbanas. *In: BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria de Saneamento Ambiental. Gestão do território e manejo integrado das águas urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. p. 243 - 268.

TUCCI, C. M. Água no meio urbano. *In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Org.). Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos: o futuro dos recursos. *Multiciência*, São Carlos, n. 1, out. 2003.

UNESCO, The UN World Water Development Report Water for People, Water for Life, 2003.

VARGAS, M. C. O Gerenciamento integrado de recursos hídricos. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 2, n. 5 1999.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005.

WALDMAN, M. *Recursos hídricos e a rede urbana mundial: dimensões globais da escassez*, João Pessoa: Paraíba, 2002.

WETZEL, R. G. *Limnología*. Barcelona: Omega, 1981.

XAVIER, C. F., Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de Dois Reservatórios da Região Metropolitana de Curitiba-Paraná. 2005.167 f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

## **ANEXOS**

## ANEXO A – Atividade Industrial na área de pesquisa

### Atividade Industrial Area de Pesquisa

Atividade	Numero de estabelecimentos industriais
1 Aparelhamento de pedras para construção e execução	2
2 Beneficiamento de Cereais, exceto arroz	2
3 Beneficiamento de Fibras Texteis vegetais, artific	2
4 Beneficiamento de Madeira	3
5 Calderaria, fabricação de tanques reservatórios e o	2
6 Confeção de roupas, agasalhos,roupas profissionais	132
7 Conservas de carnes	2
8 Conservas de vegetais	1
9 Construção civil em geral	127
10 Curtimento, secagem e salga de couros,peles e sub	1
11 Estamparia e latoaria	1
12 Execução por administração, empreitada ou sub empr.	30
13 Extração de pedras, areias e outros minerais destin.	1
14 Fabricação de aparelhos elétricos para fins terapeuticos eletr	1
15 Fabricação de instrumentos, utensilios/aparelhos, incl,d	1
16 Fabricação de Máquinas motrizes não elétricas e equip. de	1
17 Fabricação de máquinas, aparelhos e equipamentos industriais	8
18 Fabricação de máquinas, ferr, maq. Operatrizes acopl ou n	2
19 Fabricação de outros artigos de couro e peles não especi	2
20 Fabricação de peças e aces para veiculos auto motores, e	1
21 Fabricação ou confecção de outros artefatos de tecidos	3
22 Fabricação de acessórios do vestuário guarda-chuva	5
23 Fabricação de aparelhos e utensilios elétricos par	5
24 Fabricação de aparelhos elétricos para uso doméstico	1
25 Fabricação de artefatos de bambu, vime, junco ou p	2
26 Fabricação de artefatos e outros produtos de pape	1
27 Fabricação de artefatos de papel, papelão e cartol.	5
28 Fabricação de artigos de cutelaria, armas e ferram	3
29 Fabricação de artigos de joalheria, ourivesaria e	4
30 Fabricação de artigos de madeira e artigos de carp	19
31 Fabricação de artigos de mesa, cama, banho, cortina	7
33 Fabricação de artigos plásticos para fins indus	13
34 Fabricação de artigos diversos de madeira, excluem	2
35 Fabricação de balas, caramelos, pastilhas, drops, B	17
36 Fabricação de blocos, placas e outros artigos de C	1
37 Fabricação de brinquedos	1
38 Fabricação de caçambas, metalurgicas e hidraulicas	1
39 Fabricação de Calçados	6
40 Fabricação de canos, tubos, conexões de material pla	2
41 Fabricação de carrocerias para veículos auto motor	2
42 Fabricação de chapas e placas de madeira aglomerad	1

Fonte:Cadastro Imobiliário PML (2007).

Atividade	Numero de estabelecimentos industriais
43 Fabricação de combustível e lubrificantes	1
44 Fabricação de condimentos e essências alimenticias	3
45 Fabricação de equipamentos para instalações indust	2
46 Fabricação de escovas,vassouras, pinceis e semelh	1
47 Fabricação de estruturas metálicas	9
48 Fabricação de graxas, parafinas, vaselina, Água Ras CE	1
49 Fabricação de instrumentos musicais	1
50 Fabricação de laminados e artefatos de borracha	3
51 Fabricação de malas, valises e outros produtos sim	8
52 Fabricação de máquinas, aparelhos e mareriais p/ AG	3
53 Fabricação de máquinas, aparelhos e utensilios ele	3
54 Fabricação de massas alimenticias e biscoitos	15
55 Fabricação de material cerâmico	1
56 Fabricação de mareial de comunicação, inclusive p	4
57 Fabricação de material eletronico, ecluem-se os D	4
58 Fabricação de mebrois artificiais, aparelhos para	2
59 Fabricação de motocicletas, bicicletas motorizadas	3
60 Fabricação de móveis de madeira, vime, junco, domes	18
61 Fabricação de outros artefatos texteis não especificados	3
62 Fabricação de artigos de metais não especific	10
63 Fabricação de outros artigos não especificados	12
64 Fabricação de outros produtos quimicos não especificados	5
65 Fabricação de outros tipos de materiais elétricos	2
66 Fabricação de outros tipos de material plastico NA	5
67 Fabricação de papel, papelão e cartolina	2
68 Fabricação de peças , ornatos e estruturas de cimen	5
69 Fabricação de portas, janelas e etruturas em madeira	1
70 Fabricação de preparos para limpeza, inseticidas e	3
71 Fabricação de produtos de padaria e confeitaria	32
72 Fabricação de produtos farmacêuticos veterinários	3
73 Fabricação de sorvetes, bolos, tortas geladas e seus	11
74 Fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de	1
75 Fabricação de tintas e vernizes	1
76 Fabricação de velas	1
77 Fabricação e ecabamento de móveis e artigos mobili	4
78 Fabricação e montagem de tratores e máquinas de TE	1
79 Fiação e tecelagem	3
80 Impressão de outors materias e serviços gráficos	4
81 Impressão, edição de jornais, livros, edições e RE	24
82 Industria de vetiário, calçados, artefatos de tec	2
83 Instalações elétricas, hidraulicas de gás e sanita	8
84 Malharia, artigos de passamanaria, rendas e bordados	4
85 Mecânica industrial-serv.de usinagem, tornearia	2
86 Moagem de trigo e farinhas diversas	1
87 Outras criações	1
88 Outras industrias mecânicas	3
89 Outros produtos alimenticios	15
90 Outros produtos de artefatos de madeira	3
91 Outros produtos de sabões, velas, farmacêuticos e	1

Fonte: Cadastro Imobiliário PML (2007).

## **ANEXO B – Portaria SUREHMA Nº 003/91 de 21 de março de 1991**

### **BACIA DO RIO TIBAGI**

#### **PORTARIA SUREHMA Nº003/91 DE 21 DE MARÇO DE 1991**

O Superintendente da SUREHMA – Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente, no uso de suas atribuições, que lhe conferem os incisos I, IX e X do Art. 6º do Regulamento aprovado pelo Decreto Estadual nº6589 de 22 de fevereiro de 1990; considerando os incisos III, XI e XX do Art. 6º do Regulamento aprovado pelo Decreto Estadual nº857 de 18 de julho de 1979, acrescentado pelo Decreto Estadual nº4141 de 11 de novembro de 1988 e considerando o Art. 20, alínea “c” da Resolução nº20 de 18 de julho de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

#### **RESOLVE:**

Enquadrar os cursos d’água da **BACIA DO RIO TIBAGI**, conforme abaixo especificado:

**Art. 1º** - Todos os cursos d’água da Bacia do Rio Tibagi, pertencem à **classe “2”**.

**Art. 2º** - Constitui exceção ao enquadramento constante no Art. 1º.

I – Todos os cursos d’água utilizados para abastecimento público e seus afluentes, desde suas nascentes até a seção de captação para abastecimento público, quando a área desta bacia de captação for menor ou igual a 50 (cinquenta) quilômetros quadrados, **tais como** os abaixo relacionados, pertencem à **classe “1”**.

- Rio Jataizinho, manancial de abastecimento público do município de Assaí.
- Rio Água Sete, manancial de abastecimento público do município de Califórnia.
- Arroio São Cristóvão, manancial de abastecimento público do município de Castro.
- Córrego Curiúva, manancial de abastecimento público do município de Curiúva.
- Rio Imbituvinha, manancial de abastecimento público do município de Irati.
- Arroio Bom Jardim do Sul, manancial de abastecimento público da localidade de Bom Jardim do Sul, município de Ivaí.
- Córrego da Chegada, manancial de abastecimento público da localidade de Natingui, município de Ortigueira.
- Rio Formiga, manancial de abastecimento público do município de Ortigueira.
- Rio Quero Quero, manancial de abastecimento público da localidade de Colônia Quero Quero, município de Palmeira.
- Rio Pugas, manancial de abastecimento público do município de Palmeira.
- Arroio Moinho ou Faxinal Grande, manancial de abastecimento público da localidade de Guaragi, município de Ponta Grossa.
- Rio Maromba, manancial de abastecimento público do município de Reserva.
- Córrego Número Um, manancial de abastecimento público da localidade de Angai, município de Teixeira Soares.
- Rio Furneiro, manancial de abastecimento público da localidade de Imbaú, município de Telêmaco Borba.

II - Rio Harmonia e seus afluentes, contribuinte da margem direita do rio Tibagi, município de Telêmaco Borba, até a barragem que pertence à Indústria Klabin do Paraná e Celulose

S/A, que pertence à **classe “1”**.

III - Ribeirão Cambé e seus afluentes, contribuinte da margem esquerda do rio Tibagi, município de Londrina, até o Parque Arthur Thomas, que pertence à **classe “1”**.

IV - Afluentes da margem esquerda do Ribeirão dos Apertados, contribuinte da margem esquerda do Rio Tibagi, município de Londrina, dentro dos limites do Parque Estadual Mata do Godoy, que pertence à **classe “1”**.

V - Rio Quebra Perna, Rio Barrosinho e seus afluentes, contribuintes da margem direita do rio Tibagi, município de Ponta Grossa, que pertence à **classe “1”**.

VI - Rib. Lindóia e seu afluente Rib. Quati, contribuinte da margem esquerda do rio Tibagi, município de Londrina, que pertence à **classe “3”**.

VII – Arroio da Ronda, contribuinte da margem direita do rio Tibagi, município de Ponta Grossa, que pertence à **classe “3”**.

**Art. 3º** - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.