



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Ilha Solteira

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

“Diagnóstico da Influência da Bacia Hidrográfica na  
Qualidade da Água do Ribeirão Baguaçu (Araçatuba,SP)”

***REGINALDO MILANI***

**Orientador:** Prof. Dr. Maurício Augusto Leite

Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia - UNESP – Campus de  
Ilha Solteira, para obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Conhecimento: Recursos  
Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Ilha Solteira – SP  
Abril/2007

## FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

M637d Milani, Reginaldo  
Diagnóstico da influência da bacia hidrográfica na qualidade da água do Ribeirão Bagaçu  
(Araçatuba, SP) / Reginaldo Milani. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007  
96 p. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2007

Orientador: Maurício Augusto Leite  
Bibliografia: p. 82-85

1. Solo - Uso - Planejamento. 2. Bacia hidrográfica do Bagaçu. 3. Água - Qualidade.

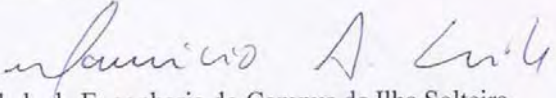
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: Diagnóstico da influência da bacia hidrográfica na qualidade da água do Ribeirão Baguaçu (Araçatuba, SP)**

**AUTOR: REGINALDO MILANI**

**ORIENTADOR: Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE**

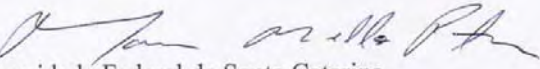
Aprovada com parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE 

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira

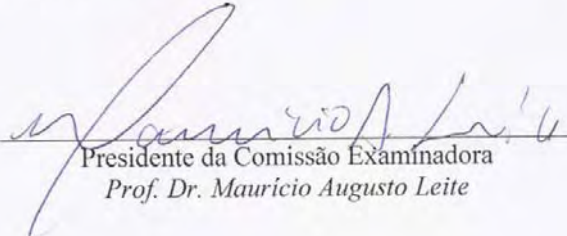
Prof. Dr. DIB GEBARA 

Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira

Prof. Dr. MAURICIO MELLO PETRUCIO 

Departamento de Ecologia e Zoologia / Universidade Federal de Santa Catarina

Data da realização: 04 de abril de 2007.

  
Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Mauricio Augusto Leite

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao Todo Poderoso por ter permitido meu acesso ao conhecimento, reforçando a minha coragem e persistência, ferramentas necessárias para superar as dificuldades e obstáculos a serem vencidos.

A minha esposa e meus filhos, pelo entusiasmo transmitido, apoio incondicional e, nos momentos de maior dificuldade, a inspiração pela busca do conhecimento.

Aos meus pais, que não se encontram entre nós, minha singela homenagem e agradecimentos pela minha existência e caráter.

Ao meu Orientador de Mestrado, Professor Maurício Augusto Leite, pela sua tolerância, compreensão, pelos conselhos valiosos e principalmente por compartilhar comigo o seu vasto conhecimento.

Aos Professores Tsunao Matsumoto, Edson Tangerino, Dib Gebara, Sérgio Luiz de Carvalho e Fernando Tangerino Hernandez pela transmissão de conhecimentos técnicos, fundamentais para a conclusão da minha pesquisa.

À SABESP de Lins-SP, na pessoa do sr. Oswaldo Fernandes Junior, Gerente da Divisão de Controle Sanitário de Lins – RTOC e sr. Lircio Moreti, Encarregado de Laboratório, que viabilizaram a execução de análises das amostras coletadas durante a pesquisa.

Ao engenheiro agrônomo Antonio J. Torres e demais membros da Casa da Agricultura de Araçatuba, pelo apoio incondicional as minhas atividades realizadas na bacia do ribeirão Baguaçu, através das informações do Projeto Lupa.

Ao meu grande amigo, sr. Mozart do Prado, pelo incentivo, entusiasmo e colaboração na coleta e transporte das amostras.

Aos alunos do Curso de Ciências Biológicas da FEIS – UNESP, Rafael Rodrigues Freire e Adrislaine da Silva Mansano, pelo auxílio nas coletas de campo.

Ao amigo, arquiteto Mauro Garcia Rico, pelo incentivo, auxílio e paciência na execução dos trabalhos de mapeamento da bacia.

Ao engenheiro civil Reinaldo Murakami (SANEAR) pelo apoio com o laboratório de análises da ETE-Araçatuba e auxílio na coleta de amostras.

Às engenheiras Rosa e Maria Laura do DAEE-SP pelo fornecimento dos dados pluviométricos e fluviométricos atualizados da bacia.

Ao DAEEA-Araçatuba por permitir a coleta de amostra no ponto 3, captação das ETA's 1 e 2.

A minha família *Emilia Maria, Bruna e Daniel*  
Dedico essa conquista

*“ Água que faz inocente riacho e deságua na corrente do ribeirão..  
Águas escuras dos rios que levam a fertilidade ao sertão...  
Águas que banham aldeias e matam a sede da população.....”*

*Guilherme Arantes ( Planeta Água)*

## RESUMO

A bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu é uma sub-bacia do rio Tietê, situada na região oeste do Estado de São Paulo. O ribeirão Baguaçu percorre quatro municípios da região (Coroados, Birigüi, Bilac e Araçatuba) sendo sua nascente localizada no município de Coroados. Com uma área de drenagem de 585,06 km<sup>2</sup>, a bacia do ribeirão Baguaçu recebe efluentes de ETE's dos municípios de Bilac (por meio de seu tributário, o córrego Colônia) e de Araçatuba, bem como efluentes de algumas indústrias, sendo que, um grande trecho de seu percurso está inserido na zona urbana de Araçatuba. A maior parte do uso e ocupação da bacia apresenta-se explorado pela agricultura e pecuária, com pouca presença de matas ciliares, ocasionando dessa forma processos erosivos e conseqüentes assoreamentos, que aliados aos lançamentos de esgoto sanitário "in natura", podem comprometer significativamente a qualidade das águas desse corpo hídrico. No presente trabalho, propõe-se diagnosticar a influência do uso e ocupação da bacia hidrográfica na qualidade da água do Ribeirão Baguaçu, onde amostras de água foram coletadas em cinco pontos de amostragem, em quatro coletas (quatro estações do ano), sendo confeccionado com este material o Índice de Qualidade da Água da National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, adaptado pela CETESB. Também foram realizadas medições de vazão e de precipitação pluviométrica nos pontos utilizados pelo Departamento de Água e Energia Elétrica-DAEE-SP, como variáveis auxiliares na análise da qualidade da água do curso d'água.

**Palavras-chave:** Uso e ocupação do solo, bacia hidrográfica do Baguaçu, IQA.

## **ABSTRACT**

Baguaçu stream watershed is one of the Tietê river main watershed, located in northwestern of São Paulo State. Baguaçu stream runs through four cities (Coroados, Birigüi, Bilac and Araçatuba) and its headwater is located in Coroados County. With a drainage area of 585,06 km<sup>2</sup>, Baguaçu stream watershed receives effluents of sewage plant from Bilac county (through Colônia stream) and from Araçatuba, as well, some effluents from some industries. The main part of the land use is explored by agriculture and cattle breeding, with a small presence of riparian forests, causing erosion and sand accumulation on water body, which connected to the discharging of sewage, could affect the water quality of the river. In this work, we propose to diagnose the influence of land use of the watershed in the Baguaçu stream, collecting water samples in five sampling stations, in four months (four seasons), being this material used for determine Water Quality Index (U.S. National Sanitation Foundation), adapted by CETESB. Water flow and rainfall data were determine at the points by Department of Water and Electric Energy-DAEE-SP as auxiliary variable in the the water quality analysis.

**Key-words :** Land use , Baguaçu watershed, WQI.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1/1-A - Curvas médias de variação de qualidade das águas- Oxigênio Dissolvido/Temperatura	24
Figura 2/2-A – Curvas médias de variação de qualidade das águas – Fósforo Total/ Nitrogênio Total	25
Figura 3/3-A – Curvas médias de variação de qualidade das águas – Coliformes Fecais/pH	26
Figura 4/4-A – Curvas médias de variação de qualidade das águas – DBO/Turbidez	27
Figura 5 – Curva média de variação de qualidade da água – Resíduo Total	28
Figura 6 – Localização da Bacia Hidrográfica do ribeirão Baguaçu no Estado de São Paulo.	30
Figura 7 – Mapa da Bacia do ribeirão Baguaçu, com localização dos pontos de coleta	31
Figura 8 – Ponte sobre o ribeirão Baguaçu, no Bairro Baguaçu	35
Figura 9 – Ponte sobre o ribeirão Baguaçu, em Birigüi-SP	35
Figura 10- Barramento das ETA's 1 e 2 do DAEA, em Araçatuba-SP	36
Figura 11- Ponto à jusante do lançamento ETE-Araçatuba	36
Figura 12- Foz do ribeirão Baguaçu com o rio Tietê	37
Figura 13- Termômetro de álcool	39
Figura 14- pHmetro PHTEK de campo	39
Figura 15- Turbidímetro de bancada marca HACH-2100AN	40
Figura 16- Estufa de secagem	40
Figura 17- Cápsulas de porcelana com capacidade de 100 mL	41
Figura 18- Vaporizador marca QUIMIS, modelo Q/334/28	41
Figura 19- Incubadora de amostras de DBO	42
Figura 20- Titulador de Tiosulfato marca BOECO, modelo DCB2500	42
Figura 21- Placas de meio de cultura 3M, em estufa bacteriológica	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relatório CETESB- Águas Interiores	15
Tabela 2- Parâmetros e Percentuais para determinação do IQA	23
Tabela 3- Classificação da Qualidade da água em função do IQA	28
Tabela 4- População total da bacia do ribeirão Baguaçu	34
Tabela 5- Métodos de análise	37
Tabela 6- Cronograma de coleta de amostras	38
Tabela 7- Parâmetros hidrológicos e fisiográficos da sub-bacia do ponto n° 1	44
Tabela 8 Parâmetros hidrológicos e fisiográficos da sub-bacia do ponto n° 2	46
Tabela 9 Parâmetros hidrológicos e fisiográficos da sub-bacia do ponto n° 3	48
Tabela 10- Parâmetros hidrológicos e fisiográficos da sub-bacia do ponto n°4	49
Tabela 11-Parâmetros hidrológicos e fisiográficos da sub-bacia do ponto n° 5	51
Tabela 12- Áreas de uso e ocupação pela agricultura, na bacia do ribeirão Baguaçu	54
Tabela 13- Uso e ocupação da bacia do ribeirão Baguaçu pela pecuária e animais	55
Tabela 14- Distribuição das economias na bacia do Baguaçu, em Araçatuba-SP	57
Tabela 15- Quadro de áreas existentes e à recompor da mata ciliar do ribeirão Baguaçu e córregos tributários	59
Tabela 16- Dados Pluviométricos da bacia do ribeirão Baguaçu-posto C7-073(DAEE)	60
Tabela 17- Dados fluviométricos do ribeirão Baguaçu – posto 7C-014(DAEE)	60
Tabela 18- Distribuição dos resultados de Temperatura nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	61
Tabela 19- Distribuição dos resultados dos Sólidos Totais nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	63
Tabela 20 – Distribuição dos resultados da Turbidez nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	64
Tabela 21- Distribuição dos resultados de pH nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	66
Tabela 22- Distribuição dos resultados de Nitrogênio total nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	68
Tabela 23- Distribuição dos resultados de Fósforo total nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	70

Tabela 24- Distribuição dos resultados de DBO nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	72
Tabela 25- Distribuição dos resultados de OD nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	74
Tabela 26- Distribuição dos resultados de Coliformes fecais nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta	75
Tabela 27- Classificação do IQA nos pontos de coleta do ribeirão Baguaçu	78

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação espacial e temporal da temperatura nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	62
Gráfico 2– Variação espacial e temporal da concentração de Coliformes fecais nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	64
Gráfico 3- Variação espacial e temporal da concentração de Turbidez nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	66
Gráfico 4- Variação espacial e temporal da concentração de pH nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	67
Gráfico 5- Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio total nos pontos 1,2,3 e 5 do ribeirão Baguaçu	69
Gráfico 5-A- Variação espacial e temporal da concentração de nitrogênio total no ponto 4 do ribeirão Baguaçu	69
Gráfico 6- Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo total nos pontos de amostragem 1,2,3 e 5 do ribeirão Baguaçu	71
Gráfico 6-A- Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo total no ponto 4 do ribeirão Baguaçu	71
Gráfico 7- Variação espacial e temporal da concentração de DBO nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	73
Gráfico 8- Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu	75
Gráfico 9- Variação espacial e temporal da concentração de Coliformes fecais nos pontos de amostragem 1,2,3 e 5 do ribeirão Baguaçu	76
Gráfico 9-A- Variação espacial e temporal da concentração de Coliformes fecais no ponto de amostragem 4 do ribeirão Baguaçu	77

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA	16
3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	18
3.3 ÁGUA E POLUIÇÃO	19
3.4 MECANISMO DE AUTO DEPURAÇÃO DAS ÁGUAS	20
3.5 INDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)	22
3.6 CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA	30
4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	32
4.1.1.1 Geologia da Bacia do ribeirão Baguaçu	32
4.1.1.2 Geomorfologia da Bacia do ribeirão Baguaçu	32
4.1.1.3 Pedologia da Bacia do ribeirão Baguaçu	33
4.2 CARACTERÍSTICAS SÓCIO ECONÔMICAS	34
4.3 AMOSTRAGEM	35
4.4 MÉTODOS DE ANÁLISE	37
4.5 MÉTODO DE COLETA	38
4.6 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 DADOS HIDROLÓGICOS E FISIAGRÁFICOS DA BACIA	43
5.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	52
5.2.1 Agricultura na Bacia do ribeirão Baguaçu	52
5.2.2 Situação da Pecuária e Animais na Bacia do ribeirão Baguaçu	55
5.2.3 Uso e ocupação da Bacia pelas Áreas Urbanas	55
5.2.4 Situação da Bacia Hidrográfica quanto à Erosão	57
5.2.5 Situação da Bacia Hidrográfica quanto à Mata Ciliar.	58
5.3 VAZÃO E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DE ESTUDO DA BACIA	59
5.4 PARÂMETROS DO IQA	61

5.4.1 Parâmetros Físicos	61
Temperatura	61
Sólidos Totais	62
Turbidez	64
5.4.2 Parâmetros Químicos	66
Potencial Hidrogeniônico (pH)	66
Nitrogênio Total	68
Fósforo Total	70
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	72
Oxigênio Dissolvido (OD)	73
5.4.3 Parâmetros Biológicos	75
Coliformes Fecais ( <i>Escherichia coli</i> )	75
5.5 TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DO IQA	77
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
7. CONCLUSÕES	80
8. RECOMENDAÇÕES.	81
9 BIBLIOGRAFIA	82
APÊNDICE	86
Anexo A – Resultado das análise de água por ponto de coleta	87
Anexo B - Cálculo do IQA do rib. Baguaçu (Memória de cálculo)	89
Anexo C – Mapa da bacia do ribeirão Baguaçu- Agric. e Manchas Urbanas	96

## 1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo tem-se como reconhecida na hidrologia a existência de ligações entre as características físicas de uma bacia hidrográfica e a quantidade e qualidade da água que chega aos corpos hídricos. Às atividades humanas, que impactam os recursos hídricos das bacias hidrográficas, dá-se o nome de ações antrópicas.

O gerenciamento dos recursos hídricos originou-se da percepção de que os ecossistemas aquáticos são essencialmente abertos, trocam energia e matéria entre si e, com os sistemas terrestres adjacentes, sofrem alterações de diferentes tipos em virtude dos usos e ocupação do solo e das atividades antropogênicas nelas desenvolvidas (ROCHA - 1996).

Assim, nos programas de proteção dos recursos hídricos não se deve considerar o corpo de água isoladamente, mas como integrante de um ambiente completo, que forma a sua bacia hidrográfica. Como exemplo, pode-se citar o processo de urbanização de um ambiente natural, transformando-se gradativamente. Com o aumento da urbanização, ocorrem alterações nos ambientes naturais, tais como o desmatamento, a impermeabilização do solo, os movimentos de terra, principalmente no que se refere ao aterramento de áreas baixas ou alagadas.

A vegetação representa um importante papel, pois ela é reguladora dos fluxos de água, controlando o escoamento superficial e proporcionando a recarga natural dos aquíferos. O desmatamento provoca um desequilíbrio nesse sistema resultando em mais escoamento superficial das águas, carreando os materiais para os corpos hídricos, alterando-os ecologicamente. Anualmente, uma cultura de algodão perde 38 toneladas de solo por hectare, enquanto uma cultura de café perde 1,1 tonelada de solo por hectare (Leinz - 2001). O assoreamento torna-se inevitável, com conseqüente diminuição da calha de escoamento ou da capacidade de armazenamento dos mananciais, sendo que os subterrâneos, nessa situação, ficam comprometidos quanto à infiltração para recarga dos mesmos.

Há também que se considerar as fontes de poluição difusa, principalmente em áreas rurais da bacia, ocupadas para prática da agricultura, promovendo a degradação dos mananciais proveniente do deflúvio superficial de produtos utilizados em áreas agrícolas, carreando solo para os corpos hídricos, com uma elevação no aporte de nitrogênio e fósforo advindo da adubação das lavouras, provocando um aumento da produção primária das plantas macrófitas e algas.

Além dos nutrientes, é necessário também considerar a contribuição dos agroquímicos e dos metais pesados, que devido às aplicações em quantidade excessiva, tem demonstrado resultados negativos quanto a qualidade da água nas bacias hidrográficas.

Com relação às áreas urbanas, caso ocorra um aumento da população acompanhadas do desenvolvimento industrial e da intensificação de outras atividades humanas, ocorrerá uma maior utilização dos recursos hídricos e a produção de resíduos, que muitas vezes são devolvidos aos corpos de água sem o tratamento adequado, provocando sua poluição.

A preocupação e o interesse da sociedade brasileira com a preservação do meio ambiente está refletida tanto na Constituição Federal como nas Constituições Estaduais. Em todas, há itens específicos referentes ao meio ambiente em geral e recursos hídricos em particular.

Para atender aos anseios da sociedade, foi instituída através da Lei nº 6938, de 31/08/81, o Plano Nacional do Meio Ambiente, que criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) como órgão consultivo e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), órgão federal responsável pela coordenação e execução da política ambiental. Ainda no âmbito Federal, a Lei nº. 9433 de 08/01/1997 também trata a bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento de recursos hídricos.(CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA-2006).

No Estado de São Paulo, as leis referentes aos recursos hídricos são bastantes específicas, motivadas pelo fato de que, pela sua maior população, é potencialmente o Estado mais poluidor do País.

A Lei Estadual nº 10.020 de 03/07/1992, dispõe sobre diretrizes e normas para proteção e recuperação das bacias hidrográficas. (ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO- 2006).

Embora existam leis específicas para os recursos hídricos, nos últimos quatro anos, os resultados obtidos pela análise de águas interiores no Estado de São Paulo apontam para um declínio de qualidade da água (IQA) nos pontos de coleta em todo o Estado, com avaliações de ruim a péssima em quase 30% dos pontos amostrados (CETESB, 2002). Em 2003, a CETESB constatou, para o Índice de Vida Aquática (IVA) uma piora em quase 40% dos pontos coletados (CETESB, 2004).

Com relação à sub-bacia do ribeirão Baguaçu, os resultados obtidos pela CETESB para coleta no ponto BAGU 02700 à jusante da captação de água do Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba- DAEA, indicam uma melhora nos itens Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ao longo de 2002, 2003 e 2004. Por outro lado, o Índice de Vida Aquática (IVA) indicou qualidade Ruim em 2003 e 2004 e o Índice de Estado Trófico (IET) demonstrou uma piora de 2003 para 2004. Isso é explicado em função das altas concentrações de clorofila e fósforo encontradas em 2004, atingindo o IET o valor de 59,11 (eutrófico). Quanto ao IVA, em 2004, alcançou o valor de 4,8 (RUIM) ocasionado pelos baixos índices de oxigênio dissolvido e altos níveis de substâncias químicas e IET (75%). Em 2003, apesar de atingir o valor de 5,4, o IVA foi RUIM pelo oxigênio dissolvido baixo, pH baixo e alta toxicidade da água (Relatório CETESB-Águas Interiores -2003 e 2004), conforme demonstra a Tabela nº 1:

*Tabela 1 – Relatório CETESB – Águas Interiores*

<b>ANO</b>	<b>OD (mg/L)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>IVA</b>	<b>IET</b>
<b>2002</b>	<b>5,1</b>	<b>4,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>2003</b>	<b>5,2</b>	<b>3,0</b>	<b>RUIM</b>	<b>53,22(mesotr.)</b>
<b>2004</b>	<b>5,6</b>	<b>2,0</b>	<b>RUIM</b>	<b>59,11(eutrof.)</b>

(FONTE – RELATÓRIO CETESB – ÁGUAS INTERIORES 2002 /2003 /2004).

Deve-se salientar que do ribeirão Baguaçu são retirados aproximadamente 1.700.000 de m<sup>3</sup> mensais de água bruta para abastecimento, ou seja, 85% do total consumido (DAEA-2006), o que demonstra sua grande importância para a cidade de Araçatuba.

## 2. OBJETIVO

Os objetivos desse trabalho foram:

1 – Determinação do Índice de Qualidade da Água (IQA) com base na metodologia da National Sanitation Foundation dos Estados Unidos adaptada pela CETESB;

2 – Diagnosticar a influência do uso e ocupação da bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu no IQA, por meio de observações dos impactos potenciais e reais.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

### 3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

Podemos apresentar como a definição mais ampla sobre bacia hidrográfica aquela apresentada por Silveira (2004), que a considera como um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitada e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e também os infiltrados profundamente.

De acordo com Lima (1994) uma bacia hidrográfica é um sistema geomorfológico aberto que recebe energia através de agentes climáticos e perde através do deflúvio. A bacia hidrográfica como sistema aberto pode ser descrita em termos de variáveis independentes, oscilando em torno de um padrão e desta forma, uma bacia quando não perturbada por ações antrópicas, encontra-se em equilíbrio dinâmico.

A bacia hidrográfica é ainda delimitada por dois tipos de divisores de água: divisor freático e divisor topográfico. O divisor freático é, em geral, determinado pela estimativa geológica dos terrenos, sofrendo influência da topografia. Ele estabelece os limites dos reservatórios de água subterrânea, de onde é derivado o deflúvio básico da bacia. Por outro lado, o divisor topográfico consiste na linha imaginária que acompanha as maiores altitudes locais e topos de morros, separando uma bacia da outra (TONELLO, 2005).

Diferenciam-se as bacias hidrográficas pela variação de suas características fisiográficas, quais sejam: a forma da bacia, o relevo, seus padrões de drenagem e cobertura vegetal. Dependendo dos parâmetros forma, compacidade, densidade de drenagem, declividade e tempo de concentração será o comportamento hidrológico da bacia.

Para tanto, é possível calcular o chamado **fator de forma (Kf)**, que é a relação entre a largura média (**Lm**), obtido pela equação 2 ( divisão da Área da bacia A, pelo comprimento axial L da mesma) e o comprimento axial da bacia (**L**). Mede-se o comprimento axial da bacia (L) desde a desembocadura até a cabeceira mais distante dela.

$$Kf = \frac{Lm}{L} \quad (1) \quad \text{e} \quad Lm = \frac{A}{L} \quad (2)$$

Portanto, reescrevendo em termos de área, o Kf é dado pela equação 3 abaixo:

$$Kf = A/L^2 \quad (3)$$

Esse fator de forma é indicativo das tendências de enchentes numa bacia. Um fator de forma baixo é menos sujeito às enchentes, pois indica uma bacia mais

elíptica, ou seja, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão.

Outro parâmetro utilizado é o **coeficiente de compacidade** ou índice de Gravelius (**Kc**) que é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de área igual a da bacia, apresentado pela equação 4.

$$Kc = \frac{0,28P}{\sqrt{A}} \quad (4) \text{ onde } P \text{ é perímetro e } A \text{ é a área da Bacia.}$$

Esse coeficiente é adimensional, e tanto mais próximo será de sua forma circular quanto o mesmo se aproximar da unidade (1). Quanto maior o **Kc** mais irregular será a bacia, portanto, menos susceptível às enchentes.

Os padrões de drenagem definem a ordem dos cursos d'água (Leis de Horton) e a **densidade de drenagem**, definida como a razão entre o comprimento total dos cursos de água de uma bacia e sua área, definida pela equação 5:

$$D = \frac{Lt}{A} \quad (5) \text{ onde, } Lt \text{ é o somatório dos comprimentos de}$$

todos os canais da bacia, incluindo o canal principal.

Um valor alto para **D** indica uma densidade de drenagem relativamente alta, o que vale dizer, uma resposta rápida da bacia a uma precipitação.

Segundo Villela,(1975) índices em torno de 0,5 Km/Km<sup>2</sup> indicariam uma drenagem pobre,entretanto índices maiores que 3,5 Km/Km<sup>2</sup> indica bacias excepcionalmente bem drenadas.

O relevo também é importante, uma vez que, grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração.

Ainda, dentro do estudo dos índices fisiográficos de uma bacia hidrográfica, pode-se destacar a obtenção da **Declividade Equivalente (De)**, isto é, aquela declividade constante cujo tempo de translação, para um mesmo comprimento do curso d'água em planta, seria igual ao do perfil acidentado natural. A partir da fórmula de Chezy que aponta o tempo como uma função do inverso da raiz quadrada da declividade, chega-se à Declividade Equivalente (De) constante, demonstrada pela equação 6:

$$De = \left[ \frac{L}{\sum l_j I_j^{-1/2}} \right]^2 \quad (6)$$

Sendo:

De = Declividade equivalente.

L = Comprimento total em planta, do curso d'água.

l<sub>j</sub> e I<sub>j</sub> = Comprimento e declividade de cada sub-trecho considerados no cálculo. (SILVEIRA-2004).

Outro parâmetro fisiográfico importante a ser considerado na bacia hidrográfica é o **Tempo de Concentração (Tc)**, conhecido também como tempo de chuva de projeto ou duração da chuva crítica. O método adotado para cálculo dos tempos de concentração das sub-bacias do ribeirão Bagaçu será o da formula empírica, equação 7, do "California Culverts Practice".

$$T_c = 57 \left( \frac{L^2}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (7)$$

Onde:

$T_c$  = tempo de concentração (minutos).

$L$  = comprimento do talvegue do curso d'água (km).

$\Delta h$  = diferença de nível (metros).

A cobertura vegetal, e em particular as florestas e culturas da bacia hidrográfica, vem juntar a sua influência às de natureza geológicas do terreno, condicionando a maior ou menor rapidez do escoamento superficial. Também exerce influência na taxa de evaporação da bacia com uma ação regularizadora dos caudais, sobretudo nos climas secos, além de importância na contenção da erosão dos solos.

### 3.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.

Uma bacia hidrográfica representa o entrelaçamento entre atividades biofísicas e sócio-econômicas, que contemplam atividades agrícolas, industriais, comunidades, serviços, facilidades recreacionais, formações de vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas; enfim, todos os habitat's e unidades da paisagem. Está limitada pela linha topográfica que une seus pontos de maior altitude, que definem os divisores de água entre uma bacia e sua adjacente (ROCHA – 1996).

O desenvolvimento econômico da bacia hidrográfica decorrente da industrialização afeta a ocupação da terra dos municípios ao longo dos rios. As explorações das áreas de várzeas caracterizam-se pela captação de água para abastecimento urbano e industrial, pela urbanização, pela industrialização, pelas atividades agropecuárias, pelo lazer e pela extração mineral. A intensificação do uso da terra tem gerado inundações, poluição das águas, modificação da geometria dos rios que, seguramente promoverá mudança no uso da bacia.(AGOSTINI.-2001)

No passado, a ocupação do homem na bacia foi realizado com pouco planejamento, tendo como objetivos o mínimo custo e o máximo benefício de seus usuários, sem maior preocupação com a preservação do meio ambiente. Na população, criou-se uma preocupação maior com a quantificação do impacto que a exploração humana provoca na bacia, para que sejam estabelecidas medidas preventivas que minimizem os danos à natureza.

O planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade em uma sociedade com usos cada vez mais crescentes da água e tende a ocupar espaços com riscos de inundação, além de danificar o seu meio. A ocupação da bacia pela população gera duas preocupações distintas: a) o impacto do meio sobre a população através das enchentes; b) o impacto do homem sobre a bacia, mencionado na preservação do meio ambiente.

A ação do homem no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço na bacia, requer cada vez mais uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais na bacia, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados. (BENETTI, 2004).

### 3.3 ÁGUA E POLUIÇÃO

De todos os recursos naturais que o homem dispõe, o mais importante é a água, visto que, é o elemento vital à sua sobrevivência. Segundo Mota (1995), o homem necessita de água em suas múltiplas atividades, resultando assim, na utilização cada vez maior dos recursos hídricos. Isto tem resultado em problemas de toda sorte, não só pela sua carência em quantidade como também de degradação da sua qualidade. Observe-se que o Estado de São Paulo apresenta 22 UGRHI( Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos) e dispõe de  $2.220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  de recursos hídricos de superfície. Porém o potencial subterrâneo é considerado muito bom em pelo menos 2/3 do território paulista, estimando-se em  $1.285 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  o escoamento que aflui aos rios após percolar pelos aquíferos (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO-1992).

Sabe-se que, de todo esse potencial de recursos hídricos, a demanda atinge apenas  $353 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , assim destinados:  $87 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para abastecimento urbano,  $112 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para uso industrial e  $154 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para irrigação. Calcula-se que nos próximos 30 anos haja um significativo aumento no uso da água, com a seguinte projeção:  $900 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na demanda global, sendo  $220 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para abastecimento urbano,  $190 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para o uso industrial e  $490 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para irrigação. (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, op cit).

Entretanto, a exploração da natureza pelo homem afeta toda a biosfera, alterando o equilíbrio nela existente. Com relação à água, muitas são as atividades, que causam a sua poluição, e podem ser entendidas como alterações das características físicas, químicas ou biológicas das águas naturais decorrentes de atividades humanas. (BENETTI-2004).

Conceitualmente, existe uma distinção entre os termos “poluir” e “contaminar”. Poluir significa conspurcar, sujar, enquanto contaminar significa envenenar, infectar. Modernamente, poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais ao meio aquático, e quando tais alterações colocam em risco a saúde dos elementos da biota ou do ser humano que dele faz uso, a poluição passa a denominar-se contaminação (LIBÂNIO-2005).

Embora os conceitos de poluição e contaminação por vezes não sejam tão nítidos, pode-se afirmar que a poluição dos corpos de água sucede-se de forma pontual ou difusa e por origem natural ou antrópica. A poluição pontual se manifesta de forma concentrada no espaço por meio de lançamento de efluentes domésticos e industriais em corpos hídricos ou da contaminação de um manancial subterrâneo por postos de combustíveis.

A poluição difusa, por sua vez, distribui-se ao longo da extensão do curso de água ou do perímetro do reservatório, manifestando-se no carreamento de resíduos pela lixiviação do solo, sendo por isso, de mais difícil controle. (LIBÂNIO-2005.).

Quanto à poluição natural das águas, ela ocorre com o arraste, pelas águas das chuvas, de partículas orgânicas e inorgânicas do solo, resíduos de animais silvestres, folhas e galhos de árvores e vegetação em decomposição. Também pelas características do solo, por onde percolam as águas subterrâneas que abastecem os corpos de água superficial. Esse tipo de poluição dificilmente altera as características das águas de forma a torná-las impróprias para o abastecimento humano (BASSOI.-2005).

Por outro lado, a poluição antrópica ocorre por meio do lançamento de esgotos domésticos, industriais ou de áreas agrícolas. A poluição devida aos efluentes industriais tem características qualitativas e quantitativas bastante diversificadas, dependendo da natureza do processo industrial. Seus efluentes podem conter elevadas concentrações de matéria orgânica, sólidos em suspensão, metais pesados, compostos tóxicos, microrganismos patogênicos, substâncias teratogênicas, mutagênicas, cancerígenas, etc.(BASSOI, op cit).

### 3.4 MECANISMO DE AUTODEPURAÇÃO DAS ÁGUAS

O aumento das populações humanas, cada vez mais densas em alguns pontos da superfície terrestre, geralmente concentradas em regiões próximas aonde a água é disponível, ou seja, em torno dos lagos ou ao longo dos rios, deu origem ao problema de poluição dos cursos d'água pelos seus próprios dejetos. De fato, mesmo sendo fonte de abastecimento de água para sua sobrevivência, representam o veículo natural para o escoamento dos produtos indesejáveis de atividades humanas, não só domésticos como também industriais.

Dessa forma, como as populações não param de crescer, os mananciais vão se tornando impróprios para o consumo. Diante desse quadro, restam duas únicas soluções para o problema: o tratamento da água e o tratamento do esgoto. Tratar esgoto é, principalmente, oxidá-lo.

É transformar seus componentes em compostos simples, em sais minerais e gás carbônico através de reações enzimáticas promovidas por microrganismos que se desenvolvem e proliferam rapidamente, no esgoto rico em substâncias orgânicas que lhes servem de alimento. (BRANCO- 1969)

Esses processos podem ser observados na própria natureza, no curso de um rio ou no volume de um lago poluído por despejos orgânicos. É chamado autodepuração dos cursos d'água, cujos princípios vem sendo meticulosamente estudados com duas finalidades básicas: a primeira, de conhecer o potencial depurador dos corpos d'água e avaliar a carga que ele poderá receber sem prejuízo da fauna e flora que o habitam; a segunda, de aplicar os mesmos princípios nas modernas instalações de tratamentos de esgoto (BRANCO, op cit).

Em termos mais amplos, o fenômeno da autodepuração está vinculado ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos afluentes. De forma mais específica, na autodepuração, os compostos orgânicos são convertidos em compostos inertes e não prejudiciais do ponto de vista ecológico. (VON SPERLING,1996)

A matéria poluidora que atinge um curso d'água sofre um processo natural de neutralização que inclui, principalmente, a diluição, a sedimentação e a estabilização química, processo que recebe o nome de auto-depuração.

Deve-se salientar que, no fenômeno da autodepuração de um corpo hídrico, dentre os constituintes mais importantes em termos de avaliação do impacto na qualidade da água, destacam-se a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e o oxigênio dissolvido (OD) na água.

Eiger (2003) enfatiza que a DBO usualmente referida corresponde à oxidação metabólica da matéria orgânica, da qual resulta principalmente gás carbônico, água e amônia. Esse tipo de DBO é também conhecida como DBO carbonácea. Adicionalmente, a oxidação biológica da amônia em nitrato é denominada nitrificação, e o oxigênio necessário para tanto é quantificado pela DBO nitrogenada.

Quanto à concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água, esta resulta de um balanço entre a quantidade consumida, a quantidade produzida, a quantidade injetada e a massa resultante do meio. A quantidade consumida é função da DBO, que caracteriza o despejo que ocorre em todos os pontos do escoamento, inclusive no leito (demanda bentônica), bem como, haver consumo de oxigênio pela respiração dos organismos fotossintetizadores (na ausência de luz).

Com relação às fontes produtoras, destacam-se a difusão do oxigênio atmosférico para o meio aquático (exógeno) e a produção de oxigênio pelos organismos fotossintetizadores (endógeno). Conhecidas as quantidades produzidas e consumidas de oxigênio, um balanço de massa possibilita a obtenção de uma equação diferencial para o cálculo do teor de oxigênio dissolvido na água.

Segundo Suter e Whiple, 1954 apud Branco(1969), podem ser reconhecidas quatro zonas de auto-depuração ao longo de um curso d'água que receba forte contribuição em esgoto: zona de degradação, zona de decomposição ativa, zona de recuperação e zona de águas limpas.

**Zona de Degradação** – essa zona tem início no ponto de lançamento dos despejos orgânicos. Imediatamente a água torna-se turva, de cor acinzentada, havendo formação de depósitos de partículas no fundo. A decomposição neste ponto ainda não iniciou ou se dá em pequena escala em pontos mais a jusante, podendo mesmo ser encontrado oxigênio dissolvido, o que possibilita a presença de peixes, que para lá afluem em busca de partículas para alimento. Nos pontos mais a jusante, inicia-se a proliferação bacteriana, originando bactérias aeróbicas. O teor de gás carbônico segue numa curva inversa à do Oxigênio Dissolvido (OD), sendo tanto maior quanto menor OD houver. Os compostos nitrogenados complexos, também são elevados.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) produzida por todo esse material orgânico em decomposição atinge um máximo no ponto de lançamento, decrescendo em seguida. As bactérias de vida livre, do esgoto, atingem também cifras máximas nessa primeira zona, sendo comum densas massas de *Sphaerotilus*. São igualmente abundantes alguns protozoários, como certas formas de ciliados, colônias do gênero *Vorticella*, *Epistylis* e *Carchesium*.

As algas são raras pela absoluta ausência de luz, cuja penetração é impedida pelo excesso de turbidez. Com o aumento da população bacteriana, acelera o consumo de oxigênio para oxidação ou respiração, sendo que, ao atingir 40% de sua saturação, inicia-se, nesse ponto, a zona seguinte.

**Zona de decomposição ativa** – esta zona só pode ser reconhecida em corpos hídricos que recebam fortes cargas de esgoto, visto que, tem acentuada cor acinzentada e depósitos de lodo escuros no fundo, com ativo mau cheiro. No meio dessa zona, o oxigênio dissolvido é totalmente consumido pelas bactérias, fungos e outros organismos aeróbios, criando assim um meio anaeróbio em toda a massa de água. Nos pontos de maior concentração de lodo orgânico, desaparece a vida aeróbia, surgindo em seu lugar flora e fauna com respiração intramolecular e dá origem ao desprendimento de bolhas contendo gases, tais como: metano, gás sulfídrico, mercaptanas e outros responsáveis pelo mau cheiro característico de ambientes sépticos.

O nitrogênio nessa zona é abundante, ainda na forma orgânica, mas predominantemente na forma de amônia que pode iniciar sua oxidação a nitritos. Vencida a demanda de oxigênio (DBO), o mesmo reaparece até atingir 40% de saturação, quando então inicia a zona seguinte (BRANCO, op cit).

**Zona de Recuperação** – por essa zona, a seqüência é inversa à zona de degradação, ou seja, inicia-se no ponto em que o Oxigênio Dissolvido (OD) atinge 40% de saturação estendendo-se até o ponto em que o teor inicial de oxigênio, próprio das águas limpas, seja restabelecido. Isso se explica pelo saldo de oxigênio que é introduzido na água pela atmosfera através da superfície, ou por organismos fotossintetizantes que proliferam em número cada vez maior.

As águas se apresentam mais claras, não se verificando o desprendimento de gases ou de mau cheiro. Também nessa zona, são mineralizados os compostos de nitrogênio, fósforo, enxofre, etc. que são oxidados até se transformarem em substâncias estáveis como fosfatos, sulfatos e nitratos. Tal presença fertiliza o meio e permite o desenvolvimento de vegetais fotossintetizantes como algas e outras plantas, que por sua vez, constituem alimentação adequada a toda série de animais microscópicos que habitam as águas doces. Nesse ambiente, começam a aparecer os peixes mais tolerantes.

**Zona de Águas Limpas** – nesta zona, as águas atingem as condições normais existentes antes de se dar a poluição, pelo menos no que diz respeito ao oxigênio dissolvido (OD), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e aos índices bacteriológicos, porém, devido a alta mineralização verificada na zona anterior, as águas se tornam muito férteis, aumentando sua capacidade de fertilização, dando como consequência a alta floração e superprodução de algas. Há predominância de formas completamente oxidadas e estáveis de compostos minerais, tais como: nitratos, fosfatos entre outros nutrientes.

Com a superprodução de algas, que servem de alimentos a protozoários e estes a rotíferos, crustáceos e larvas de insetos, principal alimento de peixes, esta estabelecido o ciclo biodinâmico normal do manancial. Nessa zona voltam a aparecer as ninfas de odonatos, efemérides, tricópteros e plecópteros, assim como, moluscos e grande variedade de peixes (BRANCO, 1969).

### 3.5 INDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS (IQA)

O Índice de Qualidade de Água (IQA) foi criado pela National Sanitation Foundation com o objetivo de desenvolver um indicador que, por meio de resultados de análise de características físicas, químicas e biológicas, pudesse fornecer um balizador de qualidade das águas de um corpo hídrico (LIBÂNIO, 2005).

Para tal, utilizou-se de uma metodologia denominada DELPHI, desenvolvida na década de 1950 que consiste na aplicação de questionários a um grupo de especialistas, assegurando-lhes o anonimato, com o objetivo de definir pontos e estratégias consensuais sobre diversos temas, de currículos acadêmicos ao planejamento urbano regional. Para o caso específico do Índice de Qualidade da Água, foi elaborada uma lista composta de trinta e cinco (35) parâmetros, para 142 profissionais da área de qualidade da água, selecionados arbitrariamente para possível inclusão em um índice da qualidade da água. As opções eram: incluir, não incluir ou indeciso, sendo possível listar outros parâmetros não incluídos na primeira lista. Cada parâmetro com a opção incluir deveria receber um peso variando de 1 a 5. O resultado gerou um sumário que, enviados aos participantes em uma segunda rodada foi reduzido para quinze (15) parâmetros mais importantes. Por fim, definiu-se uma lista composta por nove (9) parâmetros e respectivos pesos integrantes do IQA, conforme Tabela 5 (LIBÂNIO, op cit.)

Tabela 2 – Parâmetros e Percentual para determinação do IQA.

PARÂMETRO	IQA (%)
Oxigênio Dissolvido (OD)	17
Coliformes Fecais ( <i>Escherichia coli</i> )	15
pH	12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	10
Nitrogênio Total	10
Fósforo Total	10
Temperatura	10
Turbidez	8
Sólidos Totais	8

(FONTE: LIBÂNIO, 2005)

Nota-se que, a importância do OD como principal parâmetro de caracterização do ambiente aquático manifesta-se na própria determinação do IQA, pois o mesmo responde por 17% do valor final e é o mais relevante dos nove que integram o índice. Importante notar uma sobreposição de alguns parâmetros que de certa maneira fornece informações semelhantes, tais como: OD e DBO, turbidez e sólidos totais e em algumas circunstâncias, DBO e coliformes fecais (LIBÂNIO, 2005).

Segundo Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) utilizou, de 1975 a 2001, o Índice de Qualidade das Águas IQA, com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental de 22 UGRHI's – Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos em que se divide o Estado de São Paulo.

Em alguns Estados do Brasil, como por exemplo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Bahia, o IQA é utilizado, variando em alguns casos os intervalos de classificação e respectivos níveis de qualidade.

Definidos os parâmetros integrantes do IQA e seus pesos, traçaram-se as curvas de representação da variação da qualidade da água produzida pelas possíveis medidas do parâmetro. Estas curvas médias de variação, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas nas Figuras 1/1A, 2/2A, 3/3A, 4/4A e 5 (CETESB, 2004).

Inicialmente, o valor do IQA foi considerado como a somatória apresentado pela equação 8, segundo LIBÂNIO (2005).

$$IQA = \sum_{i=1}^n w_i \cdot q_i \quad (8)$$

Na qual:

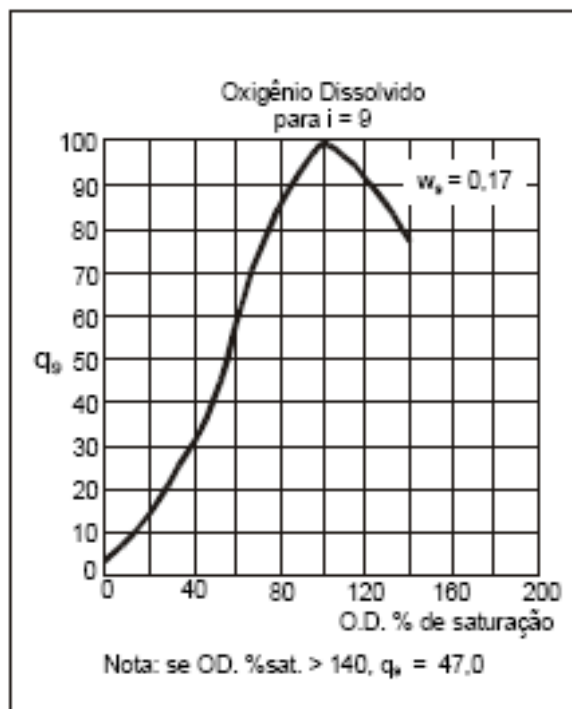
$w_i$  = peso do parâmetro  $i$

$q_i$  = pontos recebidos pelo parâmetro  $i$ , retirados das curvas.

$n$  = números de parâmetros.

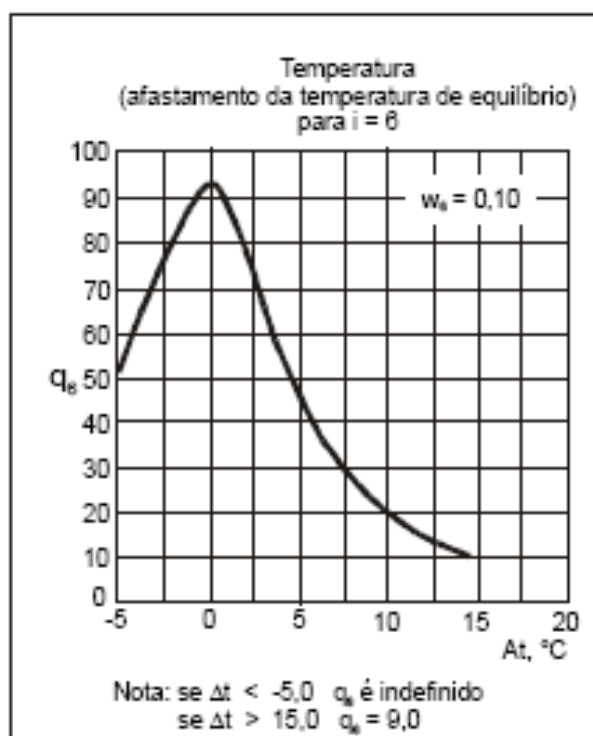
Posteriormente, evoluiu-se para a equação 9 na forma de um produto:

$$IQA = \prod_{i=1}^q q_i^{w_i} \quad (9)$$



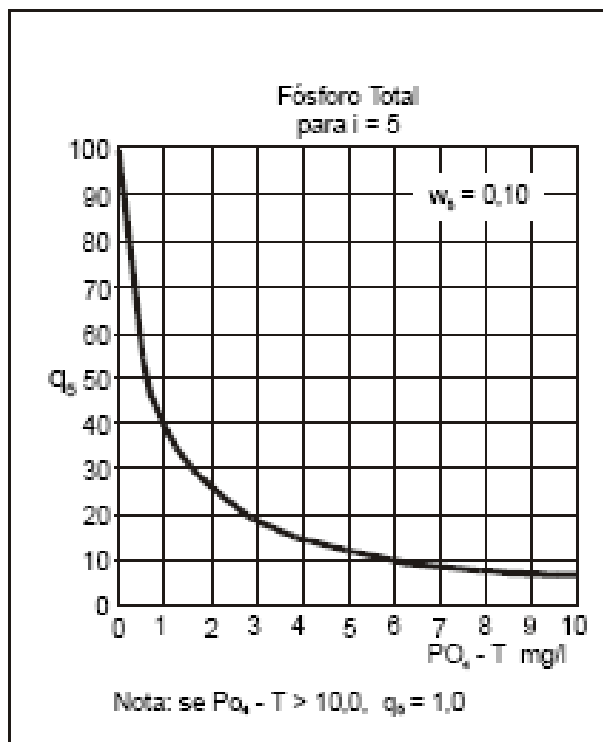
FONTE: CETESB, 2004

Figura 1 – Curva média de variação de Qualidade das Águas- Oxigênio Dissolvido



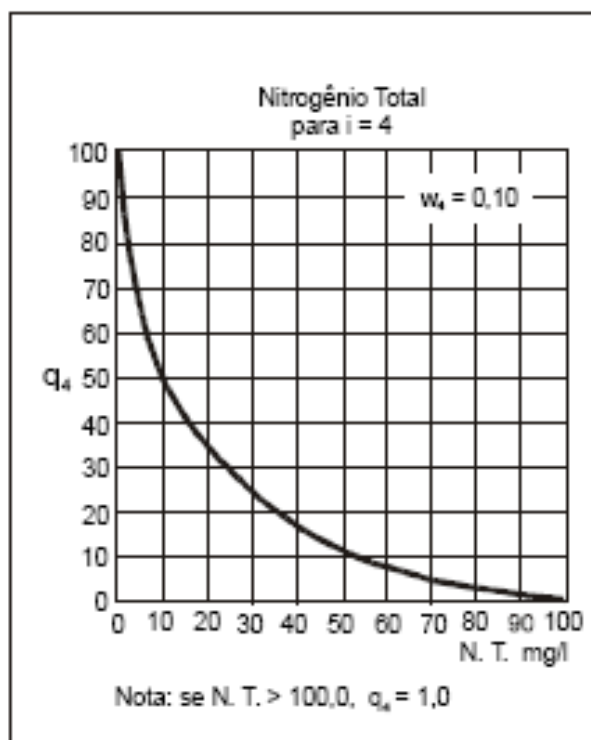
FONTE: CETESB- 2004

Figura 1/A Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Temperatura



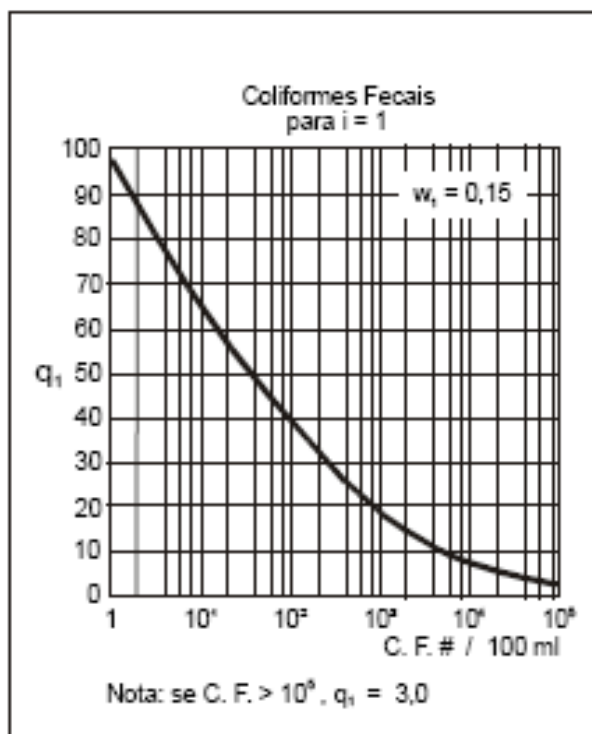
FONTE: CETESB- 2004

*Figura 2 – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Fósforo Total*



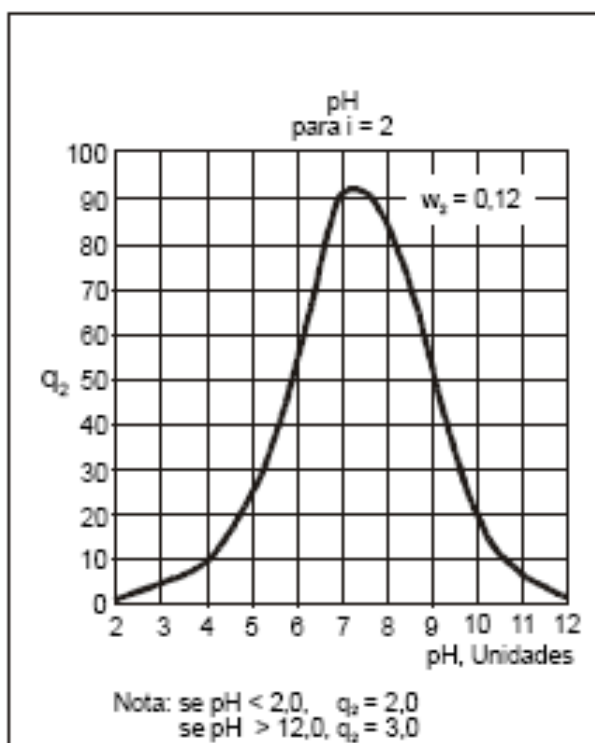
(FONTE: CETESB, 2004)

*Figura 2/A – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Nitrogênio total.*



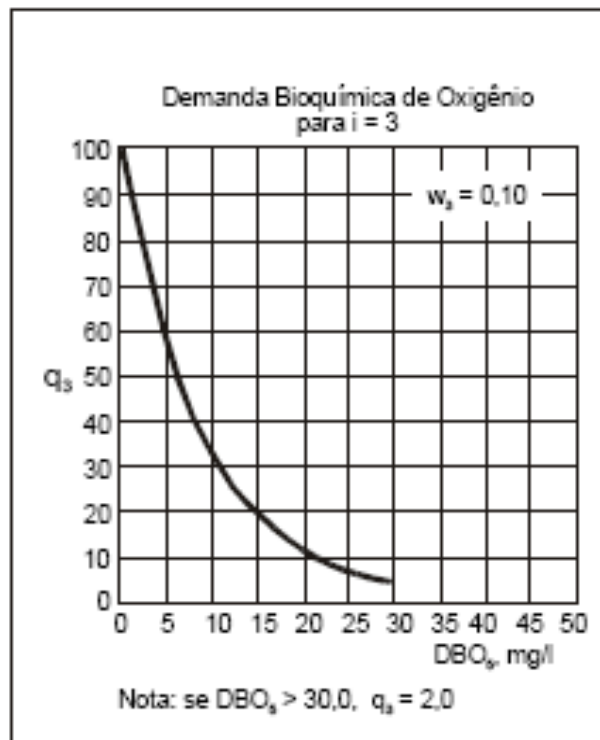
(FONTE: CETESB, 2004)

Figura 3 – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Coliformes fecais



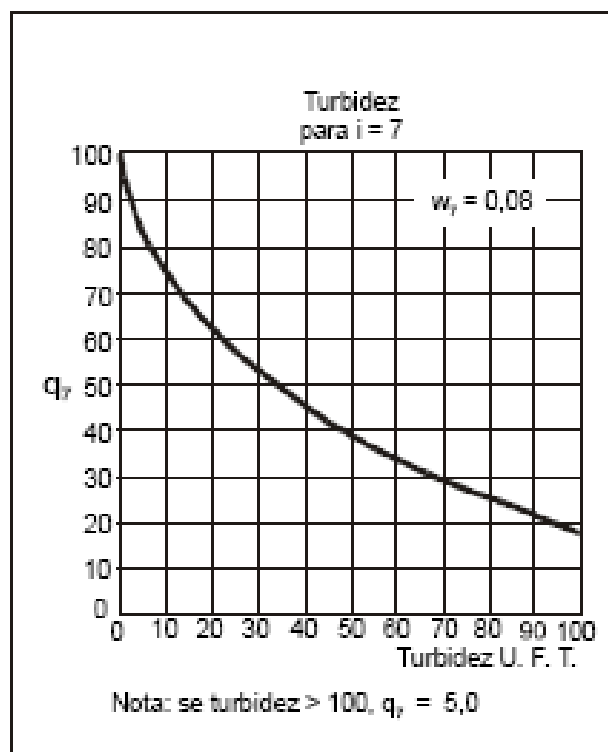
(FONTE: CETESB, 2004)

Figura 3/A – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – pH.



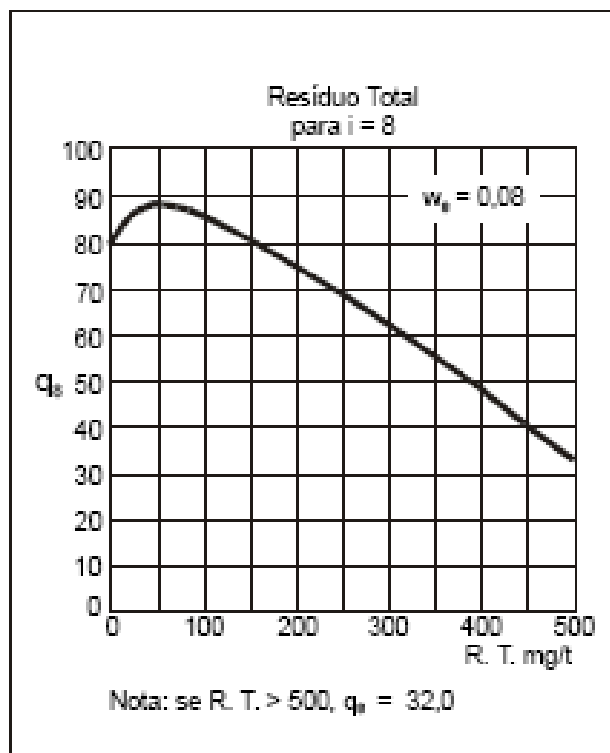
(FONTE: CETESB, 2004)

Figura4 – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – DBO



(FONTE: CETESB, 2004)

Figura4/A – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Turbidez



(FONTE: CETESB, 2004)

Figura5 – Curva Média de Variação de Qualidade da Água – Resíduo Total

A partir do cálculo do IQA, são definidos os níveis de qualidade do corpo hídrico relacionando intervalo de variação do IQA e a cor de referência, conforme mostra a Tabela 3

Tabela 3 – Classificação da Qualidade da Água em função do IQA

NÍVEL DE QUALIDADE	INTERVALO DO IQA	COR DE REFERÊNCIA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$	Azul
Boa	$51 < IQA \leq 79$	Verde
Aceitável	$36 < IQA \leq 51$	Amarelo
Ruim	$19 < IQA \leq 36$	Vermelho
Péssima	$IQA \leq 19$	Marron

(FONTE – CETESB-2002)

### 3.6 CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS

A primeira regulamentação que classificou os corpos d'água, com os respectivos padrões de qualidade e de emissões para efluentes foi a Portaria MINTER nº GM 0013 de 15/01/1976. No mesmo período, o Estado de São Paulo aprovou e sancionou o Decreto Estadual nº 8468 de 08/09/ 1976 que regulamentou a Lei nº 997 de 31/05/1976, definindo os usos preponderantes para cada classe de água interior dentro do território paulista. Essa classificação, variando da Classe Especial (mais nobre) até a classe 4 (menos nobre), fixa também padrões de qualidade para as quatro classes e padrões de emissão para os efluentes líquidos. Essas leis são a base para o licenciamento ambiental e ação de controle.

Em 1986, o Ministério do Meio Ambiente através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou a Resolução nº 20, que estabelecia classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. Em 2005, passa a vigorar a resolução CONAMA nº 357/2005, representando importantes avanços em termos técnicos e institucionais para a gestão dos recursos hídricos e o controle da poluição (CETESB, 2005).

O ribeirão Bagaçu, está classificado como Classe 2 da nascente até a captação da ETA de Araçatuba (DAEA) e à jusante desse ponto, Classe 4 até a foz no rio Tietê (Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras do Estado de São Paulo-DAEE/CBH-BT-Relatório Zero/2001).

Segundo o artigo 4º, Seção I, item III da resolução CONAMA 357/2005, as águas de Classe 2 são destinadas:

- para consumo humano, após tratamento convencional.
- à proteção das comunidades aquáticas.
- à recreação de contato primário, tais como, natação, esqui aquático e mergulho.
- 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.
- à aquicultura e à atividade de pesca.

As águas de Classe 4 podem ser destinadas para:

- navegação
- harmonia paisagística .

Com relação às condições e padrões de qualidade das águas, a resolução CONAMA-357/2005 assim prescreve:

#### Classe 2

- a- Não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- b- Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c- Óleos e graxas: virtualmente ausentes,
- d- Substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e- Resíduos sólidos objetáveis : virtualmente ausentes;
- f- DBO 5 dias a 20 °C até 5 mg. L<sup>-1</sup>;
- g- OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg.L<sup>-1</sup>;
- h- Turbidez até 100 unidades (UNT);
- i- Cor verdadeira : até 75 5 mg.Pt.L<sup>-1</sup>;
- j- pH : 6,0 a 9,0.

#### Classe 4

- a- Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais : virtualmente ausentes;
- b- Odor e aspecto: não objetáveis;
- c- Óleos e Graxas: toleram-se iridescências;
- d- Substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento dos canais de navegação: virtualmente ausentes.
- e- Fenóis totais (substâncias que reagem com o 4-aminoantipirina): até 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> OH;
- f- OD superior a 2,0 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub> em qualquer amostra;
- g- pH : 6,0 a 9,0.

## 4 - MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 - CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

Este projeto foi realizado na bacia do ribeirão Bagaçu, pertencente à UGRHI-19 (Bacia do Baixo Tietê) na região oeste do Estado de São Paulo. A bacia em estudo está localizada entre as coordenadas geográficas S 21° 02' / 21° 29' e W 50° 35' / 50° 19' sendo sua área de contribuição de 585,06 km<sup>2</sup> e perímetro de 123,2 km. Os dados de coordenadas e distâncias, bem como a confecção dos mapas da bacia são baseados nos mapas do IBGE (1967) (Figura 7).

O ribeirão Bagaçu nasce no município de Coroados-SP e percorre os municípios de Coroados, Birigui, Bilac e Araçatuba, com distância da nascente à foz de aproximadamente 65,4 km, sendo sua foz no rio Tietê (Figura 7) (IBGE/IGGSP-1967).



Figura 6 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Bagaçu no Estado de São Paulo.



#### 4.1.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

##### 4.1.1.1 GEOLOGIA DA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU.

As características geológicas da bacia do ribeirão Baguaçu reproduzem fundamentalmente a evolução histórica da Bacia Sedimentar do Paraná. O substrato geológico da região é formado por rochas sedimentares e vulcânicas de idade mesozóica, juntamente com formações cenozóica representadas por depósitos coluvionares e aluvionares antigos e recentes.

Dessa forma, as unidades geológicas que compõem a bacia do Baguaçu podem ser assim descritas:

- a) **Formação Serra Geral (Jksc)**, cuja unidade aquífera denomina-se também Serra Geral, são basaltos toleíticos em derrames tabulares superpostos e arenitos intertrapianos, do período mesozóico.
- b) **Formação Santo Anastácio (Ksa)**, cuja unidade aquífera é o Bauru, são arenitos médios a finos, predominantemente finos, pouca matriz e maciços, cor vermelho-marron, também do período mesozóico.
- c) **Formação Adamantina (Ka)**, cuja unidade aquífera também é o Bauru, são arenitos finos a muito finos, com teor de matriz variável, lamitos e siltitos, cores creme e vermelho, do período mesozóico.
- d) **Depósitos Aluviais (Qa)** – Sobreposto a todas as camadas anteriormente descritas, encontram-se os depósitos aluviais, compostos de areias e argilas com conglomerados na sua base, cuja idade é do período Cenozóico. (CBH-BT-2001)

##### 4.1.1.2 GEOMORFOLOGIA DA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU.

###### *Características Gerais do Relevo.*

A Província do Planalto Ocidental, onde esta inserida a bacia do ribeirão Baguaçu, é caracterizada pela presença de formas de relevo levemente onduladas com longas encostas e baixas declividades, representadas fundamentalmente por Colinas Amplas e Colinas Médias. Ambos os relevos estão sujeitos ao controle estrutural das camadas sub-horizontais dos arenitos do Grupo Bauru e das rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral.

O subnívelamento do relevo denuncia um caimento para oeste em direção a calha do rio Paraná, formando uma plataforma estrutural suavizada, com cotas topográficas em torno de 450 metros, chegando a alguns pontos a atingir a cota de 505 metros. A bacia do ribeirão Baguaçu apresenta relação entre números de rios ou cursos d'água e a sua área, relação essa denominada densidade de drenagem (Dd), bastante baixa, sendo considerada uma drenagem pobre com índices variando entre 0,488 km/km<sup>2</sup> e 1,60 km/km<sup>2</sup> na plenitude da bacia. (CBH-BT – 2001)

A bacia em estudo também é caracterizada pela baixa intensidade de dissecação ou desnudação das formas de relevo, pelo efeito de processos erosivos e a presença de vales pouco entalhados. O Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, elaborado pelo IPT em 1981 (escala: 1000.000) mostra a bacia do Baixo Tietê, onde esta inserida a bacia do Baguaçu, formas de relevo suavizadas, compostas por Colinas Médias e formas de agradação constituída por Planícies Aluviais e Terraços Fluviais.

As Colinas Amplas se constituem em formas de relevo subnivelados de grandes dimensões, perfil de vertente retilíneo a convexo e topos aplainados. Apresentam-se com padrão de drenagem subdendrítico, densidade muito baixa, vales erosivos abertos e planícies aluviais interiores estreitas.

As Colinas Médias também tem formas de relevos subniveladas, com topos aplainados e perfil de vertente retilíneo a convexo, porém, com interflúvios menores (média à baixa).

As Planícies Aluviais são os terrenos Baixos, sujeitos periodicamente às inundações e os Terraços Fluviais compreendem os terrenos horizontais ou levemente inclinados, não inundáveis, alçados em relação às várzeas. Os dois sistemas são encontrados juntos, principalmente às margens do rio Tietê, sendo essas Planícies tipicamente de feições deposicionais, apresentando uma dinâmica fluvial intensa. (CBH-BT – 2001)

#### **4.1.1.3 PEDOLOGIA DA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU.**

As principais classes de solos existentes na bacia do ribeirão Baguaçu, obtido pelo Mapa Pedológico, constante da Carta de Solos do Estado de São Paulo (MA/Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 1960)

##### **Solos com B Textural.**

São solos com horizonte mineral superficial que possuem incremento de argila, desde que não exclusivamente por descontinuidade litológica, ou seja, o conteúdo de argila no horizonte B textural é sempre superior ao horizonte A e, pode ou não, ser maior que o horizonte C.

Os solos com horizonte B textural são bem drenados, sem influência de salinização, geralmente são subdivididos em sub-horizontes e as características morfológicas que mais contribuem para a diferenciação desses sub-horizontes são a estrutura, textura e serosidade.

*Solos podzolizados de Lins e Marília – Variedade Lins.*

Essa unidade é constituída por solos de profundidade variáveis (2 a 3 metros), além de bem drenados, arenosos com transições graduais e claras entre o horizonte A e B. São encontrados em relevos ondulados a suavemente ondulados.

*Solos podzolizados Lins e Marília – Variedade Marília.*

São solos mais rasos do que a variedade Lins, mas com a mesma seqüência de horizontes, sendo a transição de A para B abrupta e clara, ou seja, mais acentuada do que o tipo de Lins. Tem forte tendência a apresentarem uma formação de horizontes com partículas mais finas do solo.

*Solos com horizonte B Latossólico*

São solos com horizonte mineral superficial, que apresentam um estado avançado de intemperismo, caracterizado pela quase total ausência de minerais facilmente intemperizáveis ou minerais de argila 2:1 e pela concentração de sesquióxidos, argila do tipo 1:1, bem como materiais primários resistentes ao intemperismo.

Os solos com Horizonte B Latossólico possuem perfil A, B e C e a transição é difusa e gradual, podendo ser clara ou abrupta na presença de um subhorizonte. A diferenciação entre o A e o B normalmente não é muito nítida, devido à presença de subhorizontes A3 e B1. Os solos de Horizonte B latossólico são compostos de latossolos vermelho-escuro e latossolos roxo, estando esses relacionados a pequenas ocorrências de basalto da Formação Serra Geral que afloram nos vales da bacia do Baguaçu, próximo à desembocadura no rio Tietê.(CBH-BT – 2001)

#### 4.2 – CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS.

A bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu agrega 5 (cinco) municípios que são: Araçatuba, Birigui, Bilac, Braúna e Coroados, que juntas possuíam em 2000 (IBGE, 2005) uma população de 278.916 habitantes assim distribuídos:

*Tabela 4 – População total da bacia do ribeirão Baguaçu.*

<b>CIDADE</b>	<b>POPULAÇÃO URBANA</b>	<b>POPULAÇÃO RURAL</b>	<b>TOTAL</b>
Araçatuba	164.449	4.805	<b>169.254</b>
Coroados	3.747	822	<b>4.569</b>
Birigüi	91.018	3.282	<b>94.300</b>
Bilac	5.640	770	<b>6.410</b>
Braúna	3.416	967	<b>4.383</b>
<b>TOTAL</b>			<b>278.916</b>

(FONTE: IBGE, 2005)

Os municípios de Araçatuba e Birigüi são economicamente semelhantes, ambos dependentes de atividades rurais, industriais e comerciais, sendo Birigui, um pólo industrial calçadista, cujos produtos são em parte exportados. Araçatuba, além de suas indústrias de alimentos, mecânicas e moveleiras é também grande produtor de carne bovina e grãos.

Os municípios de Bilac, Braúna e Coroados estão mais estruturados na agricultura, o que explica o maior percentual de população na zona rural. De maneira geral, a bacia do ribeirão Baguaçu, nos últimos anos, apresentou uma tendência ao aumento do cultivo da cana de açúcar para produção de açúcar e álcool devido ao à instalação de destilarias da região.

### 4.3 – AMOSTRAGEM

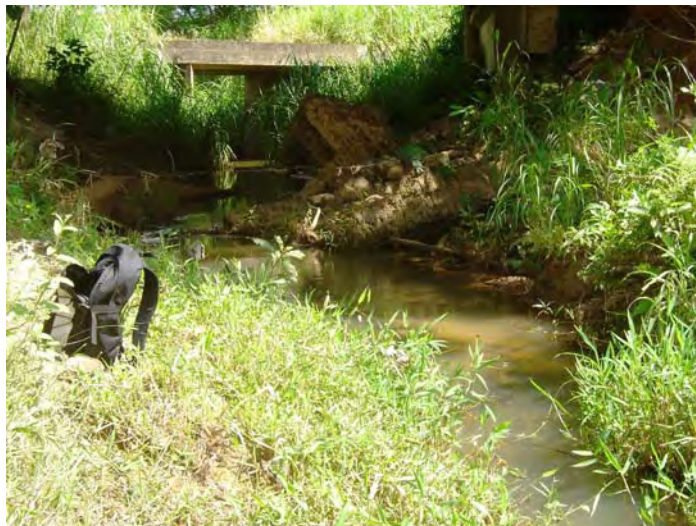
Foram escolhidos 5 (cinco) pontos de coleta sendo eles:

#### PONTO DE COLETA Nº 1

Localização : Ponte sobre o ribeirão Baguaçu, 6,4 km à jusante da nascente, no Bairro Baguaçu, no município de Coroados (Figura 4).

Coordenadas : S 21° 27,223' W 50° 21,988' - Cota : 425 metros.

Descrição : Ponto de coleta próximo ao bairro rural Baguaçu, tendo sua mata ciliar totalmente retirada, com pastagens em suas margens. O ponto foi escolhido por estar próximo à nascente..



(Fonte: Acervo pessoal).

*Figura 8 - Ponte sobre o ribeirão Baguaçu, no bairro rural Baguaçu*

#### PONTO DE COLETA Nº 2

Localização : Ponte sobre o ribeirão Baguaçu, no município de Birigüi (Figura 5).

Coordenadas: S 21° 18,357' W 50° 27,885' - Cota : 360 metros.

Descrição: Ponto de coleta próximo à SP461, com mata ciliar existente e preservada em todo seu entorno. O ponto foi escolhido por estar à jusante do córrego Colônia (aproximadamente 3 km), que recebe efluentes da ETE/Bilac.



(Fonte- Acervo Pessoal)

*Figura 9 – Ponte sobre o Ribeirão Baguaçu – Birigüi-SP.*

### PONTO DE COLETA Nº 3

Localização : Em Araçatuba, dentro da Estação de Tratamento de Água – ETA do DAEA, à jusante do barramento da captação. (Figura 6).

Coordenadas: S 21° 13,346' W 50° 25,757'. - Cota : 346,00 metros.

Descrição: Por ser um ponto de coleta na área urbana, a mata ciliar existe somente à jusante, em uma pequena área, o Parque Ecológico do Bagaçu . O local foi escolhido por ser um ponto de captação de água de abastecimento do município de Araçatuba.



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 10 – Barramento das ETA's 1 e 2 do DAEA, em Araçatuba-SP*

### PONTO DE COLETA Nº 4.

Localização : O ponto de coleta está localizado no município de Araçatuba, na periferia norte da cidade, a 200 metros a jusante do lançamento do efluente da ETE por Lodos Ativados com Aeração Prolongada de Araçatuba (Figura 7).

Coordenadas: S 21° 11,216'- W 50° 23,450' - Cota : 335,00 metros.

Descrição: Nessa área prevalece a existência de mata ciliar razoavelmente preservada



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 11 - Ponto à jusante do lançamento da ETE- Araçatuba*

## PONTO DE COLETA Nº 5

**Localização:** O ponto de coleta esta localizado no município de Araçatuba, na foz do ribeirão Baguaçu com o Rio Tietê, local denominado Fazenda Sta. Cecília (Figura 8).

**Coordenadas:** S 21° 03,902' – W 50° 21,052' - Cota : 329,00 metros.

**Descrição:** Nesse trecho final a mata ciliar é praticamente inexistente devido a exploração pela agropecuária (pastagens) e agricultura (cana de açúcar e grãos). O ponto de coleta foi selecionado por ser a foz do ribeirão.



(Fonte: Acervo pessoal)

Figura 12 - Foz do ribeirão Baguaçu com o rio Tietê

## 4.4 MÉTODOS DE ANÁLISE

Os métodos utilizados para análise dos parâmetros esta demonstrado na Tabela 5:

Tabela 5 – Métodos de análise

Parâmetro	Método	Referências
Temperatura	Termômetro de alcool, em ° C	Std.Mt.-pg 2-61
pH	Mét. Potenciômetro	Std.Mt.-pg 4-90
Turbidez	Mét. Nefelométrico.	Std.Mt.-pg 2-8
Oxigênio Dissolvido	Mét. de Winkler mod. Ázida Sódica	Std.Mt.-pg 4-138
Nitrogênio Total	Mét. de Dest. Tit. (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ).	Std.Mt.- pg 4-107
Fósforo Total	Mét. Clor. Estanoso (colorimétrico)	Std.Mt.- pg 4-152
Sólidos Totais	Mét. Gravimétrico.	Std.Mt.- pg 2-55
D.B.O.	Mét. Dil. e Incub.(Winkler mod.)	Std.Mt.- pg 5-2
Coliformas fecais ( <i>E.coli</i> )	Mét. Substrato Enzimático.	Std.Mt.- pg 9-72

Os ensaios de laboratoriais relativo aos nove parâmetros para determinação do IQA foram realizados pelo Laboratório de Controle Sanitário de Lins-SP (RTOC-02) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP (Unidade do Baixo Tietê e Grande), que adota como referência o **STANDARD METHODS for the examination of water and wastewater** , 21st.,Edition – 2005, (\*Std. Mt.).

#### 4.5 MÉTODO DE COLETA

Na metodologia utilizada, quanto a forma temporal de coleta das amostras do ribeirão Baguaçu, privilegiou-se as datas médias das estações do ano. Assim, teríamos melhor explicitada a qualidade da água em função da variação das temperaturas e vazões do corpo hídrico em estudo. Foram fixadas e cumpridas as coletas de amostras:

*Tabela 06 – Cronograma de Coleta de Amostras*

<b>Data da Coleta</b>	<b>Estação do Ano</b>	<b>Chuvas nos 3 dias anteriores</b>
<b>11/10/05</b>	<b>PRIMAVERA</b>	<b>NÃO</b>
<b>19/01/06</b>	<b>VERÃO</b>	<b>NÃO</b>
<b>06/04/06</b>	<b>OUTONO</b>	<b>SIM (1 mm)</b>
<b>11/07/06</b>	<b>INVERNO</b>	<b>NÃO</b>

Quanto a distribuição espacial, optou-se por coletas de jusante para montante, ou seja, do ponto de coleta número cinco para o ponto número um por questões de facilidades de transporte, ficando este (ponto número um) mais próximo da cidade de Lins-SP, onde as amostras foram processadas e analisadas em laboratório.

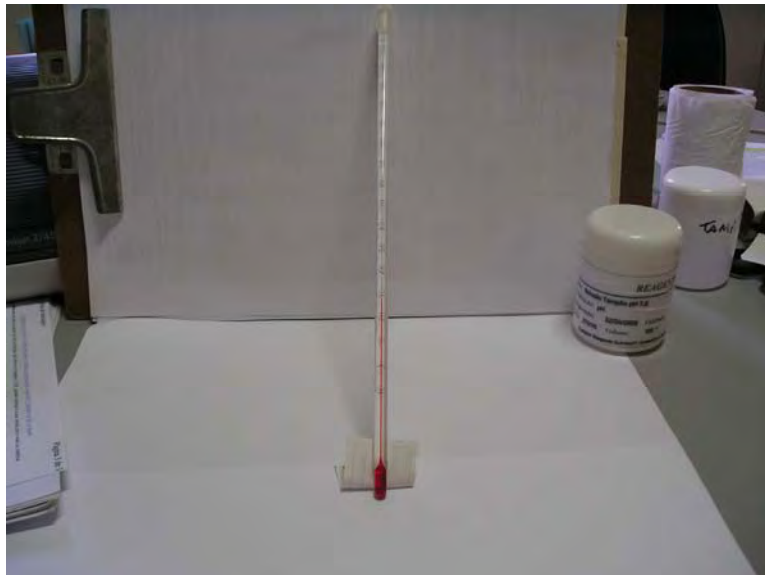
As coletas foram executadas nos cinco pontos escolhidos, no mesmo dia, utilizando-se um balde plástico, em amostragem sub-superficial quando a profundidade permitiu e de superfície nos pontos de menor profundidade (nascente).

As amostras coletadas foram acondicionadas em garrafas plásticas esterilizados de 5 litros, para transporte até o laboratório. No campo, foram executados os seguintes procedimentos:

- 1) Aferição da hora da coleta.
- 2) Medição da temperatura da amostra de água coletada.
- 3) Medição do pH.
- 4) Fixação de amostras para realização da OD.
- 5) Reserva de amostras para análise de Coliformes fecais (*E. coli*) em frascos plásticos esterilizados de 120 mL, embebidos com solução EDTA 10%
- 6) Reserva de amostras para posteriores análises em laboratório.

#### 4.6 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA ANÁLISES

1) Temperatura: Determinada através de termômetro de álcool com graduação em graus Celsius (Figura 13).



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 13 - Termômetro de Álcool.*

2) pH – Determinado no campo, utilizando-se um pHmetro de campo potenciométrico, marca PHTEK, modelo pH100, com faixa de 0 a 14, resolução 0,1 e precisão +/- 0,1 com compensação automática de temperatura (Figura 14).



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 14 - pHmetro PHTEK de campo.*

3) Turbidez – Determinado em laboratório por meio de um Turbidímetro marca HACH-2100AN (Figura 15).



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 15 – Turbidímetro de bancada marca HACH 2100 AN.*

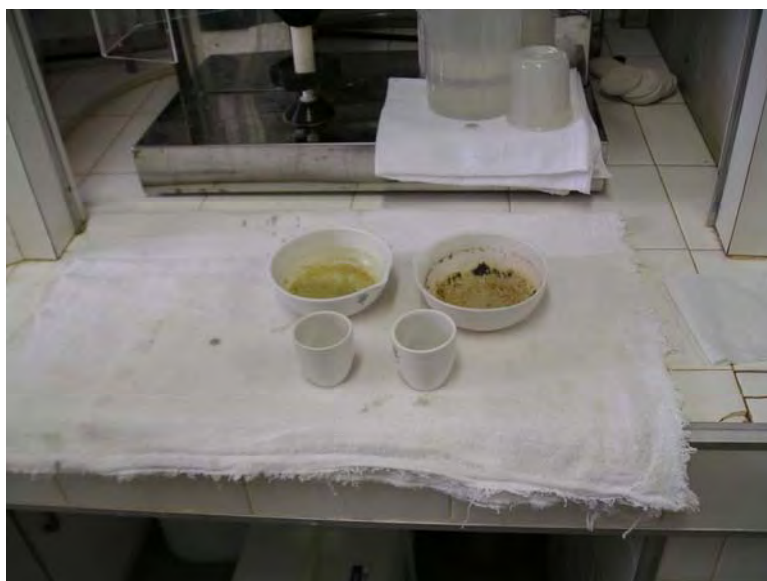
4) Sólidos Totais – Estufa



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 16 – Estufa de Secagem*

5) Sólidos Totais – Cápsulas de porcelana (Figura17) e Vaporizador (Figura 18)..



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 17 – Cápsulas de Porcelana de capacidade de 100 ml.*



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 18 - Vaporizador marca QUIMIS, modelo Q-334-28*

## 6 ) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 19 – Incubadora de Amostras de Demanda Bioquímica de Oxigênio.*

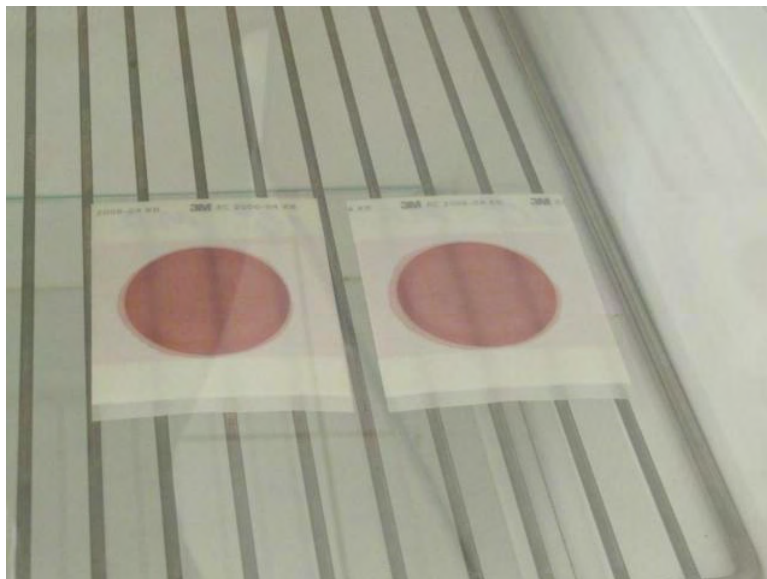
## 7) Oxigênio Dissolvido (OD)



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 20 – Titulador de tiosulfato marca BOECO, modelo DCB 2500.*

## 8) Coliformes Fecais (*E. coli*)



(Fonte: Acervo pessoal)

*Figura 21 – Placas de meio de cultura (3M) em estufa bacteriológica*

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 DADOS HIDROLÓGICOS E FISIAGRÁFICOS DA BACIA

Os dados apresentados destinam-se a fornecer subsídios para eventuais aproveitamentos das águas do ribeirão Baguaçu para captações em seus diversos pontos, bem como, avaliar entre esses pontos a possibilidade de lançamento de efluentes.

Também, pelos dados fisiográficos das sub-bacias formadas pelos pontos de coleta, pode-se realizar uma melhor avaliação quanto às enchentes bem como, a densidade de drenagem que elas apresentam.

Para o estudo da fisiografia das sub-bacias, recorreu-se às fórmulas contidas no livro Hidrologia – Ciência e Aplicação de Tucci,(2004). Quanto ao cálculo das vazões de permanência de 95%, mínimas, média plurianual foi utilizado o Manual de Cálculo das Vazões Máximas, Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo, publicado pela Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras, através do Departamento de Água e Energia Elétrica- DAEE.

Em destaque, na Tabela 07, os dados hidrológicos e fisiográficos relativos ao sub-bacia formada pelo primeiro ponto de coleta.

Tabela 07 – Parâmetros Hidrológicos e Fisiográficos da sub-bacia do Ponto de Coleta n°1



Analisando os parâmetros da sub-bacia formada pelo ponto de coleta numero um, pelas suas características fisiográficas encontramos um coeficiente de compacidade (Kc) de 0,94. Sua proximidade com a unidade demonstra uma forma muito próxima da circular, portanto bastante susceptível à enchentes.

Quanto o seu Fator de Forma (Kf), cujo valor é de 0,63 demonstra uma proximidade da forma elíptica, ou seja, apesar de sua área pequena (25,80 km<sup>2</sup>) as chuvas poderão ocorrer não simultaneamente em toda a área da bacia.

Outro parâmetro importante a ser observado é a Densidade de Drenagem (Dd) que no caso em estudo é de 0,488 km/km<sup>2</sup>, indicando uma sub-bacia com uma drenagem pobre, segundo os critérios de VILLELA (1975).

A Declividade Equivalente (De), outro parâmetro importante, pois define as velocidades das águas na sub-bacia, pelo fato de estar na nascente do ribeirão Baguaçu tem o índice mais alto de toda a bacia, ou seja, 11,70 m/km.

Quanto aos parâmetros hidrológicos, destaca-se o tempo de concentração (tc) da sub-bacia cujo valor é de 115,36 minutos (próximo de 2 horas), tendo em vista sua declividade alta e baixa área de abrangência.

Os cálculos relativos às vazões: média anual (Q), de permanência de 95% (Q<sub>95</sub>), mínima anual, 1 mês consecutivo com tempo de retorno de 10 anos (Q<sub>1, 10</sub>) e mínima anual com 7 dias consecutivos e tempo de retorno de 10 anos (Q<sub>7, 10</sub>) foram realizados tomando como base de cálculo a precipitação média anual dos últimos 10 anos, observando-se a série de dados do pluviômetro C7-009 do Departamento de Água e Energia Elétrica-DAEE localizado na bacia do ribeirão Baguaçu, cujo valor obtido foi de 1276 mm/ ano.

Com relação ao aproveitamento do ribeirão Baguaçu para captação para consumo nesse ponto a vazão de permanência de 95% é de 0,063 m<sup>3</sup>/s (226,8 m<sup>3</sup>/h).

Na seqüência, podemos observar através da Tabela 08 apresentada, os valores dos parâmetros fisiográficos e hidrológicos da sub-bacia formada pelo ponto de coleta numero dois, cuja área total é de 324,15 km<sup>2</sup>, localizado a 28,50 km da nascente do ribeirão em estudo.

Tabela 8 – Parâmetros Hidrológicos e Fisiográficos da sub-bacia do Ponto 2



Quanto a fisiografia da bacia formada pelo ponto numero dois na Tabela 8, pode ser observado uma diminuição do Fator de Forma (Kf) em relação a bacia numero um, o que indica que é menos suscetível às enchentes, o que se traduz numa forma mais elíptica.

O coeficiente de compacidade (Kc) também sofreu variação em relação a bacia numero um ( de 0,94 para 1,28), indicando uma irregularidade maior da bacia, o que reflete em melhoras quanto às enchentes no ponto do exutório.

Apesar do aumento da área da bacia, os corpos hídricos são abundantes nesse trecho, fazendo com que a relação entre a soma total dos cursos d'água e a área da bacia resulte em um valor maior da Densidade de Drenagem (Dd), ou seja, 0,78 km/km<sup>2</sup>, considerada ainda uma drenagem pobre, segundo VILLELA (1975).

No ponto numero dois, a vazão média anual calculada foi de 2,61 m<sup>3</sup>/s, o que indica a presença de tributários importantes para a formação do volume de água do ribeirão Baguaçu nesse ponto.

Para estudo de lançamento de efluentes no ponto número dois, as condições são mais favoráveis, devido a qualidade da água do ribeirão nesse ponto e o volume apresentado na vazão  $Q_{7,10}$ , ampliada para 0,342 m<sup>3</sup>/s.

Caso seja necessário efetuar um lançamento de efluente de esgoto doméstico “in natura” nesse ponto (DBO=280 mg/L), a vazão de lançamento do mesmo não poderá ultrapassar 0,092 m<sup>3</sup>/s ou 92 l/s.

Quanto a declividade equivalente da bacia (Dd), observa-se uma diminuição do valor em relação a bacia do ponto número um (de 11,7 m/km para 8 m/km), o que vale dizer, um nivelamento maior entre os pontos mais altos e baixos, diminuindo a velocidade das águas.

Observa-se também que o tempo de concentração (tc) calculado para a bacia do ponto número dois é de 547,33 minutos (9,12 horas) justificando não só o aumento da área da bacia, como também a diminuição da declividade.

Na Tabela 9, relativa a bacia do ponto numero três, cuja área acumulada é de 490,10 km<sup>2</sup> ( 83,77% da área total da bacia do córrego Baguaçu) e comprimento total do talvegue de 42 km, o coeficiente de compacidade (Kc) aponta um valor de 1,30 e está muito próximo do coeficiente obtido na bacia do ponto numero dois (1,28) indicando que nesse ponto a forma da bacia se mantém praticamente inalterada, porém ainda com uma disposição irregular.

Já o Fator de Forma (Kf) cai para valor mais baixo ( 0,28) indicando claramente que a forma elíptica da bacia fica mais acentuada, diminuindo ainda mais as possibilidades de enchentes no exutório.

Em relação à Densidade de Drenagem (Dd) obtida de 0,71 km/km<sup>2</sup>, observa-se pequena variação com relação a bacia do ponto numero dois (0,78 km/km<sup>2</sup>), portanto ainda uma drenagem considerada pobre.

Quanto a Declividade Equivalente (De), nota-se claramente que ao se encaminhar para a foz, as declividades diminuem razoavelmente, sendo que, na área acumulada da bacia numero três o valor da declividade equivalente é de 4,50 m/km.

Nesse caso, as velocidades das águas diminuem mais, ocasionando um tempo de concentração (tc) maior, ou seja, 1547 minutos (25,78 horas).

Tabela 9 – Parâmetros Hidrológicos e Fisiográficos da sub-bacia do Ponto 3.

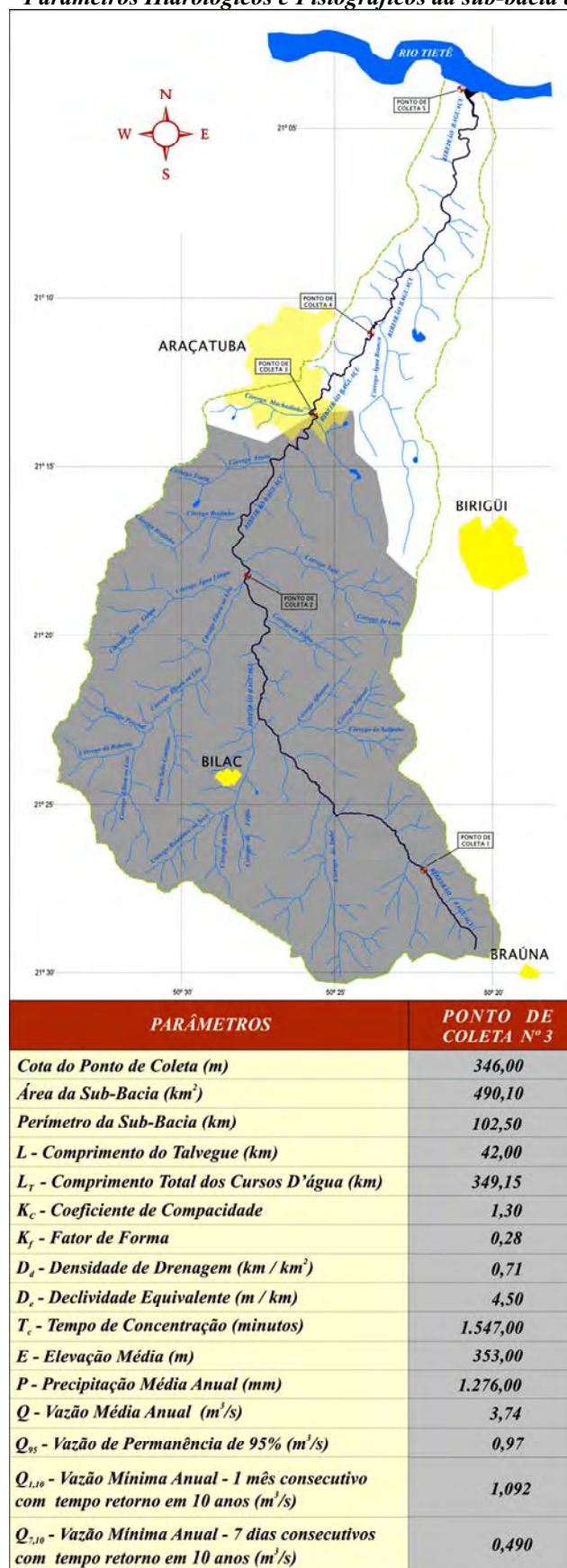
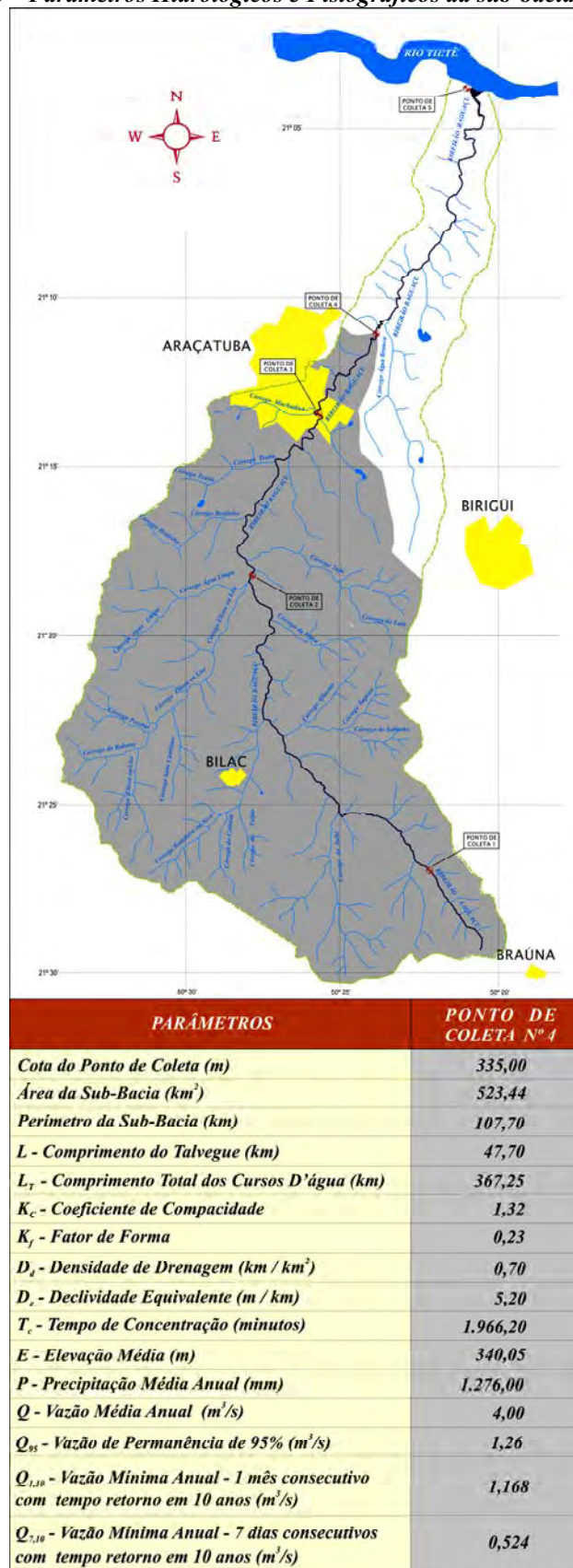


Tabela 10 – Parâmetros Hidrológicos e Fisiográficos da sub-bacia do Ponto 4



As vazões calculadas no ponto número três demonstram um aumento significativo pelas contribuições dos córregos Tupy, Brejinho, Traitú e Alvoradinha, sub-bacia com áreas relativamente grandes, adicionando-se à vazão calculada no ponto número dois o volume de 1,13 m<sup>3</sup>/s, o que vale dizer, um aumento percentual de 43,30%. No ponto número três, a vazão média anual calculada é de 3,74 m<sup>3</sup>/s.

Desse valor, derivam as vazões  $Q_{1,10}$  e  $Q_{7,10}$ , cujos valores são respectivamente 1,09 m<sup>3</sup>/s e 0,49 m<sup>3</sup>/s.

Nota-se que nesse ponto, o Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba-DAEA realiza a captação de água bruta para as ETA's 1 e 2, cuja vazão total é de 0,66 m<sup>3</sup>/s, garantindo o abastecimento de aproximadamente 85% do total consumido pelo município de Araçatuba. (DAEA-2006).

A bacia formada pelo ponto número quatro, explicitada na Tabela 10, tem uma área acumulada de 523,44 km<sup>2</sup>, grande parte dela dentro da mancha urbana de Araçatuba, tendo um comprimento total de talvegue de 47,70 km.

No trajeto entre o ponto número três e o ponto número quatro, nenhum tributário de vazão significativa pode ser observado, apenas o córrego Machadinho, com pequena área de bacia de contribuição, estando dentro da zona urbana da cidade em região densamente habitada, o que restringe ao mesmo a contribuição por percolação de águas infiltradas ao longo de seu trajeto.

Percebe-se que a vazão média anual calculada no ponto número quatro é de 4,00 m<sup>3</sup>/s, ou seja, um acréscimo de 6,5% à vazão observada no ponto anterior. Desse forma, as vazões  $Q_{1,10}$  e  $Q_{7,10}$  (1,168 m<sup>3</sup>/s e 0,524 m<sup>3</sup>/s respectivamente) são muito próximas das obtidas no ponto número três.

Importante salientar que, a montante do ponto quatro (aproximadamente 200 metros) é efetuado atualmente o lançamento do clarificado produzido pela ETE- Araçatuba que opera por lodos ativados com aeração prolongada, e contribui com uma vazão média de 0,45 m<sup>3</sup>/s, e DBO média de <30 mg/L (SANEAR-2007).

Com relação aos parâmetros fisiográficos da bacia acumulada no ponto quatro, praticamente são os mesmos valores da bacia no ponto número três, com pequenas variações provocadas pelo aumento da área acumulada e talvegue.

Finalmente, a Tabela 11 apresenta os parâmetros fisiográficos do ponto número cinco localizado na desembocadura do ribeirão no rio Tietê, cuja área acumulada é exatamente a área total da bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu, ou seja, 585,06 km<sup>2</sup>.

O talvegue corresponde ao total percorrido pelo ribeirão, da nascente até a foz, com uma extensão de 65,40 km.

Tabela 11 – Parâmetros Hidrológicos e Fisiográficos da sub-bacia do Ponto 5



A bacia completa tem um Coeficiente de Compacidade ( $K_c$ ) de 1,51 indicando uma forma bem irregular e dificultando eventuais enchentes no exutório da bacia.

Quanto ao Fator de Forma ( $K_f$ ), o valor final de 0,15 indica claramente a acentuada forma elíptica da bacia, também favorável a proteção do exutório contra enchentes.

A Densidade de Drenagem ( $D_d$ ) permaneceu inalterada em relação às sub-bacias dos pontos finais, pois manteve-se a mesma proporcionalidade entre o acréscimo de corpos d'água tributários em relação ao aumento da área total de drenagem. A bacia completa tem uma Densidade de Drenagem de  $0,73 \text{ km/km}^2$ , sendo que, podemos considera-la uma bacia hidrográfica pobre de drenagem.

Observa-se também que, a Declividade Equivalente ( $D_e$ ) total da bacia é de  $1,60 \text{ m/km}$ , muito menor que a sub-bacia acumulada do ponto quatro ( de  $5,20 \text{ m/km}$ ), explicada pela planície do final da bacia no ponto de desembocadura do ribeirão no rio Tietê.

Dessa forma, com a diminuição brusca da velocidade da água, o tempo de concentração ( $t_c$ ) da bacia plena fica bem maior obtendo-se 3.575 minutos (59,58 horas).

Na desembocadura, a vazão média anual calculada é de  $4,46 \text{ m}^3/\text{s}$ , com uma  $Q_{1,10}$  de  $1,302 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q_{7,10}$  de  $0,584 \text{ m}^3/\text{s}$ , demonstrando que a maioria dos córregos tributários do ribeirão Baguaçu nesse trecho são pequenos, exceção feita ao córrego Água Branca, respondendo pela quase totalidade do acréscimo de vazão aferida no ponto número cinco, na desembocadura.

## **5.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

### **5.2.1 AGRICULTURA NA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU.**

Os solos da bacia do ribeirão Baguaçu constituem um recurso natural de importância, tanto do ponto de vista econômico quanto social e ambiental, além de serem diretamente responsáveis como suporte básico para o processo de ocupação da bacia. Atualmente, as atividades mais significativas são a pecuária de corte e cana-de-açúcar, uma vez que a cafeicultura e o algodão perderam importância nos últimos anos. Café e algodão exerceram grande influência nos processos de degradação dos solos de vastas áreas da bacia.

Até mesmo a pecuária, quando praticada com manejo inadequado de pastagens e dos animais, contribui muito para a formação de processos erosivos e assoreamento de diversos cursos d'água na bacia, utilizados como fonte de mitigação do gado.

Em termos de qualidade do solo, as melhores terras da bacia são encontradas à margem do rio Tietê, constituídos de solos podzolizados de Lins e Marília, sendo essa área muito pequena em relação à bacia. Ainda se destacam os terraços dos principais cursos d'água da bacia, que possuem características morfológicas favoráveis ao aproveitamento agrícola.

Os solos podzólicos de Lins e Marília encontrados nas áreas de encostas da bacia possuem fertilidade natural média, sendo que, tem boa potencialidade agro-pastoril. Entretanto, sua maior limitação é a elevada suscetibilidade à erosão.

Já os solos do tipo latossolo vermelho-escuro, com maior área de ocorrência na bacia, apesar de apresentarem baixa fertilidade natural, tem boa resistência à erosão laminar e baixa capacidade de retenção de umidade, sendo utilizados principalmente como pastagens e em culturas de cana-de-açúcar, café, citrus e milho. (CBH-BT – 2001)

A caracterização do uso e ocupação do solo da área da bacia do ribeirão Baguaçu pela agricultura, tem como objetivo contribuir para um melhor entendimento da distribuição espacial das principais atividades agrícolas da região e suas conseqüências e influencias nos processos responsáveis pela degradação do meio físico, principalmente dos recursos hídricos, tais como, desmatamentos, erosões e assoreamentos.

No estudo da ocupação do solo da área da bacia do ribeirão Baguaçu pela agricultura, os parâmetros aferidos para a classificação foram (SAASP-2005):

- a) Áreas em descanso.
  - b) Áreas complementares.
  - c) Cultura Perene.
  - d) Cultura Temporária.
  - e) Pastagens.
  - f) Reflorestamento.
  - g) Vegetação Natural.
- a) **Área em descanso** - É o conjunto de áreas que não estão sendo aproveitadas, mas que apresentam potencial para isso. Incluem áreas ocupadas com várzeas, brejos e similares, localizados à margens dos córregos, rios e lagos.
  - b) **Áreas Complementares** – São as áreas ocupadas com benfeitorias (casas, curral, represas, estradas, etc.).
  - c) **Cultura Perene** – As culturas perenes, também chamadas de culturas permanentes, são aquelas que crescem de ano para ano, sendo muitas vezes necessário um período de vários anos para que se tornem produtivas. Elas não perecem necessariamente após a colheita. São culturas perenes o café, citrus, seringueira, amora para sericicultura e outras frutíferas.
  - d) **Cultura Temporária** – são as culturas que completam normalmente todo seu ciclo de vida durante uma única estação, perecendo após a colheita. Como exemplo, tem-se: Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, mamão, mandioca, maracujá, etc. sendo a cana-de-açúcar a cultura mais significativa na bacia do ribeirão Baguaçu.
  - e) **Pastagens** – Constituem a área de maior recobrimento na bacia e ocorre em diversos padrões, com áreas visivelmente organizadas para a pecuária, apresentando pastos com diversas fases de crescimento, indicando um rodízio de uso, ou como áreas que aparentemente encontram-se abandonadas, sem qualquer tratamento.
- As três qualidades de capim existente na bacia do ribeirão Baguaçu são: Braquiária (*Brachiaria spp*), capim colônia (*Panicum maximum*) e capim napier ou capim elefante (*Pennisetum purpureum*), todos da família das *gramineae*.
- f) **Reflorestamento** – constituem as formações florestais artificiais, disciplinadas e homogêneas com predomínio das espécies do tipo Pinus (*Pinus spp*) e Eucaliptos (*Eucalyptus spp*). Os reflorestamentos na bacia são pequenos e dispersos por toda região.

**g) Vegetação Natural** – a vegetação natural refere-se as florestas ainda intocadas, bem como aquelas em adiantado grau de regeneração. A capoeira é o tipo de vegetação que representa a fase inicial de regeneração de uma mata natural. Já o cerrado/cerradão são formações vegetais constituídas por dois estratos distintos, a saber: No primeiro estrato ocorrem ombrófitas rasteiras ou herbácea arbustiva. O segundo estrato é constituído por indivíduos do porte arbustivo ou por pequenas formas arbóreas de caules tortuosos, constituindo-se em sub-bosques que não ultrapassam a altura de cinco a seis metros.

As formações florestais de mata natural na região da bacia do ribeirão Baguaçu possuem estrutura variável e mal conhecida, pois em sua quase totalidade foi devastada, sendo substituída pela agropecuária.

As vegetações de várzeas, cujas características básicas são arbustos e arboretos, podendo em certas situações apresentar vegetação arbórea, são formações características de planícies e vales próximos à inundações periódicas e são denominadas Florestas de Várzea. A vegetação de várzea aparece, na maioria das vezes, junto aos maiores córregos e ribeirões da bacia.

Os dados apresentados nesse trabalho de pesquisa foram fornecidos pela Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, através dos dados censitários levantados anualmente por aquela Secretaria, através do PROJETO LUPA ( Projeto de Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo).

O Projeto Lupa tem o amparo da Lei Estadual nº 8.510 de 29/12/1993, que através da determinação da área cultivada, a mesma é utilizada como um dos critérios no cálculo do índice de participação percentual dos municípios do Estado de São Paulo no Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicações (ICMS).

Dentre os diversos parâmetros que compõem a alíquota dos municípios, três por cento (3%) é proporcional a área cultivada.

Os dados consultados para essa pesquisa referem-se ao ano civil de 2005, pois as atualizações no projeto LUPA são realizadas sempre no ano civil seguinte.

Os dados foram coletados em Novembro de 2006, conforme explicitados na Tabela 12:

<i><b>Tipo de Uso e Ocupação Do Solo com Agricultura</b></i>	<i><b>Área do tipo de Uso (ha)</b></i>	<i><b>Percentual da Área do tipo de uso em relação a Área da bacia (58.506,00 ha)</b></i>
<i><b>Área em Descanso (ha)</b></i>	<i><b>3.465,50</b></i>	<i><b>5,92%</b></i>
<i><b>Área Complementar (ha)</b></i>	<i><b>210,00</b></i>	<i><b>0,36%</b></i>
<i><b>Cultura Perene (ha)</b></i>	<i><b>1.015,40</b></i>	<i><b>1,73%</b></i>
<i><b>Cultura Temporária (ha)</b></i>	<i><b>8.592,40</b></i>	<i><b>14,68%</b></i>
<i><b>Pastagens (ha)</b></i>	<i><b>41.090,70</b></i>	<i><b>70,23%</b></i>
<i><b>Reflorestamento (ha)</b></i>	<i><b>157,60</b></i>	<i><b>0,27%</b></i>
<i><b>Vegetação Natural (ha)</b></i>	<i><b>1.378,30</b></i>	<i><b>2,35%</b></i>
<i><b>Total</b></i>	<i><b>55.909,90</b></i>	<i><b>95,56%</b></i>

No Apêndice, como Anexo C, apresentamos o mapa representativo da bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu com sua ocupação pela agricultura e manchas urbanas, inserida em foto de satélite Landsat no ano de 2004, fornecida pela Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura e Abastecimento de São Paulo.

### 5.2.2 SITUAÇÃO DA PECUÁRIA E ANIMAIS NA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU.

Também, com relação a pecuária e animais, os dados apresentados nesse pesquisa foram obtidos através do PROJETO LUPA da Secretaria do Estado dos Negócios da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, e se referem ao ano civil de 2005.

Na bacia do ribeirão Baguaçu prevalece a prática da bovinocultura de corte, que no ano de 2005 contabilizou 40.649 cabeças. A bovinocultura de corte tem como objetivo a recria e engorda da gado para produção de carne. Já na bovinocultura de leite, o objetivo são os laticínios e indústrias alimentícias cuja matéria prima é o leite de vaca, portanto restringindo-se somente às fêmeas, enquanto a bovinocultura mista é aquela que atende a ambas as explorações, ou seja, cria, recria, engorda e produção de leite.

A Tabela 13 reproduz o movimento de exploração de animais na bacia no ano de 2005.

<i><b>Pecuária e animais na ocupação da bacia do ribeirão Baguaçu</b></i>	<i><b>Quantidade de cabeças</b></i>
<i><b>Bovinocultura de Corte</b></i>	<i><b>40.649</b></i>
<i><b>Bovinocultura de Leite</b></i>	<i><b>5.256</b></i>
<i><b>Bovinocultura Mista</b></i>	<i><b>22.579</b></i>
<i><b>Eqüinocultura</b></i>	<i><b>1.159</b></i>
<i><b>Ovinocultura</b></i>	<i><b>1.593</b></i>
<i><b>Suinocultura</b></i>	<i><b>51.841</b></i>
<i><b>Avicultura de Ovos</b></i>	<i><b>66.158</b></i>
<i><b>Avicultura de Corte</b></i>	<i><b>261</b></i>
<i><b>Avicultura ornamental/Decorativa/Exótica</b></i>	<i><b>11</b></i>
<i><b>Bubalinocultura</b></i>	<i><b>400</b></i>
<i><b>Asininos e Muares</b></i>	<i><b>45</b></i>

### 5.2.3 USO E OCUPAÇÃO DA BACIA PELAS ÁREAS URBANAS.

Dentro do estudo de ocupação do solo de uma bacia hidrológica, a área abrangida pelos conglomerados urbanos é de grande importância na qualidade das águas dos corpos hídricos que dela fazem parte. Nelas vivem seres humanos que, no seu dia a dia necessitam de água potável e produzem resíduos sólidos e efluentes, principalmente de esgoto doméstico.

Dependendo da concentração e dimensões desses conglomerados urbanos, uma grande parcela de solo da bacia tende a ser impermeabilizado, impedindo a infiltração de parte das precipitações pluviométricas ocasionando enchentes em regiões da mancha urbana, principalmente em córregos de fundo de vale.

O volume escoado superficialmente transporta sólidos aos corpos d'água, aumentando seu teor (dissolvidos e em suspensão), além de também carrear matérias orgânicas, como lixo, folhas, galhos, restos de animais mortos, fezes, ocasionando um aumento da DBO aos corpos d'água.

Especialmente no caso da bacia do ribeirão Baguaçu, ocorrem duas manchas urbanas significativas: a zona urbana de Bilac-SP em sua totalidade e, parcialmente a zona urbana de Araçatuba-SP pertencente a bacia em estudo.

A concentração urbana da cidade de Bilac ocupa uma área de aproximadamente 3,93 km<sup>2</sup> da bacia hidrográfica, distando seu limite de zona urbana 3,5 km do ribeirão Baguaçu. Entretanto, o córrego Colônia, tributário do ribeirão Baguaçu, passa pelo perímetro urbano da cidade onde recebe, além das águas pluviais, todo o efluente de esgoto doméstico da cidade.

Bilac conta com 2.524 economias interligadas às redes de água para abastecimento e captação de esgoto, respectivamente. O abastecimento de água potável do município é na sua totalidade, por exploração de água subterrânea, que dispõe para tanto de treze (13) poços tubulares profundo perfurados no aquífero freático.

O setor de abastecimento de água da Prefeitura Municipal de Bilac explora uma vazão média de 0,35 m<sup>3</sup>/s que, antes de serem disponibilizadas à população recebem um tratamento de cloração e fluoretação.

Quanto à produção de efluente de esgoto doméstico, a informação obtida no Departamento de Obras daquela localidade (Eng<sup>o</sup> Ciro Deps) é de que o município produz e o lança praticamente “in natura” no córrego Colônia, pois as lagoas de estabilização ali existentes perderam parte de sua eficiência no tratamento de esgoto.(PM-BILAC-2007).

Dentre os equipamentos urbanos existentes no município de Bilac, o aterro sanitário é, sem dúvida, uma conquista importante sendo todo o resíduo sólido produzido é acomodado corretamente naquele local.

A cidade tem 92% de suas ruas e avenidas pavimentadas, o que se traduz em constantes enchentes em córregos de fundo de vale da cidade e no próprio córrego Colônia no seu ponto de travessia na rodovia SP-461, próximo a desembocadura no ribeirão Baguaçu.

O município dispõe de 35 unidades de indústrias de transformação ocupando 592 pessoas e, as duas únicas indústrias que não se encontram interligadas à rede de esgoto do município, só produzem resíduos sólidos.(P.M. BILAC – 2007)

A segunda e mais importante mancha urbana a ocupar a bacia do ribeirão Baguaçu é a parcela da cidade de Araçatuba cuja área é de 21,43 km<sup>2</sup>, sendo que esta ocupa aproximadamente 42% da área total da zona urbana, fazendo com que, nesse trecho o ribeirão Baguaçu se torne urbano, com ambas as margens densamente urbanizadas.

A água de abastecimento no município é explorada pelo Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba-DAEA, órgão autônomo que, para o consumo das economias situadas dentro da bacia em estudo promove a captação de água bruta no ribeirão Baguaçu e destina às economias circunscritas no perímetro aproximadamente 0,29 m<sup>3</sup>/s de água tratada pelo método convencional, clorada e fluoretada. Na bacia do Baguaçu, assim como em toda a cidade, as economias dispõem de água tratada (100%) que retorna ao corpo hídrico após tratamento pela ETE de lodos ativados.

A tabela 14 mostra a distribuição das economias na bacia do ribeirão Baguaçu, em Araçatuba:

Tabela 14 – Distribuição das economias na bacia do ribeirão Baguaçu, em Araçatuba

<b>Tipo de Economia</b>	<b>Numero de Economias</b>	<b>Rede Água</b>	<b>Rede Água/Esgoto</b>
<b>Residencial</b>	<b>19.347</b>	<b>426</b>	<b>18.921</b>
<b>Comercial</b>	<b>1.602</b>	<b>35</b>	<b>1.567</b>
<b>Industrial</b>	<b>58</b>	<b>1</b>	<b>57</b>
<b>Pública</b>	<b>53</b>	<b>1</b>	<b>52</b>

**FONTE: SANEAR (2007)**

A bacia do ribeirão Baguaçu recebe em Araçatuba uma vazão média de 0,45 m<sup>3</sup>/s de clarificado (efluente) produzido pelo tratamento de esgoto por lodos ativados da ETE de Araçatuba conforme informações verbais do engenheiro Reinaldo Murakami (Sanear-Araçatuba), cujo valor da DBO média do efluente lançado é menor ou igual ( $\leq$ ) a 30 mg/L ( 90% de eficiência, aproximadamente). Estima-se que 62,20% dessa vazão, ou seja, 0,28 m<sup>3</sup>/s tenha sido produzida pela mancha urbana inserida na bacia em estudo.

Dentre seus equipamentos urbanos, o município de Araçatuba dispõe de aterro sanitário onde são acomodados seus resíduos sólidos produzido pela população, coletados três (3) vezes por semana. Também dispõe de sistema de varrição de ruas.

As ruas e avenidas que compõem sua malha viária dentro da bacia, tem 98,3% de seu leito carroçável pavimentado, o que também tem ocasionado enchentes pontuais no ribeirão Baguaçu, dentro do seu trajeto urbano.

Nenhum dos dois parques industriais existentes no município estão localizados na bacia, entretanto duas grandes indústrias (Parmalat e Nestlé) acham-se instaladas nas margens do ribeirão, lançando seus efluentes na rede de emissários ali existente, onde são tratados e devolvidos ao corpo d'água. Nenhuma das duas indústrias citadas fazem captação no ribeirão Baguaçu.

#### **5.2.4 SITUAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA QUANTO À EROSÃO.**

Para definição das áreas mais suscetíveis à erosão, foi utilizado como fonte de consulta o Mapa de Erosão do Estado de São Paulo, elaborado pelo Convênio IPT-DAEE, trabalho esse realizado em 1995, e apresentado em escala 1:1.000000. O mapa procura localizar as áreas com risco de erosão dentro do Estado de São Paulo a partir de uma abordagem morfopedológica, procurando integrar as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas das diversas áreas estudadas.

No caso do ribeirão Baguaçu, o mapa apresenta três áreas de suscetibilidades em todo o seu percurso.

O primeiro trecho, entre a nascente e o ponto cujas coordenadas é S21° 24' / W50° 28' , portanto a 16,54 km do início do ribeirão, o solo é apontado como Classe I – muito alta suscetibilidade à erosão, subclasse Ia.

Nesse trecho do ribeirão a geologia se apresenta sob forma de arenitos da formação Adamantina cuja podologia indica solos arenosos podzólicos, vermelho-escuro e areias quartzosas, coesão baixa e lençol freático raso. Os processos mais importantes são a erosão laminar muito intensa e assoreamento sistemático dos cursos d'água.

No segundo trecho, que segue até o ponto cujas coordenadas são S21° 19,7' / W50° 29,5' tem uma extensão de 13,8 km a partir do primeiro ponto, e esta assentado sobre um terreno considerado pelo mapa de erosão como de suscetibilidade alta, classe II, subclasse IIa. Esse trecho apresenta-se com arenitos da formação Adamantina e podologia relatando solos arenosos, podzólicos de textura média/argilosa, não abruptica, vermelho-amarelo, coesão baixa e lençol freático raso.

Também nesse caso, encontramos processos de erosão laminar intensa e assoreamento dos cursos d'água.

E, finalmente, um terceiro trecho que vai até a desembocadura do ribeirão no rio Tietê, onde o mesmo se encontra apoiado em um terreno de suscetibilidade à erosão de classe III – média, subclasse IIIa. Também da formação Adamantina, os solos são de textura média a granosa, latossolos vermelho-escuro, espessos e homogêneos. Possuem areias quartzosas e seu lençol freático normalmente se apresenta no contato com a formação cristalina de embasamento(rocha).

Os processos erosivos mais freqüentes são as ravinas, boçorocas de encosta, erosão laminar moderada a intensa.

Na região da bacia hidrográfica do Baguaçu, dos quatro municípios percorridos pelo ribeirão, nenhum foi considerado como município crítico pelos elaboradores do mapa consultado.

### **5.2.5 SITUAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA QUANTO A VEGETAÇÃO CILIAR.**

Infelizmente, o processo de ocupação do Brasil caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, particularmente das florestas. A noção de recursos naturais inesgotáveis estimulou e ainda estimula a expansão da fronteira agrícola sem a preocupação com o aumento ou, pelo menos, com a manutenção da produtividade das áreas já cultivadas.

Neste panorama, as matas ciliares não escaparam da destruição, pelo contrário, foram alvo de todo tipo de degradação. Isso porque, muitas cidades foram formadas às margens dos rios, eliminando-se todo tipo de vegetação ciliar. O preço cobrado são as constantes inundações sofridas por estas cidades.

A mata ciliar funciona como um tipo de filtro ambiental, retendo os poluentes e sedimentos que chegariam aos cursos d'água, sendo fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos.

Embora protegidos por lei, as matas ciliares não foram poupadas da degradação ao longo dos anos e a sua importância pede ações que busquem reverter a atual situação. Essas ações estão previstas no Código Florestal Federal, a Lei Federal nº 4.777/65(CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA-2006) que inclui as matas ciliares na categoria de áreas de preservação permanente (APP), ou seja, toda vegetação natural (arbórea ou não) presente ao longo das margens dos rios e no entorno dos reservatórios e nascentes.

De acordo com o Artigo 2º dessa lei, a largura da faixa de mata ciliar a ser preservada esta relacionada com a largura dos cursos d'água.

No caso do ribeirão Baguaçu, cuja largura média esta em torno de dez(10) metros, é obrigatório uma faixa mínima de trinta (30) metros em cada margem.

A Organização Não Governamental (ONG) Brasil-Vivo, com sede em Araçatuba-sp, tem por objetivo principal e único a recuperação das matas ciliares do ribeirão Baguaçu e seus contribuintes. Desde a sua fundação a ONG tem efetuado levantamentos topográficos em toda bacia hidrográfica do Baguaçu, mensurando as áreas de matas ciliares existentes e a recompor, com auxílio de barcos, veículos e fotos do satélite Landsat adquiridas através do INPE em 2006.

No caso em tela, a quase totalidade das matas ciliares inexistentes foram destruídas pelo avanço da agricultura e principalmente pela prática da pecuária, cuja ocupação é quase total na área da bacia. Essa exploração utilizou e utiliza ainda as águas superficiais como bebedouro natural para os rebanhos e a retirada da mata ciliar facilita o acesso do gado à água, além de aumentar a área de pastagens.

Segundo os dados obtidos pela ONG Brasil-vivo as áreas de preservação permanente ainda existentes ao longo do ribeirão Baguaçu totalizam 622,00 hectares, porém, necessitam ainda ser recomposta um total de 244,00 hectares de vegetação nativa.

Esse mesmo estudo indica que ao longo dos córregos tributários (contribuintes) do Baguaçu, a área de preservação permanente existe em 2.473,46 hectares, sendo necessário a recomposição de 2.023,38 hectares de matas ciliares.(ONG-BRASIL-VIVO- 2007).

*Tabela 15 – Quadro de Áreas Existentes e à Recompor da Mata Ciliar do ribeirão Baguaçu e córregos tributários.*

<i>Locais de levantamento</i>	<i>Áreas de Mata Ciliar Existente (hectare)</i>	<i>Áreas de Mata Ciliar a Recompor (hectare)</i>
<i>Ribeirão Baguaçu</i>	<i>622,00</i>	<i>244,39</i>
<i>Tributários do Ribeirão</i>	<i>2.473,46</i>	<i>2.023,38</i>

FONTE: ONG-BRASIL-VIVO (2007)

### **5.3 VAZÃO E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO PERÍODO DO ESTUDO DA BACIA**

#### **5.3.1 – Precipitação Pluviométrica.**

As precipitações pluviométricas ocorridas no período de coleta (10/2005 até 07/2006) foram obtidas no DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE-SP, órgão vinculado à Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. O posto pluviométrico escolhido como referência foi o **C7-037**, localizado no Bairro rural da Água Limpa, pertencente à Bacia do Ribeirão Baguaçu, cujas coordenadas são: S 21° 19' – W 50° 31' e altitude de 410 metros.

O posto foi escolhido por apresentar maior percentual de dados consistentes, conforme avaliação do Relatório Zero fornecido pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, sendo que, os dados foram coletados diariamente com auxílio de pluviômetro graduado simples.

Tais dados são apresentados na Tabela 16:

**Tabela 16 – Dados Pluviométricos da bacia do Ribeirão Baguaçu – Posto C7-073**

<b>Prefixo do Posto</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Total (mm)</b>
<i>C7-073</i>	<i>Outubro</i>	<i>2005</i>	<i>117,00</i>
<i>C7-073</i>	<i>Novembro</i>	<i>2005</i>	<i>73,3</i>
<i>C7-073</i>	<i>Dezembro</i>	<i>2005</i>	<i>155,1</i>
<i>C7-073</i>	<i>Janeiro</i>	<i>2006</i>	<i>209,1</i>
<i>C7-073</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>2006</i>	<i>326,4</i>
<i>C7-073</i>	<i>Março</i>	<i>2006</i>	<i>152,6</i>
<i>C7-073</i>	<i>Abril</i>	<i>2006</i>	<i>28,9</i>
<i>C7-073</i>	<i>Maio</i>	<i>2006</i>	<i>27,0</i>
<i>C7-073</i>	<i>Junho</i>	<i>2006</i>	<i>8,3</i>
<i>C7-073</i>	<i>Julho</i>	<i>2006</i>	<i>8,0</i>

Fonte: Departamento de Água e Energia Elétrica – DAEE-SP/Novembro/2006.

### 5.3.2 Vazões.

Quanto às vazões no período pesquisado, optou-se pelos dados do Posto Fluviométrico pertencente ao DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA-DAEE-SP, de prefixo **7C-014**, sendo este o único existente no Ribeirão Baguaçu. O Posto dispõe de um linígrafo que registra as alturas e as envia ao Dae. Os dados foram fornecidos pelo Departamento, bem como a curva chave, o que propiciou o cálculo das vazões. O Posto tem como localização as seguintes coordenadas: S 21° 14' – W 50° 26'.

Os dados referentes às vazões do ribeirão Baguaçu, registradas no período de estudo estão relacionadas na Tabela 17:

Os dados referentes às vazões do ribeirão Baguaçu, registradas no período de estudo estão relacionadas na Tabela 17:

**Tabela 17 – Dados Fluviométricos do Ribeirão Baguaçu – Posto 7C-014**

<b>Prefixo do Posto</b>	<b>Mês</b>	<b>Ano</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
<i>7C-014</i>	<i>Outubro</i>	<i>2005</i>	<i>1,72</i>
<i>7C-014</i>	<i>Novembro</i>	<i>2005</i>	<i>1,97</i>
<i>7C-014</i>	<i>Dezembro</i>	<i>2005</i>	<i>3,79</i>
<i>7C-014</i>	<i>Janeiro</i>	<i>2006</i>	<i>5,39</i>
<i>7C-014</i>	<i>Fevereiro</i>	<i>2006</i>	<i>10,55</i>
<i>7C-014</i>	<i>Março</i>	<i>2006</i>	<i>4,82</i>
<i>7C-014</i>	<i>Abril</i>	<i>2006</i>	<i>2,52</i>
<i>7C-014</i>	<i>Maio</i>	<i>2006</i>	<i>1,94</i>
<i>7C-014</i>	<i>Junho</i>	<i>2006</i>	<i>1,68</i>
<i>7C-014</i>	<i>Julho</i>	<i>2006</i>	<i>1,42</i>

Fonte: Departamento de Água e Energia Elétrica – DAEE-SP. Novembro/2006.

## 5.4 PARÂMETROS DO IQA.

Os parâmetros avaliados foram agrupados segundo as características físicas, químicas e biológicas, especificando-se os pontos de coleta de modo a facilitar o entendimento.

### 5.4.1 – Parâmetros Físicos.

#### A) TEMPERATURA.

As variações de temperatura observada nas amostras analisadas e, entre os pontos de coleta, são motivadas pelo regime climático normal.

Na Tabela nº 18, dados relativos aos valores das temperaturas obtidas nas quatro coletas anuais em cinco pontos de coleta do Ribeirão Baguaçu:

*Tabela 18 – Distribuição dos resultados de Temperatura nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta.(°C)*

<i>Número da Coleta</i>	<i>P 1</i>	<i>P 2</i>	<i>P 3</i>	<i>P 4</i>	<i>P 5</i>
<i>1ª Coleta (10/2005)</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>	<i>24,0</i>	<i>26,0</i>	<i>23,5</i>
<i>2ª Coleta (01/2006)</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>
<i>3ª Coleta (04/2006)</i>	<i>24,0</i>	<i>23,0</i>	<i>23,0</i>	<i>25,0</i>	<i>25,0</i>
<i>4ª Coleta (07/2006)</i>	<i>20,0</i>	<i>19,0</i>	<i>19,0</i>	<i>21,0</i>	<i>20,0</i>

Como se constata na Tabela 18, na primeira coleta de amostras em 10/2005, portanto na primavera, as variações foram pequenas, ressaltando tão somente o ponto de coleta número quatro, que está posicionado a aproximadamente 200 metros à jusante do lançamento de efluente da ETE-Araçatuba. O elevado volume de efluente lançado no ribeirão Baguaçu, com temperaturas mais altas, acaba elevando a temperatura do ribeirão naquele ponto. Em todas as quatro coletas observou-se esse comportamento no ponto quatro.

Já no ponto de coleta número cinco, a temperatura do ribeirão se equilibra com a do rio Tietê, pois esse ponto está localizado na foz do ribeirão, que deságua na bacia de inundação da Usina de Três Irmãos (CESP). O remanso provocado no ribeirão mistura suas águas com a do lago, equilibrando assim a temperatura naquele ponto.

De maneira geral, as águas do rio Tietê são mais frias que a do ribeirão Baguaçu, entretanto, no verão em que se efetuou a segunda coleta (10/2006), as temperaturas se igualaram em todos os pontos. Como era de se esperar, as temperaturas caíram nas coletas de outono e inverno, ressaltando-se que as diferenças mantiveram suas normais variações em torno de  $-1^{\circ}\text{C}$  e  $2,5^{\circ}\text{C}$ .

Se observarmos na Figura 1, a curva média de variação do parâmetro de Temperatura assinala como a posição mais favorável à obtenção do maior valor de  $qi$  para o cálculo do IQA seria a diferença zero de temperatura.

A medida em que os valores da diferença de temperatura tendem a aumentar entre os pontos pesquisados, os valores de  $qi$  caem abruptamente, sendo que, uma diferença de cinco graus positivos, projeta um valor de aproximadamente 50% menor.

Pelo gráfico 01, que determina a variação temporal e espacial da temperatura, verifica-se uma lógica, tendo estas maiores valores nos períodos chuvosos (primavera e verão) e menores nos períodos menos chuvosos (outono e inverno).

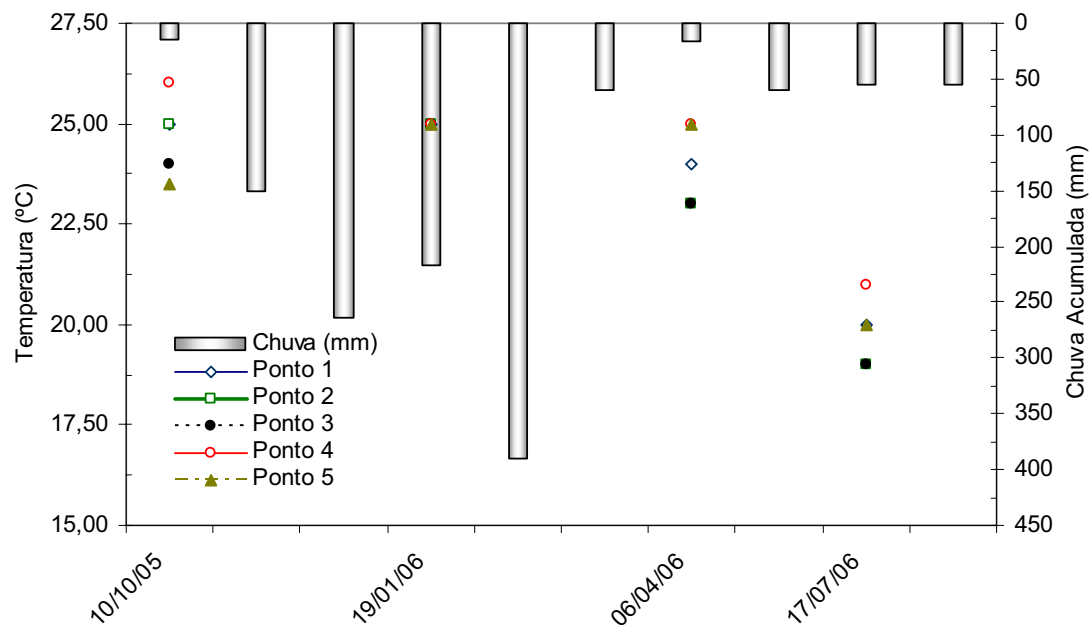


Gráfico 01 – Variação espacial e temporal da Temperatura nos pontos de amostragens do ribeirão Baguaçu.

Se comparado às pesquisas realizadas no córrego Água da Bomba e seus afluentes, no município de Regente Feijó-SP, realizada por Molina (2006), podemos afirmar que, a média das temperaturas obtidas no ribeirão Baguaçu, praticamente no mesmo período do ano que o realizado no córrego Água da Bomba é maior (23,4° C). Na pesquisa de Molina (op cit), o córrego acusou uma temperatura média no período de pesquisa (21/09/04 a 18/06/05) de 22,4° C.

Muito embora a média de temperatura do córrego Água da Bomba seja menor que a média do ribeirão Baguaçu, ela não contribui para a piora da qualidade da água. Naquele, Molina (op cit) encontrou uma média de desvio padrão nos pontos aferidos em torno de 2,3 ° C, valores esses que, para o cálculo do IQA projetam um qs próximo de 90. Deve-se lembrar que o valor máximo possível de qs para esse parâmetro é 92, sendo que a diferença fica em torno de 2,2%.

No ribeirão Baguaçu a média do desvio padrão esteve muito próximo do encontrado na córrego Água da Bomba mostrando que também a qualidade de suas águas não sofreram influência pela variação das temperaturas obtidas.

## B) SÓLIDOS TOTAIS.

Nas pesquisas relativas à qualidade das águas naturais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

No controle operacional de sistemas de tratamento de esgotos, algumas frações de sólidos assumem grande importância, principalmente em sistemas aeróbios, como é o caso da Estação de Tratamento de Esgotos de Araçatuba pelo Sistema de Lodos Ativados com Aeração Prolongada, cujo efluente é lançado no ribeirão Baguaçu, o qual a concentração de sólidos em suspensão voláteis no lodo dos

reatores tem sido utilizado para estimar a concentração de microrganismos decompositores da matéria orgânica.

Para os recursos hídricos, os sólidos são impactantes para a vida aquática. Sua sedimentação nos leitos destroem os organismos que fornecem alimentos, além de reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo uma decomposição anaeróbia.

Na Tabela 19, dados relativos aos valores dos Sólidos Totais obtidos nas quatro coletas anuais em cinco pontos de coleta do ribeirão Baguaçu.

*Tabela nº 19 – Distribuição dos resultados de Sólidos Totais nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta(mg/L)*

<b>Número da Coleta</b>	<b>P 1</b>	<b>P 2</b>	<b>P 3</b>	<b>P 4</b>	<b>P 5</b>
<b>1ª Coleta (10/2005)</b>	<b>105</b>	<b>113</b>	<b>118</b>	<b>213</b>	<b>125</b>
<b>2ª Coleta (01/2006)</b>	<b>108</b>	<b>110</b>	<b>114</b>	<b>268</b>	<b>120</b>
<b>3ª Coleta (04/2006)</b>	<b>88</b>	<b>106</b>	<b>93</b>	<b>266</b>	<b>123</b>
<b>4ª Coleta (07/2006)</b>	<b>133</b>	<b>88</b>	<b>90</b>	<b>213</b>	<b>110</b>

Se observarmos, primeiramente a relação de quantidade dos sólidos totais obtido nas amostras coletadas, sem duvida alguma se observa um aumento gradual de sólidos da nascente (ponto 1) para a foz (ponto 5), havendo tão somente uma descontinuidade no ponto de coleta quatro, onde se constata um aumento excessivo de sólidos em todos os períodos do ano pesquisado, facilmente explicado, uma vez que o mesmo encontra-se à jusante do ponto de lançamento de efluentes da ETE (aproximadamente 200 metros).

Entretanto, já na foz esse valor diminui a níveis normais de acréscimo de sólidos, coerente com a taxa média do ribeirão em estudo, provavelmente pela diluição das suas águas, ocasionada pela intrusão das águas do rio Tietê.

Observa-se que na figura nº 4-A, a melhor situação para o resultado do IQA seria o parâmetro apresentar valores em torno de 50 mg/L, o que projetaria um qi de aproximadamente 88.

Entretanto, valores em torno de 250 mg/L (400% a mais que a concentração ótima) projetaria valores de qi = 69 (21,6% a menor). Essa situação acontece somente no ponto de coleta número quatro, sendo a média dos demais pontos em torno de 110 mg/L, mais próximo do valor ótimo (50 mg/L).

No ponto de coleta numero quatro, a média das quatro estações do ano projetou um valor em torno de 240 mg/L. Nos períodos de outono e inverno (terceira e quarta coleta) as médias estiveram em torno de 104 mg/L, projetando um valor de qi, para cálculo do IQA próximo de 85.

No gráfico nº 02, que determina a variação temporal e espacial dos Sólidos Totais nos pontos de coleta de amostras, observa-se um aumento do parâmetro nas estações mais chuvosas motivadas pelo escoamento superficial das chuvas no solo saturado carreando partículas para o interior do corpo hídrico, além das erosões que o aumento de vazão provoca em suas margens.

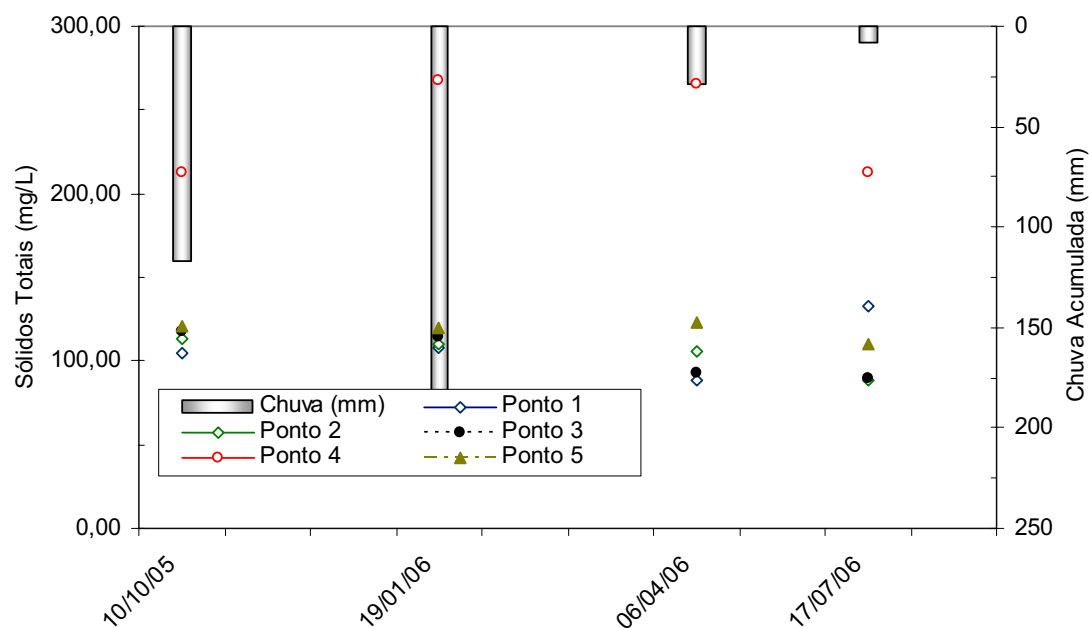


Gráfico 02 – Variação espacial e temporal da concentração de Sólidos Totais nos pontos de amostragem do ribeirão Bagaçu.

Molina (2006) encontrou em seus estudos sobre o córrego Água da Bomba e seus tributários, em Regente Feijó-SP, valores de sólidos totais variando entre 173,5 mg/L e 324,5 mg/L. Comparando esses valores com os obtidos no ribeirão Bagaçu, ainda que se considere este de maior vazão, os valores obtidos são menores. O valor mínimo de sólidos totais no Bagaçu foi de 88,0 mg/L obtido em abril/2006 (outono) portanto período de seca, e o valor máximo foi de 268,0 mg/L obtido em 01/2006 (verão), período chuvoso. O valor médio dos sólidos totais no ribeirão Bagaçu é de 135,20 mg/L.

Dos valores de sólidos totais obtidos por Molina (op cit) as médias percentuais estão 17% abaixo do valor ideal para cálculo do IQA (50 mg/L) que projeta um valor de  $qs = 88$ . Esse percentual acentuado influenciou negativamente na qualidade da água do córrego Água da Bomba. Já no ribeirão Bagaçu, a média percentual esteve abaixo do valor ideal em apenas 7,9%, não havendo um comprometimento maior da qualidade da água durante o período de estudo.

### C) TURBIDEZ.

A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido a presença de sólidos em suspensão, tais como, partículas inorgânicas e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plânctons em geral, etc. Na Tabela nº 20, dados relativos aos valores de Turbidez obtidos nas quatro coletas anuais em cinco pontos do ribeirão Bagaçu.

Tabela 20 – Distribuição dos resultados de Turbidez nos pontos de amostragem do Ribeirão Bagaçu, nos quatro períodos de coleta (uT)

Número da Coleta	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
1ª Coleta (10/2005)	3,49	16,50	6,84	16,10	16,10
2ª Coleta (01/2006)	12,10	22,60	18,90	18,00	18,00
3ª Coleta (04/2006)	12,30	23,70	20,20	9,50	9,50
4ª Coleta (07/2006)	1,76	11,20	2,20	4,40	4,40

Esgotos sanitários provocam elevação da turbidez das águas, como se observa na tabela nº 20 no ponto de coleta número dois, à jusante da foz do córrego Colônia, contribuinte do ribeirão Baguaçu, que recebe o efluente da ETE da cidade de Bilac-SP. A média da turbidez nesse ponto, nas quatro coletas está em torno de 18,50unT. Interessante observar que no ponto de coleta número quatro, a jusante do ponto de lançamento da ETE-Araçatuba, os valores da turbidez da água do ribeirão em estudo mantiveram-se os mesmos ou até diminuíram nos períodos de outono e inverno, quando as chuvas são escassas e a vazão do ribeirão decai.

Desse comportamento podemos deduzir que a eficiência do tratamento de esgotos na ETE, pelo processo de lodos ativados, é alta, produzindo um efluente bastante clarificado (turbidez muito baixa).

Também um aumento do parâmetro no período chuvoso pode ser observado (segunda coleta), cuja média de turbidez foi de 14,96 unT, provavelmente ocasionado por mau uso do solo na bacia e conseqüente erosão em alguns pontos das margens, desprotegidas pela vegetação ciliar inexistente.

Brigante et al., (2003) relatam medidas de turbidez no rio Mogi-Guaçu em pontos com características semelhantes às do ribeirão Baguaçu, onde foram observados no período de Agosto/00 medidas de turbidez entre 20 unT e 80 unT. Próximo a essa período do ano, na quarta coleta (07/2006) a turbidez no ribeirão Baguaçu variou entre 1,76 unT e 11,20 unT, o que demonstra a boa qualidade desse corpo hídrico. O mesmo estudo relata no rio Mogi-Guaçu em coletas realizadas em Março/01, índices de turbidez variando entre 150 unT e 30 unT. Comparativamente, em Abril/2006 no ribeirão Baguaçu, obteve-se índices entre 4,21 unT e 20,2 unT.

Considerando todos os pontos de coleta em todas as estações do anos, conclui-se que o ribeirão Baguaçu, do ponto de vista do parâmetro Turbidez, encontra-se dentro do que é exigido para Águas doces de classe 2 na Resolução Conama 357/2005 (MMA-2005), cujo limite máximo é 100 unT (Artigo 15º, Item IV), valor esse não atingido pelo corpo d'água em estudo, mesmo no trecho em que sua classificação é 4.

Com relação ao cálculo do IQA, um aumento de 10 unT representa uma queda de 25% no valor do qi, como se pode observar na figura nº 4-A.

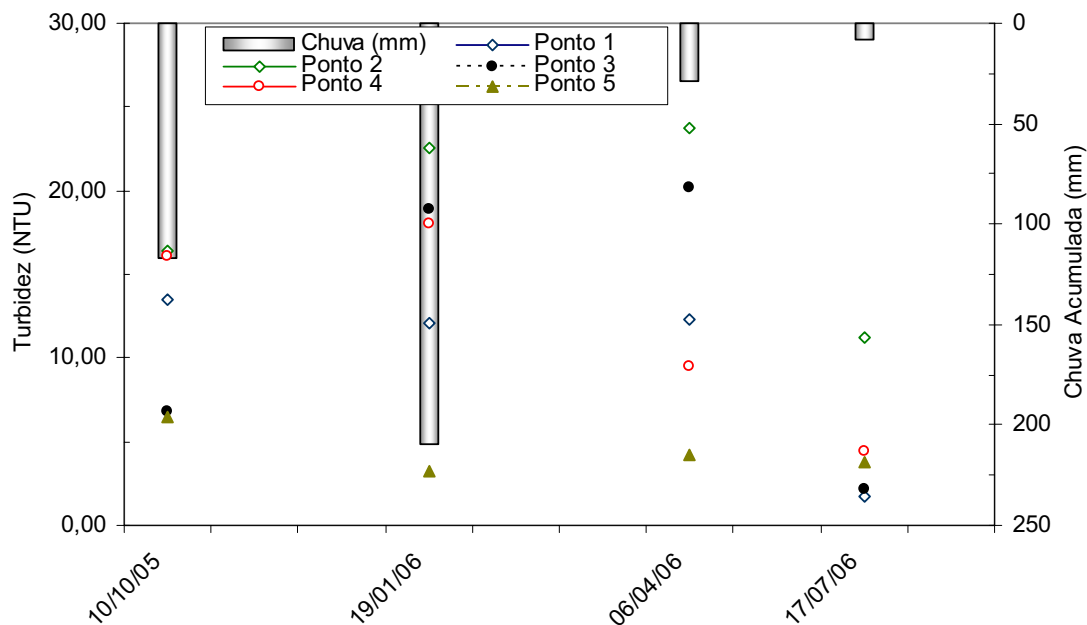


Gráfico 03 – Variação espacial e temporal da concentração de Turbidez nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu.

#### 5.4.2 Parâmetros Químicos

##### A) POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).

Os ecossistemas aquáticos naturais são susceptíveis às influências da variação do pH, uma vez que, tal parâmetro pode regular o equilíbrio químico que ocorrem naturalmente. Nos processos de tratamento de águas (ETA's) o pH é parâmetro importante, bem como em muitos estudos no campo do saneamento ambiental.(CETESB- 2004)

Na Tabela nº 21 encontramos os valores obtidos nos pontos de coleta do ribeirão Baguaçu, nas quatro coletas anuais:

Tabela 21 – Distribuição dos resultados de pH nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta

Número da Coleta	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
1ª Coleta (10/2005)	7,3	7,3	6,9	7,5	7,4
2ª Coleta (01/2006)	7,2	7,2	7,0	7,5	7,6
3ª Coleta (04/2006)	7,0	7,2	7,0	7,5	7,2
4ª Coleta (07/2006)	7,1	7,4	7,2	7,5	7,3

Segundo Libânio (2005) as águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo esse adequado à manutenção da vida aquática, embora a prevalência da matéria orgânica concorra para valores abaixo de 5. Essa afirmação se reflete nos valores do pH observados nos resultados obtidos, cujo intervalo de variação encontra-se entre os limites de 6,9 a 7,6.

Importante ressaltar a regularidade no ponto número quatro, a jusante do lançamento da ETE-Araçatuba, cujos valores não sofreram influências nos períodos chuvosos e tampouco nos períodos secos.

Tal fato é creditado à qualidade do efluente lançado por aquela ETE que, por utilizar o processo de lodos ativados no seu tratamento tem no pH um parâmetro importante, que deve ser controlado de forma rigorosa.

Analisando cada ponto em relação as quatro coletas (excetuando-se o ponto numero quatro e numero dois) observamos um pequeno decréscimo do pH no período de outono/inverno (seco) variando de 0,1 a 0,2.

Referenciando-se ao cálculo do IQA, o valor ótimo para o pH na curva média do parâmetro é 7,2, projetando um valor do qi de aproximadamente 92, conforme a Figura nº 3-A

As médias obtidas no período da primavera/verão (chuvoso) entre os cinco pontos de coleta fora 7,28 e 7,30 respectivamente. No outono/inverno (seco) as medias variaram entre 7,18 e 7,30 respectivamente.

Com relação as médias obtidas nos cinco pontos, nas quatro coletas, os valores variaram entre 7,03 e 7,50, projetando um valor médio de 7,26, muito próximo do pH ótimo de 7,20. É conveniente lembrar a importância do parâmetro no cálculo do IQA, pois o seu peso representa 12% entre os demais parâmetros.

Para os padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005, as águas do ribeirão Baguaçu se posicionam dentro dos limites para água doce classe 1, apesar do ribeirão ter classificação dois, cujo intervalo é de 6,0 a 9,0 (Artigo 14º, item I, letra m) (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-2005).

A variação temporal e espacial do parâmetro em relação às chuvas no período de estudos podem ser observados no Gráfico nº 04:

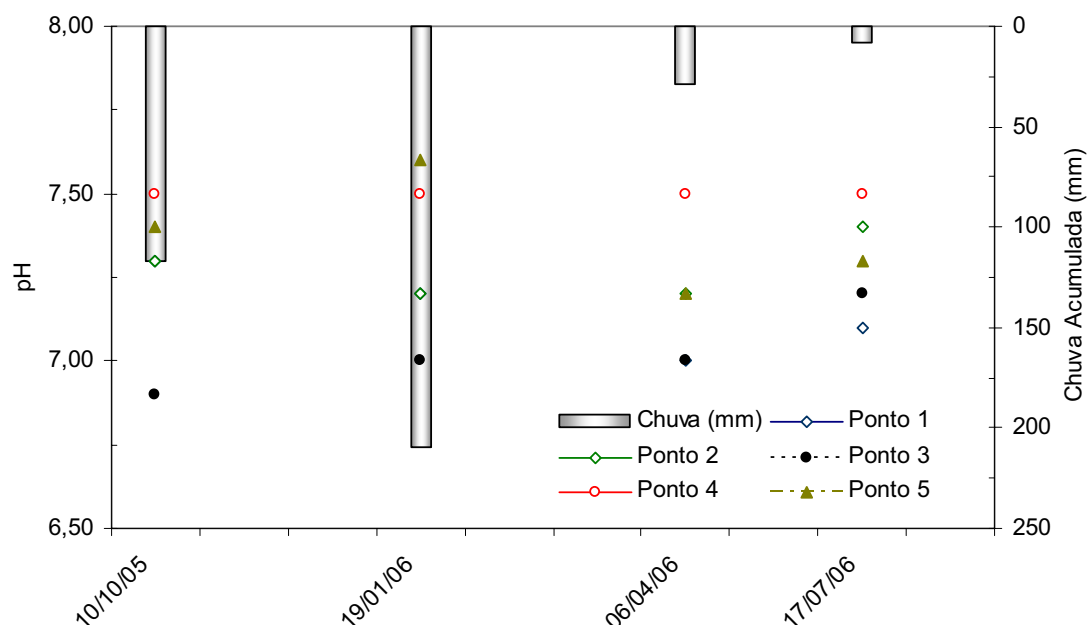


Gráfico 04 – Variação espacial e temporal da concentração de pH nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu.

Ao realizar a avaliação da qualidade da água de duas micro-bacias do rio Mogi-Guaçu (SP), qual sejam, a micro-bacia dos rios Oriçanga e Itupeva, Silveira (2005) encontrou valores de potencial hidrogeniônico (pH) abaixo de sete (7) valor esse considerado uma situação de neutralidade.

No rio Itupeva, no período de julho/2005 a Novembro/2005 a média obtida do pH é de 5,58, com valor mínimo de 4,80 e máximo de 6,22. No rio Oriçanga, a média do pH é de 6,83, para o mesmo período de coleta do anterior, sendo seu valor mínimo de 6,43 e máximo de 7,27. São valores de pH que indicam águas ácidas, se comparados aos valores de pH encontrados no ribeirão Baguaçu, cuja média dos pontos de coleta é de 7,26, com valor mínimo de 6,9 e máximo de 7,6 portanto águas muito próximas da neutralidade.

Von Sperling (1996) menciona que os valores de pH muito afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática, por exemplo, os peixes e também os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos. No caso do ribeirão Baguaçu, observou-se que os valores mantiveram-se dentro de uma faixa aceitável, tanto para vida aquática como para o Índice de Qualidade de Água.

## B) NITROGÊNIO TOTAL.

Para melhor visualização da variação da concentração de nitrogênio total obtida nas amostras coletadas no ribeirão Baguaçu, a Tabela 22 mostra valores compatíveis, exceto no ponto número quatro que, por se encontrar à jusante do lançamento da ETE, esperava-se mesmo valores mais altos.

*Tabela 22 – Distribuição dos resultados de Nitrogênio Total nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta(mg/L)*

<b>Número da Coleta</b>	<b>P 1</b>	<b>P 2</b>	<b>P 3</b>	<b>P 4</b>	<b>P 5</b>
<b>1ª Coleta (10/2005)</b>	<b>0,30</b>	<b>0,50</b>	<b>0,60</b>	<b>5,00</b>	<b>0,6</b>
<b>2ª Coleta (01/2006)</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,31</b>	<b>8,80</b>	<b>0,34</b>
<b>3ª Coleta (04/2006)</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>0,25</b>	<b>6,80</b>	<b>0,22</b>
<b>4ª Coleta (07/2006)</b>	<b>0,04</b>	<b>0,33</b>	<b>0,08</b>	<b>1,23</b>	<b>0,10</b>

No outono, elas aumentam suas concentrações devido à diminuição das águas pluviais e conseqüente queda da vazão do ribeirão em estudo. Também no sentido espacial do corpo hídrico, nota-se um aumento significativo ao longo do curso d'água e, no caso em tela essa variação sofre um aumento médio de 0,1 mg/L de um ponto a outro, sofrendo forte descontinuidade apenas no ponto quatro, conforme já relatado.

Interessante observar que, apesar de bastante alterado no ponto de coleta número quatro o ribeirão também consegue encontrar as águas do rio Tietê com valores de nitrogênio total compatíveis com os valores obtidos nos pontos anteriores ao lançamento da ETE. Tal fato é explicado pela diluição provocada pelas águas do rio Tietê, visto que, o ponto cinco localiza-se exatamente na desembocadura do ribeirão.

No que se refere à importância do parâmetro no cálculo do IQA, podemos observar na Figura nº 2-A, que o valor ótimo do qi (=100) corresponderia a uma concentração zero de nitrogênio total. Para um aumento de 10 mg/L de concentração, o qi tem seu valor projetado para 50.

Entretanto, os cálculos das médias de nitrogênio total nos pontos de coleta 1, 2, 3 e 5 apontaram para valores em torno de 0,24 mg/L com variações de 0,07 mg/L. Portanto, nos pontos acima citados, os valores do qi flutuaram em torno de 98,8. Lembrando que dentre os parâmetros do IQA, o nitrogênio total tem peso 0,10 (10%).

De acordo com o gráfico 5, pode-se observar a variação temporal e espacial do nitrogênio total nos pontos 1,2,3 e 5 de coleta das amostras em função das chuvas no período de estudo do ribeirão.

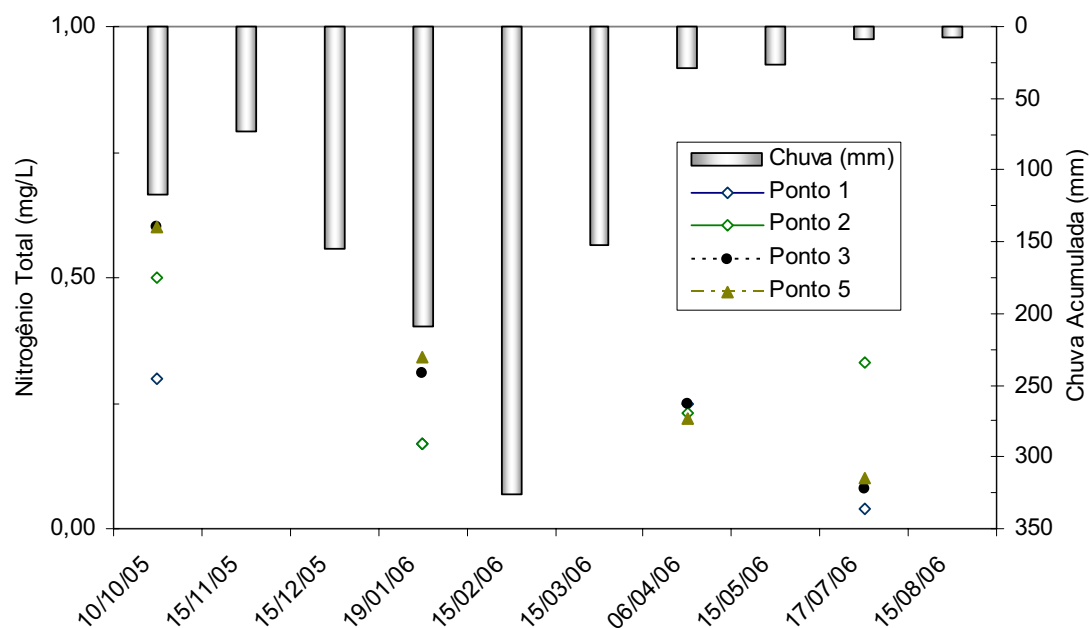


Gráfico 5- Variação espacial e temporal da concentração de nitrogênio total nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 5 do ribeirão Bagaçu.

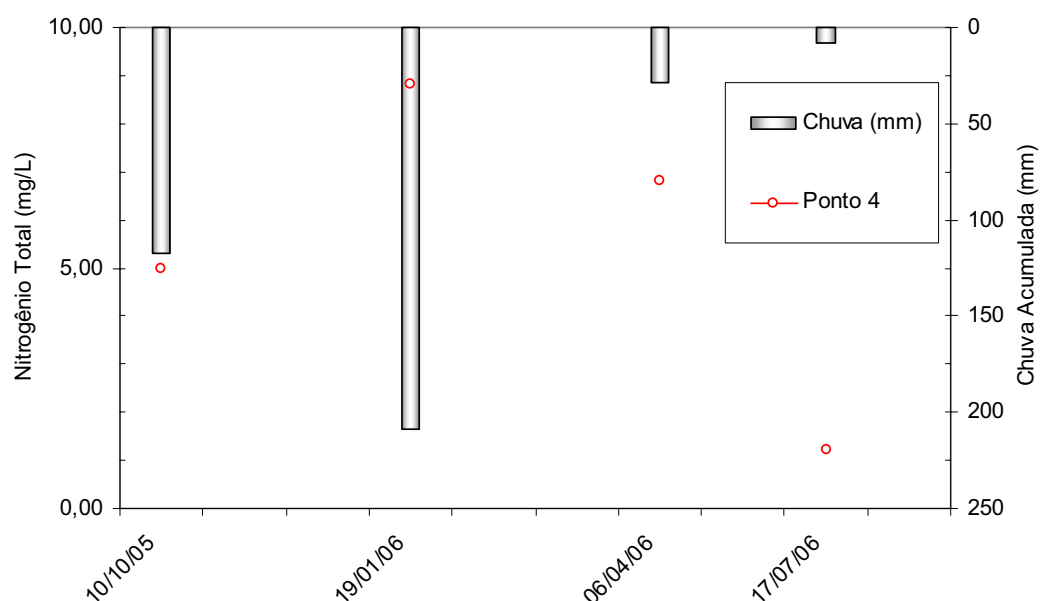


Gráfico 5-A – Variação espacial e temporal da concentração de Nitrogênio Total no ponto de amostragem nº4 do ribeirão Bagaçu

Molina (2006) observou para o córrego Água da Bomba em Regente Feijó,SP, valores de nitrogênio total que variaram de 1,0 mg/L para o valor mínimo até 22,0 mg/L para valor máximo, projetando um teor médio de 7,9 mg/L de nitrogênio naquele corpo hídrico.

Apesar do ribeirão Baguaçu receber efluente de ETE's, o teor do parâmetro nitrogênio pode ser considerado baixo, variando entre valores mínimo de 0,03 mg/L até máximo de 8,8 mg/L. A média obtida no período de pesquisa foi de 1,28 mg/L de nitrogênio total, o que garante ao ribeirão Baguaçu uma situação controlada quanto a possíveis processos de eutrofização, além de fornecer condições favoráveis à vida aquática.

### C) FÓSFORO TOTAL.

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais elementos químicos para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido em grande quantidade pelas células.

Em destaque, os valores e variações de fósforo total obtidas das amostras coletadas e explicitadas na Tabela 23:

*Tabela 23 – Distribuição dos resultados de Fósforo Total nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta (mg/L)*

<b>Número da Coleta</b>	<b>P 1</b>	<b>P 2</b>	<b>P 3</b>	<b>P 4</b>	<b>P 5</b>
<b>1ª Coleta (10/2005)</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>0,05</b>	<b>0,30</b>	<b>0,03</b>
<b>2ª Coleta (01/2006)</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,84</b>	<b>0,03</b>
<b>3ª Coleta (04/2006)</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,32</b>	<b>0,04</b>
<b>4ª Coleta (07/2006)</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,98</b>	<b>0,02</b>

Analisando-se os teores de fósforo total nos pontos de coleta, observou-se, assim como no parâmetro de nitrogênio total, um aumento gradativo da nascente para a foz. Tal regularidade sofre um desequilíbrio somente no ponto número quatro, quando os teores de fósforo total, foram abruptamente alterados (média de 0,576 mg/L nas quatro coletas anuais) advindas do lançamento da ETE. Entretanto esses teores retornam em patamares normais do ribeirão ao atingir o ponto de coleta cinco, na foz do rio Tietê. (média de 0,03 mg/L nas quatro coletas anuais)

Tal como sucedido para o nitrogênio total, também o teor do fósforo total tende a voltar aos valores medianos dos pontos que o antecedem, certamente por um processo de auto depuração do ribeirão em estudo, visto que, no percurso final entre esse dois últimos pontos (aproximadamente 17,7 quilômetros), percorre apenas através de áreas de pastagens (maior parte) e cultivos, com alguns trechos de mata ciliar, sem interferência de manchas urbanas ou efluentes industriais ou domésticos. Também colabora para isso a diluição que ocorre com a intrusão das águas do rio Tietê.

Em relação à importância do parâmetro no cálculo do IQA, o mesmo representa dez por cento de peso no cálculo do índice, sendo que, sua condição ótima na curva média de variação ( $q_i=100$ ) corresponde a um teor de fósforo total igual a zero.

Para valores de 0,5 mg/L, o valor correspondente do  $q_i$  na curva decresce para valores próximos de 60, conforme mostra a Figura nº 1-A. Na tabela dos valores de fósforo total, os valores normais (exceto os obtidos no ponto quatro) a média dos pontos um, dois, três e cinco apresentam-se em torno de 0,037 mg/L, projetando valores de  $q_i$  próximos de 95,6.

Com relação à Resolução CONAMA nº 357/2005 alguns valores foram ultrapassados, dentro do trecho em que o ribeirão Baguaçu é classificado como classe 2. No ponto de coleta número dois, o valor limite preconizado pela Resolução (0,050 mg/L) foi ultrapassado na primeira coleta (0,070 mg/L) e na terceira coleta (0,060 mg/L), que é plenamente justificado pela posição do ponto, à jusante da foz do

córrego Colônia, tributário do ribeirão Bagaçu, que recebe os e da ETE de Bilac-SP (sistema de tratamento por lagoas de estabilização).

As variações temporais e espaciais do fósforo total, cotejadas com as precipitações pluviométricas no período de estudo, são apresentadas nos gráficos nº 06 e 06-A:

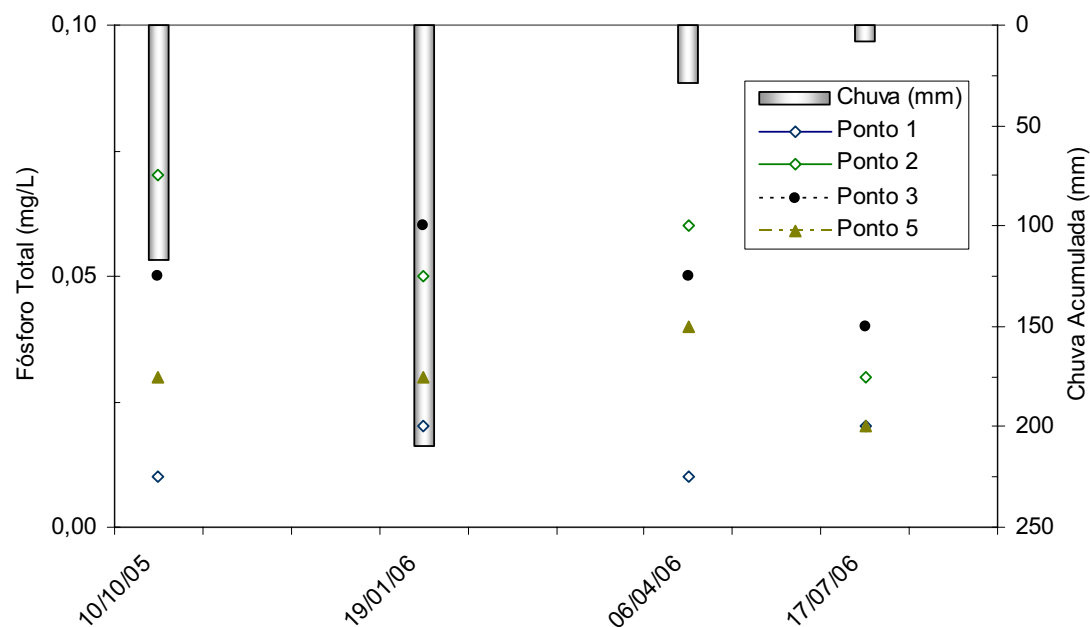


Gráfico 06 – Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 5 do ribeirão Bagaçu.

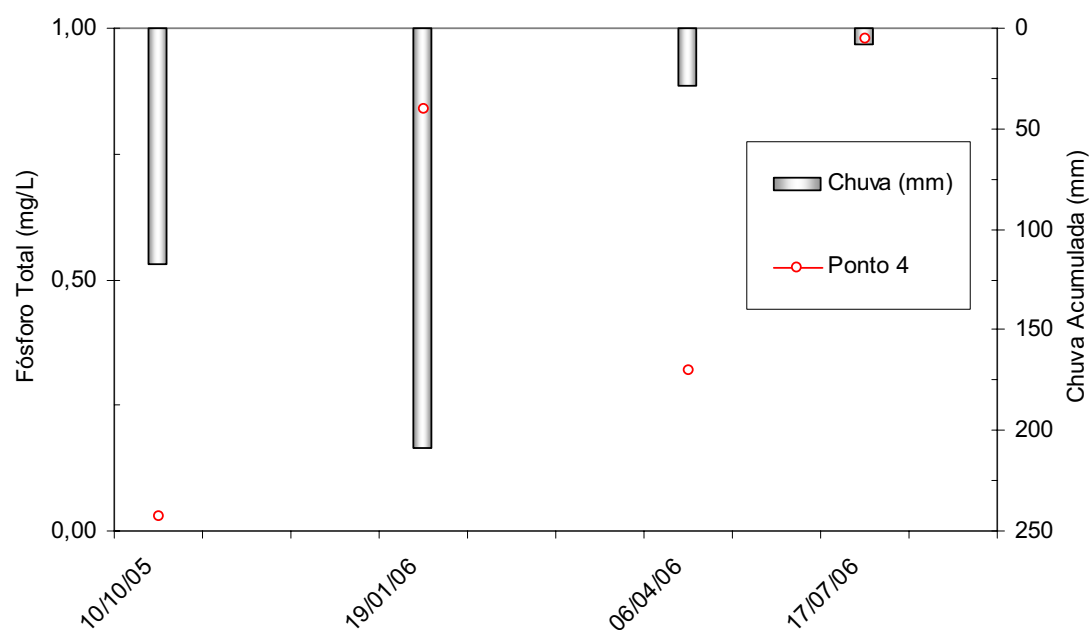


Gráfico 06-A – Variação espacial e temporal da concentração de Fósforo Total no ponto de amostragem 4 do ribeirão Bagaçu.

No rio Mogi-Guaçu (SP), em pontos de pesquisa com características semelhantes ao ribeirão Baguaçu, os níveis médios de fósforo total obtido pelas análises de suas águas encontram-se entre 100 µg/L (0,1 mg/L) e 250 µg/L (0,25 mg/L) com uma média de 170 µg/L (0,17 mg/L).

Esse valor pode ser considerado alto se comparado com a média obtida no ribeirão Baguaçu de 36 µg/L (0,036 mg/L) (BRIGANTE et al., 2003).

Pela classificação apresentada por Von Sperling-1996, a média encontrada no ribeirão Baguaçu (0,036 mg/L) indicam que o ele se encontra em estágio intermediário entre os estados não eutróficos e eutróficos (0,02 mg/L a 0,05 mg/L).

#### D) DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

A demanda bioquímica de oxigênio expressa a presença de matéria orgânica na água, constituindo-se em importante indicador de qualidade das águas naturais. Na realidade, a DBO indica a magnitude do consumo de oxigênio (em mg/L) pelas bactérias na estabilização da matéria orgânica biodegradável.

A determinação da DBO realiza-se a partir da diferença na concentração de oxigênio dissolvido (OD) em amostra de água num período de cinco dias e temperatura de 20°C. Os maiores aumentos em termos de DBO<sub>5,20</sub> num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de alto teor de matéria orgânica pode reduzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de toda vida aquática.

*Tabela 24 – Distribuição dos resultados de DBO nos ponto de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta.*

<b>Número da Coleta</b>	<b>P 1</b>	<b>P 2</b>	<b>P 3</b>	<b>P 4</b>	<b>P 5</b>
<b>1ª Coleta (10/2005)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>2ª Coleta (01/2006)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>3ª Coleta (04/2006)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<b>4ª Coleta (07/2006)</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>

Nos pontos de coleta um, dois e três os valores permaneceram inalterados nas quatro estações anuais. No ponto quatro os valores sofreram variações de 2,0 mg/L a 7,0 mg/L, sendo essas, provocadas pela variação da eficiência do efluente tratado pela ETE que flutua entre 90% e 95%.

Também sofre influência no período chuvoso ( 2ª coleta – Verão) onde nesse ponto, obteve-se o valor de 2,0 mg/L e no outono ( Terceira coleta) o máximo valor de 7,0 mg/L. Observa-se que, também com relação à DBO, o ribeirão Baguaçu consegue se auto depurar nesse ultimo trecho ( ponto quatro ao ponto cinco) onde os valores da DBO reduziram de 6 mg/L para 3 mg/L na primeira coleta da primavera, de 7,0 mg/L para 2,0 mg/L na terceira coleta de outono e de 6,0 mg/L para 1,0 mg/L na quarta coleta de inverno.

No cálculo do IQA, o parâmetro tem peso de 0,1 ( 10%) do total do índice e, também nesse caso, a curva média de variação mostrada na Figura nº 3-A demonstra que o qi ótimo para o cálculo ( 100 ) representa uma DBO igual a zero. Valores em torno de 3 mg/L projetam um qi próximo de 80.

No caso em tela, excetuando-se o ponto de coleta quatro (média de 5,25 mg/L) os demais pontos tem uma média de 1,25 mg/L, projetando valores de qi próximo de 91,66.

Do ponto de vista da Resolução CONAMA nº 357/2005, os valores da DBO obtidos pelas análises no trecho estudado (exceto o ponto número quatro) foram inferiores ao exigidos para águas doces de Classe 2 (5 mg/L).

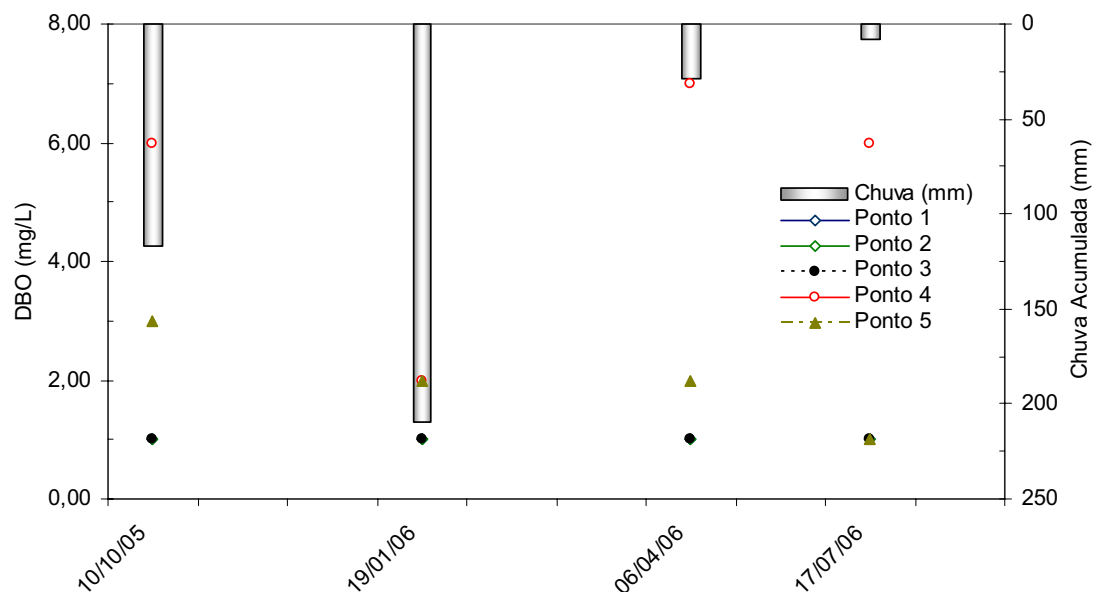


Gráfico 07 – Variação espacial e temporal da concentração de DBO nos pontos de amostragem do ribeirão Bagaçu.

Souza (2005) ao realizar um estudo dos parâmetros hídricos do rio Jaguari no município de Jaguariúna-SP, obteve uma coleção de resultados de DBO nos anos de 2003 e 2004, cujos valores figuram no intervalo de 0,7 mg/L e 17,0 mg/L. O valor médio obtido foi de 4,3 mg/L, maior que os valores de DBO obtidos no ribeirão Bagaçu no período de pesquisa, cuja média resultou em 2 mg/L. As condições dos corpos hídricos em ambos os casos (Jaguari e Bagaçu) aparentemente são semelhantes, entretanto no rio Jaguari o esgoto da cidade de Jaguariúna é lançado em suas águas sem nenhum tratamento preliminar.

Molina(2005) também obteve em sua pesquisa no córrego Água da Bomba valores médios de DBO de 12 mg/L com mínimo de 3,2 mg/L e máximo de 54 mg/L nos pontos estudados. Se considerarmos, do ponto de vista da qualidade da água, que o valor ideal é de 0 mg/L para um qs de 100, e que, conforme demonstra a curva de variação da DBO na figura 4, ocorre uma perda de 50% para uma DBO de 6,5%. Assim, conclui-se facilmente que uma média de 12 mg/L na qualidade da água do córrego Água da Bomba fica seriamente comprometida, o mesmo não ocorrendo no ribeirão Bagaçu onde a média de DBO nos pontos estudados foi de 2 mg/L.

#### E) OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)

A tabela nº 25 mostra as variações de OD ocorridas no ribeirão Bagaçu, no período de estudo do corpo hídrico, nos cinco pontos de coleta, durante as quatro estações do ano.

Tabela 25 – Distribuição dos resultados de Oxigênio Dissolvido nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta.

<b>Número da Coleta</b>	<b>P 1</b>	<b>P 2</b>	<b>P 3</b>	<b>P 4</b>	<b>P 5</b>
<b>1ª Coleta (10/2005)</b>	<b>6,6</b>	<b>6,2</b>	<b>1,4</b>	<b>6,4</b>	<b>7,0</b>
<b>2ª Coleta (01/2006)</b>	<b>6,8</b>	<b>5,2</b>	<b>2,0</b>	<b>6,6</b>	<b>7,2</b>
<b>3ª Coleta (04/2006)</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>4,2</b>	<b>6,2</b>	<b>5,0</b>
<b>4ª Coleta (07/2006)</b>	<b>6,4</b>	<b>8,0</b>	<b>7,8</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>

Inicialmente, observa-se um equilíbrio de valores de OD entre o período seco e o chuvoso, com uma pequena tendência a maior no período seco, atribuído às baixas temperaturas da água, comum no outono e inverno, pois as temperaturas elevadas diminuem a concentração de OD. Contudo, esse comportamento não é refletido nas primeira e segunda coleta, respectivamente primavera e verão no ponto de coleta número três, quando foram obtidas das amostras concentrações de 1,4 mg/L e 2,0 mg/L, respectivamente. Tal fato causou estranheza e motivou uma visita ao Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba-DAEA, pois o ponto de coleta em questão está localizado a montante do barramento das duas captações de água bruta para as ETA's 1 e 2. Obtivemos informações verbais do setor de produção de água daquele departamento que no período de 10/2005 a 01/2006 aconteceu um vazamento de esgoto "in natura" de um emissário paralelo ao córrego Alvoradinha, tributário do ribeirão Baguaçu, sendo esse mesmo vazamento só encontrado e estancado após a data da segunda coleta (01/2006). O lançamento do córrego Alvoradinha no ribeirão Baguaçu se dá a aproximadamente 600 metros à montante da captação.

Porém, este possível vazamento de efluentes no ponto 3, por si só, ocasionaria a elevação dos valores de DBO (Tabela 24) e de Coliformes Fecais (Tabela 26), fato este que não foi observado nas coletas de outubro de 2005 e janeiro de 2006. Assim sendo, outro fator que poderia ter contribuído para esta diminuição de oxigênio dissolvido seria a decomposição de plantas aquáticas que ocorrem no ponto 3. Isto explicaria o não aumento no número de Coliformes Fecais, mas ainda deixaria em aberto os baixos valores de DBO. Outro fator que poderia contribuir para os baixos valores de Oxigênio Dissolvido seria o barramento do córrego no ponto 3, dificultando a oxigenação do corpo d'água principalmente no período que ocorreu o vazamento.

Do ponto de vista do cálculo do IQA, o OD é o parâmetro que mais influi na qualidade da água, pois seu peso dentre os demais parâmetros é de 17%. Sua porcentagem de saturação ótima, é de 90% para que seja projetado um qi máximo de 100, conforme figura nº 5.

No caso do ribeirão Baguaçu, podemos admitir um OD médio de 6,6 mg/L que, a uma temperatura média de 23,4 °C, tem porcentagem de saturação de 77,5% aproximadamente, o que projeta valores de qi em torno de 84, muito próximo do valor do qi ótimo de valor 100.

Quanto ao que preconiza a Resolução 357/2005 em seu Artigo 15º, item VI, o ribeirão Baguaçu atende em todo o seu percurso o valor exigido pela citada resolução para águas doces Classe 2 (não inferior a 5,0 mg/L).

O gráfico 08 mostra a variação temporal e espacial do OD em relação as chuvas no período de estudo.

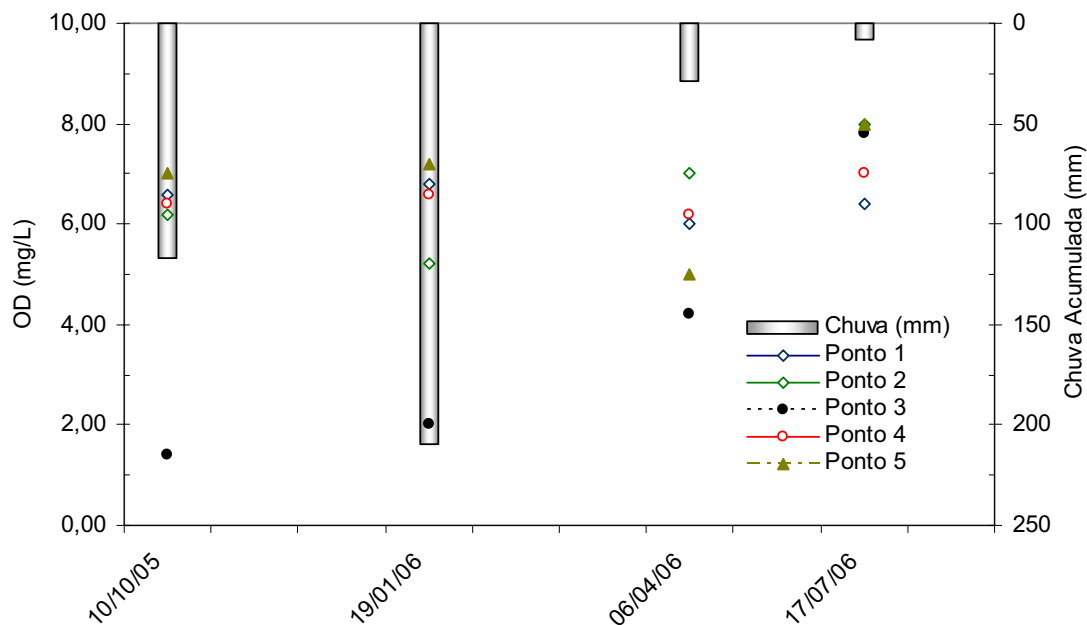


Gráfico 08 – Variação espacial e temporal da concentração de OD nos pontos de Amostragem do ribeirão Baguaçu.

Vanzela (2004) ao analisar as águas do córrego Três Barras no município de Marinópolis-SP, no período de 20/12/2002 a 10/12/2003, em quatro (4) pontos estrategicamente escolhidos, obteve uma média de OD de 5,3 mg/L. No ribeirão Baguaçu, a média entre os cinco (5) pontos de coleta apontam um valor de 6,6 mg/L, nível bastante interessante do ponto de vista da vida aquática, principalmente para os peixes. Também Silveira et al (2005) obteve no rio Itupeva, no período de pesquisa de julho a novembro de 2005 uma média de OD de 5,65 mg/L, porém, já no rio Oriçanga esse valor atingiu o nível médio de 7,44 mg/L no mesmo período de pesquisa o que, numa primeira análise, indica ser esse rio menos impactado do que o ribeirão Baguaçu.

### 5.4.3 Parâmetros Biológicos.

#### A) COLIFORMES FECAIS (*Escherichia coli*)

Conforme demonstra a Tabela nº26, a distribuição nos pontos de amostragem sofreu algumas variações nos pontos de coleta e também nos períodos de seca e chuvosos.

Tabela 26 – Distribuição dos resultados de Coliformes Fecais nos pontos de amostragem do Ribeirão Baguaçu, nos quatro períodos de coleta. (NMP/100mL)

Número da Coleta	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5
1ª Coleta (10/2005)	2,0E2	6,3E2	1,0E2	3,4E4	1,0E2
2ª Coleta (01/2006)	1,0E2	1,2E3	1,0E2	2,4E5	1,0E2
3ª Coleta (04/2006)	1,0E2	6,3E2	3,7E3	2,4E5	1,0E2
4ª Coleta (07/2006)	2,0E2	2,1E3	4,2E3	2,4E5	1,0E2

A primeira variação importante a ser observada na tabela nº. 26 é o expressivo aumento dos coliformes fecais no ponto de coleta número quatro, cuja média nas quatro coletas anuais foi de 1,89 E5 (NMPx100 mL), variando entre 3,4E4 na primeira coleta (primavera) e 2,4E5 na segunda, terceira e quarta coleta (verão, outono e inverno respectivamente).

Esse aumento acontece pelo lançamento da ETE à montante do ponto quatro. A ETE, cujo sistema é por lodos ativados, trata tão somente a DBO dos efluentes de esgotos, não executando nenhum procedimento quanto à desinfecção do clarificado que é lançado no ribeirão Baguaçu.

Entretanto, observamos que no ponto de coleta numero cinco, nas quatro coletas anuais, o valor do parâmetro foi de  $1,0E2$  (NMPx100mL). Como nesse trecho final o ribeirão processa sua auto depuração, também os patogênicos, ou não sobrevivem ou passam a fazer parte da cadeia alimentar dos seres aquáticos, principalmente os peixes, muito abundantes naquele trecho do ribeirão, já próximo à desembocadura no rio Tietê.

Também no ponto de coleta numero dois, as variações dos coliformes fecais, cuja média anual foi de  $11,4E2$  (variando de  $6,3E2$  a  $2,1E3$ ) tem como motivo o recebimento das águas do córrego Colônia, receptor dos efluentes de esgoto de Bilac-SP. Demais pontos de coleta, as médias anuais variaram entre  $1,0E2$  e  $2,25E2$ .

Nos termos da Resolução CONAMA 357/2005, cujo valor máximo permitido de coliformes é de  $1,0E3 \times 100\text{ml}$ , para águas doce de classe 2 (Art. 15º, item II), o ribeirão Baguaçu só atende essa condição no ponto de coleta numero um (média anual de  $1,25E2$  – NMPx100mL). No ponto dois, apesar do ribeirão ser considerado naquele ponto como classe 2, a média anual foi de  $1,14E3$  – NMPx100mL.

Para o cálculo do IQA, o parâmetro coliformes fecais tem alta importância, pois seu peso é de 15% entre os nove parâmetros escolhidos, superado apenas pelo OD cujo peso é de 17%. Na figura 2A, observamos que o valor ótimo do parâmetro em termos de obtenção do qi na sua curva média é de valor igual ou menos que  $1,0$  NMPx100ml, que projeta valores de qi em torno de 100.

Com relação ao parâmetro em estudo, o ribeirão Baguaçu, pela média de seus pontos de coleta, obtém valores de qi entre 39 e 3.

A variação temporal e espacial do parâmetro em relação às estações de chuvas e seca no período de estudo, podem ser observadas nos gráficos 09 e 09-A.

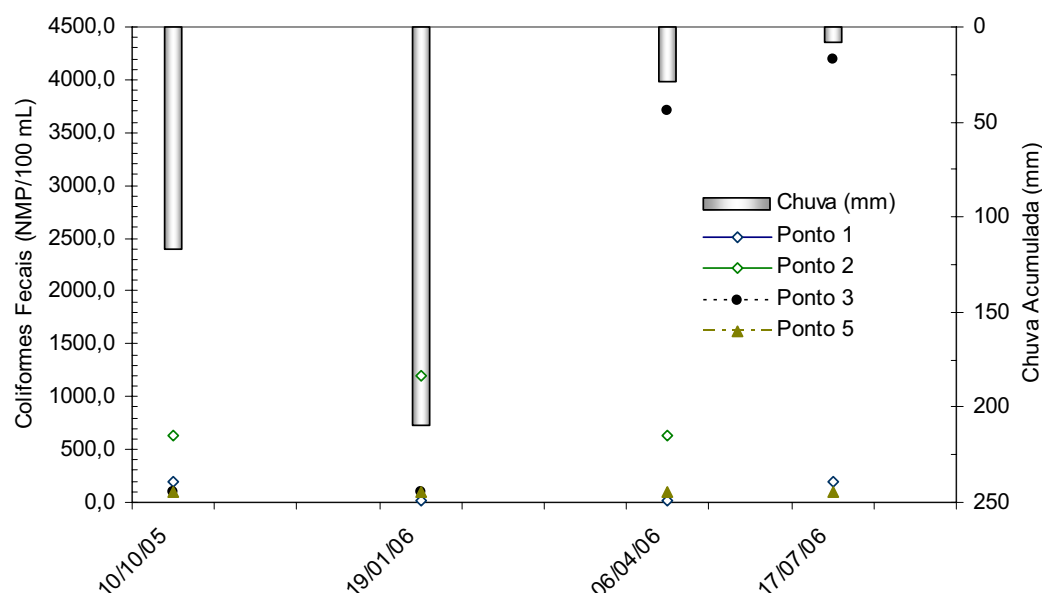


Gráfico 09 – Variação espacial e temporal da concentração de Coliformes Fecais nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 5 do ribeirão Baguaçu.

Também Vanzela (2004), nos quatro pontos pesquisados do córrego Três Barras em Marinópolis-SP, obteve os valores mínimo e máximo de zero a 22.000/100 mL de coliformes fecais, respectivamente, o que projeta um valor médio de 1.650/ 100 mL. No ribeirão Baguaçu, até o ponto de coleta três, que antecede ao lançamento do efluente da ETE-Araçatuba, a média de Coliformes Fecais foi de 1.083/100mL, portanto menor que o encontrado no córrego Três Barras.

Entretanto, o lançamento da ETE antes do ponto quatro eleva o índice médio de CF para 38.470/ 100 mL, considerado alto pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2, que no item II do art. 15º limita em 1000 coliformes por 100 mL em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Vale lembrar que a pesquisa no ribeirão Baguaçu apresentou diferenças metodológicas com a resolução acima citada, visto que, o período de estudos foi de nove (9) meses, com frequência de coletas de amostras de três (3) meses, em média.

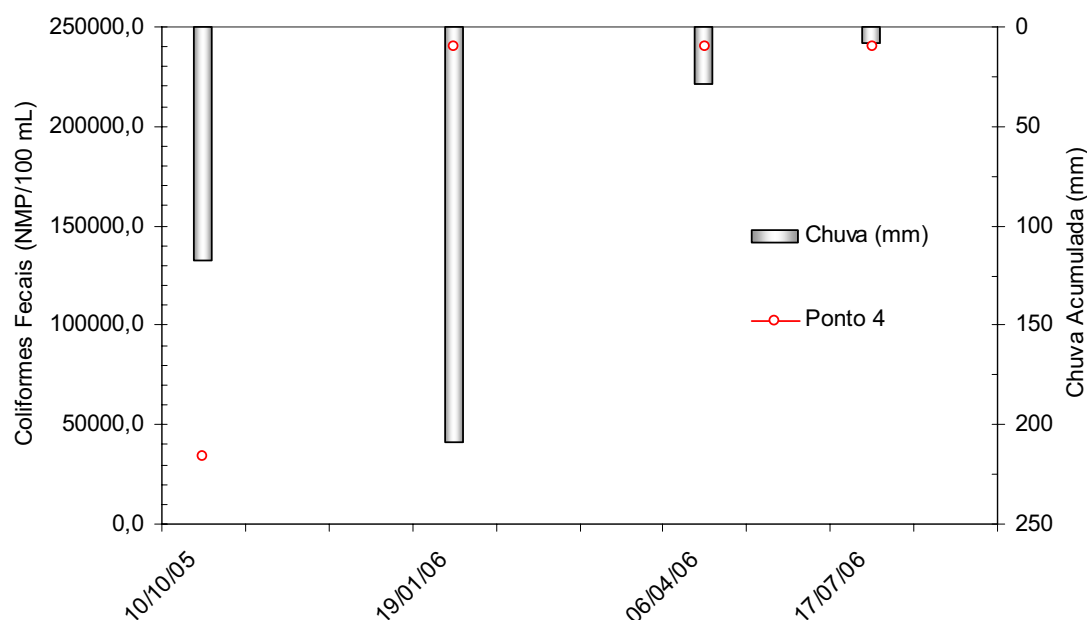


Gráfico 09-A – Variação espacial e temporal da concentração de Coliformes Fecais no ponto de amostragem 4 do ribeirão Baguaçu.






## 5.5 TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DO IQA.

Na Tabela 27, apresentamos a classificação nos pontos de coleta, conforme memória de cálculo explicitada no Anexo B no Apêndice dessa dissertação. O IQA calculado e apresentado na Tabela 27 ilustra a variabilidade temporal do Índice nos pontos de amostragem do ribeirão Baguaçu.

Tabela 27 – Classificação do IQA, nos pontos de coleta do ribeirão Baguaçu

Ponto Coleta	Out/05	Jan/06	Abr/06	Jul/06	IQA Médio
Nº1	79,70	87,49	85,45	77,53	82,54
Nº2	72,43	72,99	79,53	70,75	73,92
Nº3	56,74	65,71	62,49	68,27	63,30
Nº4	52,82	44,52	44,47	44,61	46,46
Nº5	77,15	81,28	75,17	82,48	77,51

#### Legenda

	Ótimo		Boa		Aceitável		Ruim		Péssimo
---	-------	---	-----	---	-----------	---	------	---	---------

NÍVEL DE QUALIDADE	INTERVALO DO IQA	COR DE REFERÊNCIA
Ótima	$79 < IQA \leq 100$	Azul
Boa	$51 < IQA \leq 79$	Verde
Aceitável	$36 < IQA \leq 51$	Amarelo
Ruim	$19 < IQA \leq 36$	Vermelho
Péssima	$IQA \leq 19$	Marron

Observando-se os pontos de amostragem, notou-se claramente que no ponto de coleta 1 existiu uma leve tendência de crescimento do IQA no período chuvoso (verão) e somente no período seco (outono) os valores vão decrescendo até o menor valor obtido do IQA no inverno (07/06/2006). Isso pode ser explicado pelo aumento do OD da 1ª para a 2ª coleta (6,6 para 6,8 mg/L) e diminuição do número de coliformes fecais (2E2 para 1E2) no período chuvoso. O declínio no período seco fica por conta da diminuição do OD, queda do pH (água menos básica) e aumento do número de coliformes fecais.

Curiosamente, no ponto de coleta numero 2 os valores do IQA se mantém praticamente os mesmos no período chuvoso, sofrendo um aumento quando da coleta outonal (04/2006). Tal acréscimo se deve ao aumento significativo do OD e diminuição dos sólidos totais. Já no inverno (07/2006) esses valores voltam a cair por conta do acréscimo de coliformes fecais a aumento significativo de nitrogênio total.

O ponto de coleta 3 seguiu a mesma tendência de comportamento dos pontos anteriores, sofrendo leve acréscimo nos períodos de maior chuva, onde os baixos índices de coliformes fecais, nitrogênio total e acréscimo de OD elevam o IQA naquele ponto. Mas, na aferição efetuada no período de inverno(seca) o ponto apresentou seu melhor desempenho do IQA (68,27), motivado pelo aumento do OD, pH e menores valores de nitrogênio e Fósforo total, além de apresentar uma turbidez muito baixa (2,2 uT).

O ponto de coleta 4, o mais problemático dos pontos escolhidos, por se posicionar a jusante do lançamento da ETE, confere um IQA baixo ao longo das quatro coletas (46,46) quase sempre ocasionado pelos altos teores de coliformes fecais, nitrogênio e fósforo total encontrados, oriundos do lançamento do efluente da ETE, oscilando entre 3,4E4 na primeira coleta e  $> 2,4E5$  nas demais coletas, sem que tivesse sido influenciado por chuvas ou seca. Também contribuiu muito a série de resultados baixos de OD e DBO altas em relação aos demais pontos.

No ponto de coleta nº 5 o ribeirão Baguaçu já melhora a qualidade da sua água pela autodepuração, aliada a diluição de suas águas pela intrusão das águas do

rio Tietê, apresentando níveis muito bons de OD, de coliformes fecais e de nitrogênio e fósforo. A tendência do IQA obtido no ponto foi de alta nas estações chuvosas e discreta queda no outono por conta do menor teor de OD, bem como aumento dos sólidos totais, voltando novamente a atingir níveis de IQA acima de 80 no inverno ocasionado pelo aumento no OD (queda da temperatura das águas) e diminuição dos sólidos totais, nitrogênio e fósforo total.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Pelo relatado neste trabalho, a principal ocupação da bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu está sendo feita pela pecuária (70,23%) e agricultura (22,33%) considerando-se a área de descanso. O restante da bacia é ocupada pela vegetação natural e reflorestamentos (2,62%), as principais manchas urbanas (parte de Araçatuba, Bilac e aglomerados rurais), as áreas dos rios, lagos e lagoas e as rodovias estaduais e municipais que cortam a bacia hidrográfica (4,82%).

A ausência de matas ciliares e a precária conservação dos solos decorrentes da falta de técnicas conservacionistas de plantio concorrem para o avanço de alguns processos erosivos e de assoreamentos, tendo conseqüências negativas sobre a qualidade da água em alguns trechos do ribeirão, principalmente na área urbana da Araçatuba.

Em nenhuma das duas cidades (Araçatuba e Bilac) existe um parque industrial altamente poluente o que contribui para uma boa qualidade da água do ribeirão ao longo do período de estudo.

Deve-se salientar o caso de Bilac, que está ligado ao ribeirão Baguaçu pelo seu tributário, o córrego Colônia, cuja maior preocupação recai sobre o tratamento de esgotos daquela cidade, uma vez que suas lagoas de estabilização perderam a eficiência no tratamento e praticamente lançam o esgoto doméstico “in natura” no córrego Colônia que, por seu pouco volume e distância até a desembocadura no Baguaçu, não consegue autodepurar adequadamente suas águas. A elevada turbidez no ponto de coleta 2, aproximadamente 3 km à jusante da desembocadura do Colônia pode ser um indicador da queda de qualidade da água naquele ponto.

Com relação à Araçatuba, o tratamento de esgotos domésticos e industriais da bacia são processados por uma ETE, o que garante uma eficiência bastante alta de tratamento (92% em média). Dessa forma, os acréscimos de coliformes fecais, DBO, Nitrogênio, Fósforo e Sólidos totais no ponto 4, a jusante do lançamento da ETE, são autodepurados de forma eficiente, o que se comprova pelos resultados obtidos das amostras no ponto 5 (desembocadura no rio Tietê), embora deva ser considerada a possibilidade de diluição pelas águas do rio Tietê naquele ponto.

No ano de 2006 houve uma tendência muito forte quanto ao aumento da área de cultivo de cana-de-açúcar, motivado pela alta dos preços internacionais do açúcar e aumento do consumo de álcool veicular (etanol). Essa área de plantio vem substituindo as pastagens muito rapidamente, o que é preocupante face a grande degradação do solo produzida por essa cultura, produzindo o carreamento para os corpos hídricos de parcela desse solo e excesso de adubos por meio do escoamento superficial das chuvas.

Com relação à qualidade da água, de forma pontual ela fica prejudicada principalmente no ponto 4, devido ao lançamento do clarificado da ETE, obtendo no período de estudo valores que variaram entre 44,47(Aceitável) a 52,82(Boa).

Os motivos analisados para essa perda de qualidade estão no comprometimento dos seguintes parâmetros:

- a) Coliformes fecais – a média obtida no ponto 4, nas quatro coletas anuais foi de  $1,9E5$  (190.000 NMP/100mL), que comparado com a média anual dos outros quatro pontos de  $8,4E2$  (840 NMP/100mL) explica parte da queda de qualidade nesse ponto. Seu peso no cálculo do IQA é de 15%.
- b) Nitrogênio total – nesse parâmetro o valor obtido foi extremamente alto, motivado pelo elevado volume de esgotos tratados pela ETE (0,45 m<sup>3</sup>/s). A média anual de nitrogênio total no ponto quatro foi de 4 mg/L enquanto no mesmo período, nos demais pontos, a média foi de 0,28 mg/L (14 vezes menor). Seu peso no cálculo do IQA é de 10%.
- c) Fósforo total – assim como o nitrogênio total, também a concentração de fósforo contribuiu para a queda da qualidade da água no ponto 4. A média anual de fósforo neste ponto foi de 0,61 mg/L enquanto nos demais pontos do ribeirão, no mesmo período, os valores médios foram de 0,036 mg/L (16 vezes menor). Seu peso no cálculo do IQA é de 10%.
- d) Sólidos totais – um acréscimo substancial de sólidos foi observado no ponto 4, sendo sua média anual de 240 mg/L, enquanto no mesmo período da pesquisa a média dos demais pontos ficou em torno de 108,9 mg/L (2 vezes menor). Seu peso no cálculo do IQA é de 8%.

Todos esses parâmetros somados representam um peso de 43% no cálculo do IQA.

Entretanto, no ponto 5, exutório da bacia, em três coletas (janeiro, abril e julho) os indicadores do IQA obtidos foram Ótimo(81,28), Bom(75,17) e Ótimo(82,48) indicando o esforço do manancial em resistir à degradação do ecossistema aquático graças às condições de autodepuração do ribeirão naquele trecho final e também à entrada de água do rio Tietê.

## 7. CONCLUSÕES

- A) Com relação ao uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, na forma em que ela se encontrou no período do estudo, esta pouco contribuiu para o decréscimo da qualidade das águas do ribeirão Baguaçu. Assim, conclui-se que o mesmo não sofre impactos relevantes de poluição pontual ou mesmo difusa.
- B) Quanto à qualidade da água do ribeirão Baguaçu, ao analisarmos os resultados obtidos pelos cálculos do IQA, conclui-se de maneira geral que o manancial manteve uma qualidade de água Boa, sofrendo apenas no ponto 4, pequenas variações de qualidade, sendo que nos demais pontos a qualidade da água foi classificada entre Boa e Ótima.

## 8. RECOMENDAÇÕES.

Observando-se os resultados obtidos nos pontos de coleta 4 e 5, que estão localizados no trecho do ribeirão classificado como Classe 4, verificou-se que em quase sua totalidade os parâmetros amostrados atenderam aos limites preconizados pelo artigo 15º da Resolução CONAMA 357/2005 para corpos hídricos de Classe 2.

Dessa forma, **RECOMENDAMOS** que se constitua uma comissão técnica multidisciplinar com o fim específico de avaliar a possibilidade de reclassificação do ribeirão Baguaçu como classe 2, da sua nascente até a desembocadura, no rio Tietê.

## 9 BIBLIOGRAFIA

AGOSTINI, M. D.- **Dinâmica do uso da terra na planície aluvionar do rio Paraíba do Sul- município de Taubaté**, 2001,132 pgs., Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Faculdade de Engenharia de Taubaté,Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Lei Estadual 10020 de 03/Julho/1992**. Disponível em: [www.al.sp.gov.br](http://www.al.sp.gov.br). Acesso em:16/Dez./2006.

BASSOI, L.J. – Poluição das águas, In: PHILIPPI, A.J., PELICIONE, M.C.F. , **Educação Ambiental e Sustentabilidade**, Barueri, Editora Manole Ltda, 2005,pgs. 185-186.

BENETTI, A., BIDONE,F., O meio ambiente e os recursos Hídricos.In: TUCCI, C.E.M.**Hidrologia, Ciência e Aplicação**, Porto Alegre, Editora UFRGS/ABRH, 2004, pg. 855.

BENETTI, A., BIDONE,F., O meio ambiente e os recursos Hídricos.In: TUCCI, C.E.M.**Hidrologia, Ciência e Aplicação**, Porto Alegre, Editora UFRGS/ABRH, 2004, pg. 870.

BRANCO, S. M. – Depuração biológica das águas residuárias. In: \_\_\_\_.**Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento-CETESB, 1978, pg. 401.

BRANCO, S. M. – Depuração biológica das águas residuárias. In: \_\_\_\_.**Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**, São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento-CETESB, 1978, pgs. 416 – 420.

BRIGANTE, J.,ESPÍNDOLA,E.L.G., Avaliação das modificações na qualidade da água do rio Mogi-Guaçu: Uma avaliação temporal. In:\_\_\_\_. **Limnologia Fluvial – Um estudo no rio Mogi-Guaçu**, São Paulo, Editora Rima Ltda, 2005, pgs. 189 - 204.

CASA CIVIL DA PRESIDÊNCIA DA REPUBLICA DO BRASIL. **Lei Federal 9433 de 08/Jan./1997**. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil/03/QUADRO/1981.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/03/QUADRO/1981.htm). Acesso em: 16/Dez./2006.

CBH-BT- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ. Caracterização Física - Geologia. In: \_\_\_\_ . **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-19**. Lins: Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2001. Pg. 14-18

CBH-BT- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ. Caracterização Física – Geomorfologia. In: \_\_\_\_ . **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-19**. Lins: Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2001. Pg. 20-22

CBH-BT- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ. Caracterização Física - Pedologia. In: \_\_\_\_\_. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-19**. Lins: Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2001. Pg. 23-24.

CBH-BT- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO TIETÊ. Caracterização Física – Potencial Agrícola. In: \_\_\_\_\_. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-19**. Lins: Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação, 2001. Pg. 25

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2002**. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 17/Nov./2006.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo -2003**. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 17/Nov./2006.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo-2004**. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 17/Nov./2006.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo-2005**. Disponível em: [www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br). Acesso em: 17/Nov./2006.

DAEA – Departamento de Água e Esgoto de Araçatuba. **Relatório de Atividades e Produção**. Disponível em: [www.daea.com.br](http://www.daea.com.br). Acesso em: 06/Março/2006

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica. **Página SIGRH-Banco de Dados – 2005**. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br> . Acesso em: 19/06/2006.

EIGER, S.- Autodepuração dos cursos d'água. In: MANCUSO, P.C.S., SANTOS, H.F.- **Reuso de Água**, Barueri, Editora Manole Ltda, 2003, pgs. 234 - 235.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo Demográfico de 2000 – resultados de universo (2005)**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 19/Jun./2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Mapas dos mosaicos do Estado de São Paulo, efetuado pelo IGGSP – 1967**.

LEINZ,V, AMARAL, A. Águas continentais de superfície.In: \_\_\_\_\_. **Geologia Geral**, São Paulo, Companhia Editora Nacional, 2001, pg. 118.

LIBÂNIO, M.-Poluição e Contaminação de mananciais.In:\_\_\_\_**Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**,Campinas, Editora Átomo,2005, pg. 71.

LIBÂNIO, M.-Características das Águas Naturais.In:\_\_\_\_. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**,Campinas, Editora Átomo,2005, pgs. 51- 53

LIBÂNIO, M.-Características das Águas Naturais.In:\_\_\_\_. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**,Campinas, Editora Átomo,2005, pg. 30.

LIMA, W.P. e ZAKIA, J.B. – **Hidrologia de Matas Ciliares**. Disponível em: <http://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>. Acesso em: 06/Março/2006.

MMA – Ministério do Meio Ambiente – **Resolução CONAMA 357/05**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 03/Jul./2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA/ Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas. 1960. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo**- Carta Escala 1:500.000.

MOLINA, P. M. – **Diagnóstico da Qualidade da Água na Microbacia do Córrego Água da Bomba no Município de Regente Feijó-SP**. 2006, 158 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MOTA, S. Introdução. In:\_\_\_\_. **Preservação e Conservação dos Recursos Hídricos**, Rio de Janeiro, Editora ABES, 1995, pg. XI.

ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL – BRASIL-VIVO  
Disponível em : [www. brasilvivo@ig.com.br](http://www.brasilvivo@ig.com.br) Acessado em 14/02/2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BILAC- **Departamento de Obras e Serviços** – Engenheiro Ciro Deps-2007.

ROCHA, O., PIRES, J.S.R. e SANTOS, J.E. – **A Bacia Hidrográfica como Unidade de Estudo e Planejamento** – 1996.

SAASP – Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agropecuária. In:\_\_\_\_. **PROJETO LUPA- Manual de Instruções de Campo**.1995;Campinas: Departamento de Comunicação e Treinamento (DCT)- Cati/SAA, pg. 11-30.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO – A Qualidade Ambiental. In:\_\_\_\_. **Perfil Ambiental e Estratégias**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1992, pg. 43.

SILVEIRA, A.L.L., Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica.In: TUCCI, C.E.M., **Hidrologia, Ciência e Aplicação**, Porto Alegre, Editora UFRGS/ABRH, 2004,pgs.41-48.

SILVEIRA, M. P., QUEIROZ, J. F., RIBACINKO, D.B., FERRAZ, J.M.G., CARVALHO, M. P., MARIGO, A. L., SITTON, M. & ZAMBON, G., SILVA, J.R. – **Avaliação Biológica da Qualidade da Água de Duas Micro-Bacias do rio Mogi-Guaçu(SP) e sua Relação com os Impactos Agrícolas.** Disponível em: [mariana@cnpma.embrapa.br](mailto:mariana@cnpma.embrapa.br). Acesso em: 06/Março/2006.

SOUZA, L.C.F., **Verificação de Parâmetros Hídricos da Bacia do Rio Jaguari no Município de Jaguariúna.** Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) –Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo de Campinas, 2005.

TONELLO, K.C. **Morfologia da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG.** Disponível em: <http://www.ipef.br>. Acesso em: 06/Março/2006.

UEHARA, K. – Cálculo das Vazões Médias e Mínimas.In:\_\_\_\_. **Manual de Cálculo das Vazões máximas, médias e mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo**, São Paulo, Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras:DAEE – 1994, pg. 43 – 56.

VANZELA, L.S., **Qualidade de Água para Irrigação na Microbacia do córrego Três Barras no Município de Marinópolis-SP.** 2004, 91 pg. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

VILLELA, S.M, MATTOS, A., Bacia Hidrográfica. In:\_\_\_\_. **Hidrologia Aplicada**, São Paulo, Editora MacGraw-Hill do Brasil, 1975, pg. 16.

VON SPERLING, M., Impacto do lançamento de efluentes nos corpos receptores. In:\_\_\_\_. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG,1996, pg 93.

VON SPERLING, M., Parâmetros de qualidade da água.In:\_\_\_\_. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG,1996, pg.26.

VON SPERLING, M., Parâmetros de qualidade da água. In:\_\_\_\_. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG,1996, pg. 33.

# APÊNDICE

## ANEXO A

## RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA POR PONTO DE COLETA

Resultado de todas as análises realizadas no ponto de coleta n° 1

<b>Data</b>	<b>T</b> °C	<b>pH</b>	<b>OD</b> mg/L	<b>DBO</b> mg/L	<b>Nt</b> mg/L	<b>Ft</b> mg/L	<b>Tu</b> UNT	<b>St</b> mg/L	<b>Cf</b> NMP/100ml
11/10/05	25	7,30	6,60	1	0,30	0,01	3,49	105	2,0E2
19/01/06	25	7,20	6,80	1	0,17	0,02	12,1	108	1,0E2
06/04/06	24	7,00	6,00	1	0,25	0,01	12,3	88	1,0E2
11/07/06	20	7,10	6,40	1	0,04	0,02	1,76	133	2,0E2

OBS: T(temperatura); pH(potencial hidrogeniônico); OD(Oxigênio Dissolvido); DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio); Nt(Nitrogênio total); Ft(Fósforo Total); Tu(turbidez); St(sólidos Totais); Cf(coliformes fecais).

Resultado de todas as análises realizadas no ponto de coleta n° 2

<b>Data</b>	<b>T</b> °C	<b>pH</b>	<b>OD</b> mg/L	<b>DBO</b> mg/L	<b>Nt</b> mg/L	<b>Ft</b> mg/L	<b>Tu</b> UNT	<b>St</b> mg/L	<b>Cf</b> (NMP/100ml)
11/10/05	25	7,30	6,20	1	0,50	0,07	16,40	113	6,3E2
19/01/06	25	7,20	5,20	1	0,17	0,05	22,60	110	1,2E3
06/04/06	23	7,20	7,00	1	0,23	0,06	23,70	106	6,3E2
11/07/06	19	7,40	8,00	1	0,33	0,03	11,20	88	2,1E3

OBS: T(temperatura); pH(potencial hidrogeniônico); OD(Oxigênio Dissolvido); DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio); Nt(Nitrogênio total); Ft(Fósforo Total); Tu(turbidez); St(sólidos Totais); Cf(coliformes fecais).

Resultado de todas as análises realizadas no ponto de coleta n° 3

<b>Data</b>	<b>T</b> °C	<b>pH</b>	<b>OD</b> mg/L	<b>DBO</b> mg/L	<b>Nt</b> mg/L	<b>Ft</b> mg/L	<b>Tu</b> UNT	<b>St</b> mg/L	<b>Cf</b> (NMP/100ml)
11/10/05	24	6,90	1,40	1	0,60	0,05	6,84	118	1,0E2
19/01/06	25	7,00	2,00	1	0,31	0,06	18,90	114	1,0E2
06/04/06	23	7,00	4,20	1	0,25	0,05	20,20	93	3,7E3
11/07/06	19	7,20	7,80	1	0,08	0,04	2,20	90	4,2E3

OBS: T(temperatura); pH(potencial hidrogeniônico); OD(Oxigênio Dissolvido); DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio); Nt(Nitrogênio total); Ft(Fósforo Total); Tu(turbidez); St(sólidos Totais); Cf(coliformes fecais).

Resultado de todas as análises realizadas no ponto de coleta nº 4

<b>Data</b>	<b>T</b> °C	<b>pH</b>	<b>OD</b> mg/L	<b>DBO</b> mg/L	<b>Nt</b> mg/L	<b>Ft</b> mg/L	<b>Tu</b> UNT	<b>St</b> mg/L	<b>Cf</b> NMP/100ml
<i>11/10/05</i>	<i>26</i>	<i>7,50</i>	<i>6,40</i>	<i>6</i>	<i>5,00</i>	<i>0,30</i>	<i>16,10</i>	<i>213</i>	<i>3,4E4</i>
<i>19/01/06</i>	<i>25</i>	<i>7,50</i>	<i>6,60</i>	<i>2</i>	<i>8,80</i>	<i>0,84</i>	<i>18,00</i>	<i>268</i>	<i>&gt;2,4E5</i>
<i>06/04/06</i>	<i>25</i>	<i>7,50</i>	<i>6,20</i>	<i>7</i>	<i>6,80</i>	<i>0,32</i>	<i>9,50</i>	<i>266</i>	<i>&gt;2,4E5</i>
<i>11/07/06</i>	<i>21</i>	<i>7,50</i>	<i>7,00</i>	<i>6</i>	<i>1,23</i>	<i>0,98</i>	<i>4,40</i>	<i>213</i>	<i>&gt;2,4E5</i>

OBS: T(temperatura); pH(potencial hidrogeniônico); OD(Oxigênio Dissolvido); DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio); Nt(Nitrogênio total); Ft(Fósforo Total); Tu(turbidez); St(sólidos Totais); Cf(coliformes fecais).

Resultado de todas as análises realizadas no ponto de coleta nº 5

<b>Data</b>	<b>T</b> °C	<b>pH</b>	<b>OD</b> mg/L	<b>DBO</b> mg/L	<b>Nt</b> mg/L	<b>Ft</b> mg/L	<b>Tu</b> UNT	<b>St</b> mg/L	<b>Cf</b> NMP/100ml
<i>11/10/05</i>	<i>23,5</i>	<i>7,40</i>	<i>7,00</i>	<i>3</i>	<i>0,60</i>	<i>0,03</i>	<i>6,45</i>	<i>121</i>	<i>1,0E2</i>
<i>19/01/06</i>	<i>25</i>	<i>7,60</i>	<i>7,20</i>	<i>2</i>	<i>0,34</i>	<i>0,03</i>	<i>3,20</i>	<i>120</i>	<i>1,0E2</i>
<i>06/04/06</i>	<i>25</i>	<i>7,20</i>	<i>5,00</i>	<i>2</i>	<i>0,22</i>	<i>0,04</i>	<i>4,21</i>	<i>123</i>	<i>1,0E2</i>
<i>11/07/06</i>	<i>20</i>	<i>7,30</i>	<i>8,00</i>	<i>1</i>	<i>0,10</i>	<i>0,02</i>	<i>3,80</i>	<i>110</i>	<i>1,0E2</i>

OBS: T(temperatura); pH(potencial hidrogeniônico); OD(Oxigênio Dissolvido); DBO(Demanda Bioquímica de Oxigênio); Nt(Nitrogênio total); Ft(Fósforo Total); Tu(turbidez); St(sólidos Totais); Cf(coliformes fecais).

**OBS:** As análises foram realizadas pelo Laboratório de Controle Sanitário de Lins-SP(RTOC-02) da **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP (Unidade de Negócios do Baixo-Tietê e Grande)**

## ANEXO B

## CÁLCULO DO IQA- RIBEIRÃO BAGUAÇU

Data da coleta: 11/10/05	1ª Coleta	Ponto de Coleta nº 1
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	40	1,74
2) pH	92	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	99,8	1,58
5) Fósforo Total	99,94	1,58
6) Temperatura	88	1,56
7) Turbidez	91,25	1,43
8) Resíduos Totais	86	1,43
9) OD	85	2,13
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>79,70 (Ótima)</b>

Data da coleta: 11/10/05	1ª Coleta	Ponto de Coleta nº 2
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	25	1,62
2) pH	92	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	96,5	1,58
5) Fósforo Total	99,44	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	65	1,40
8) Resíduos Totais	84	1,43
9) OD	80	2,11
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>72,43 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/10/05	1ª Coleta	Ponto de Coleta nº 3
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	90	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	95,8	1,58
5) Fósforo Total	96	1,58
6) Temperatura	90	1,57
7) Turbidez	82,9	1,42
8) Resíduos Totais	85	1,43
9) OD	11	1,50
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>56,74 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/10/05	1ª Coleta	Ponto de Coleta nº 4
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	8	1,37
2) pH	90	1,72
3) DBO	51	1,48
4) Nitrogênio Total	65	1,52
5) Fósforo Total	73	1,54
6) Temperatura	78	1,55
7) Turbidez	64	1,39
8) Resíduos Totais	73	1,41
9) OD	85	2,13
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>52,82 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/10/05	1ª Coleta	Ponto de Coleta nº 5
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	91	1,72
3) DBO	70	1,53
4) Nitrogênio Total	95,8	1,58
5) Fósforo Total	97,3	1,58
6) Temperatura	78	1,55
7) Turbidez	77,4	1,42
8) Resíduos Totais	84	1,43
9) OD	82,37	2,12
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>77,15 (Boa)</b>

Data da coleta: 19/01/06	2ª Coleta	Ponto de Coleta nº 1
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	93	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	99,15	1,58
5) Fósforo Total	98,4	1,58
6) Temperatura	88	1,56
7) Turbidez	73	1,41
8) Resíduos Totais	86	1,43
9) OD	87	2,14
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>87,49 (Ótima)</b>

Data da coleta: 19/01/06	2ª Coleta	Ponto de Coleta n° 2
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	19	1,56
2) pH	93	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	99,15	1,58
5) Fósforo Total	96	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	59	1,39
8) Resíduos Totais	84	1,43
9) OD	65	2,03
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>72,99 (Boa)</b>

Data da coleta: 19/01/06	2ª Coleta	Ponto de Coleta n° 3
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	91	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	98,45	1,58
5) Fósforo Total	95,2	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	62	1,39
8) Resíduos Totais	84	1,43
9) OD	17	1,62
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>65,71 (Boa)</b>

Data da coleta: 19/01/06	2ª Coleta	Ponto de Coleta n° 4
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	3	1,18
2) pH	90	1,72
3) DBO	84	1,56
4) Nitrogênio Total	53	1,49
5) Fósforo Total	42	1,45
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	62	1,39
8) Resíduos Totais	68	1,40
9) OD	85	2,13
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>44,52 (Aceitável)</b>

Data da coleta:19/01/06	2ª Coleta	Ponto de Coleta nº 5
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	89	1,71
3) DBO	84	1,56
4) Nitrogênio Total	98,3	1,58
5) Fósforo Total	97,3	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	89	1,43
8) Resíduos Totais	85	1,43
9) OD	93	2,16
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>81,28 (Ótima)</b>

Data da coleta:06/04/06	3ª Coleta	Ponto de Coleta nº 1
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	91	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	98,75	1,58
5) Fósforo Total	99,2	1,58
6) Temperatura	88	1,56
7) Turbidez	73	1,41
8) Resíduos Totais	87	1,43
9) OD	76	2,09
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>85,45 (Ótima)</b>

Data da coleta:06/04/06	3ª Coleta	Ponto de Coleta nº 2
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	25	1,62
2) pH	93	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	98,85	1,58
5) Fósforo Total	95,2	1,58
6) Temperatura	90	1,57
7) Turbidez	59	1,39
8) Resíduos Totais	86	1,43
9) OD	85	2,13
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>79,53 (Ótima)</b>

Data da coleta:06/04/06	3ª Coleta	Ponto de Coleta n° 3
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	12	1,45
2) pH	91	1,72
3) DBO	92	1,72
4) Nitrogênio Total	98,75	1,58
5) Fósforo Total	96	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	63	1,39
8) Resíduos Totais	86	1,43
9) OD	40	1,87
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>62,49 (Boa)</b>

Data da coleta:06/04/06	3ª Coleta	Ponto de Coleta n° 4
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	3	1,18
2) pH	90	1,72
3) DBO	42	1,45
4) Nitrogênio Total	66	1,52
5) Fósforo Total	74,4	1,54
6) Temperatura	78	1,55
7) Turbidez	74	1,41
8) Resíduos Totais	68	1,40
9) OD	80	2,11
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>44,47 (Aceitável)</b>

Data da coleta:06/04/06	3ª Coleta	Ponto de Coleta n° 5
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	93	1,72
3) DBO	84	1,56
4) Nitrogênio Total	98,9	1,58
5) Fósforo Total	96,8	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	83	1,42
8) Resíduos Totais	85	1,43
9) OD	59	2,00
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>75,17 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/07/06	4ª Coleta	Ponto de Coleta nº 1
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	40	1,74
2) pH	92	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	99,80	1,58
5) Fósforo Total	98,4	1,585
6) Temperatura	88	1,56
7) Turbidez	91	1,43
8) Resíduos Totais	83	1,42
9) OD	74	2,08
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>77,53 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/07/06	4ª Coleta	Ponto de Coleta nº 2
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	18	1,54
2) pH	91	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	98,5	1,582
5) Fósforo Total	97,6	1,58
6) Temperatura	90	1,57
7) Turbidez	72	1,41
8) Resíduos Totais	87	1,43
9) OD	90	2,15
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>70,75 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/07/06	4ª Coleta	Ponto de Coleta nº 3
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	12	1,45
2) pH	93	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	99,6	1,584
5) Fósforo Total	96,8	1,58
6) Temperatura	93	1,57
7) Turbidez	88	1,43
8) Resíduos Totais	87	1,43
9) OD	95	2,17
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>68,27 (Boa)</b>

Data da coleta: 11/07/06	4ª Coleta	Ponto de Coleta nº 4
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	3	1,18
2) pH	90	1,72
3) DBO	51	1,48
4) Nitrogênio Total	93,85	1,575
5) Fósforo Total	39	1,44
6) Temperatura	78	1,55
7) Turbidez	83	1,42
8) Resíduos Totais	73	1,41
9) OD	80	2,11
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>44,61 (Aceitável)</b>

Data da coleta: 11/07/06	4ª Coleta	Ponto de Coleta nº 5
Parâmetros	$q^i$	$q^{wi}$
1) <i>Escherichia coli</i>	43	1,76
2) pH	92	1,72
3) DBO	92	1,57
4) Nitrogênio Total	99,5	1,584
5) Fósforo Total	98,4	1,58
6) Temperatura	90	1,57
7) Turbidez	84	1,43
8) Resíduos Totais	86	1,43
9) OD	94	2,16
<b>TOTAL (<math>\Pi q^{wi}</math>)</b>		<b>82,48 (Ótima)</b>



## **ANEXO C**

### **APRESENTAÇÃO DA FIGURA DA BACIA DO RIBEIRÃO BAGUAÇU E SUA OCUPAÇÃO PELA AGRICULTURA E MANCHAS URBANAS.**

O mapa apresentado, representa a bacia hidrográfica do ribeirão Baguaçu com sua ocupação pela agricultura e manchas urbanas , inserida em foto do satélite Landsat no ano de 2004, fornecida pela Secretaria de Estado dos Negócios da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.



**LEGENDA**

-  BACIA HIDROGRÁFICA
-  PONTO DE COLETA

**USO DO SOLO**

-  Vegetação natural e reflorestamento
-  Culturas perene e permanente
-  Pastagens
-  Terra nua
-  Área urbanizada