



CENTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ANÁLISE GEOAMBIENTAL

**Reflexos do Uso da Terra na Qualidade das Águas do Alto
Curso do Rio Baquirivu-Guaçu, Municípios de Arujá e
Guarulhos (SP).**

Sidney de Souza Martinez

Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Saad

Guarulhos
2012



Sidney de Souza Martinez

**Reflexos do Uso da Terra na Qualidade das Águas do Alto
Curso do Rio Baquirivu-Guaçu, Municípios de Arujá e
Guarulhos (SP).**

Dissertação apresentada à Universidade
Guarulhos para obtenção do título de Mestre em
Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Roberto Saad

Guarulhos

2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, em especial a minha esposa, Prof.^a Elaine Cristina Serra Martinez, os quais, com muita perseverança, motivaram-me a buscar o objetivo delineado.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Roberto Saad, orientador desta dissertação de mestrado, que coordenou o trabalho de pesquisa com a sabedoria e o empenho que somente os grandes mestres possuem.

À CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, agência do Governo do Estado de São Paulo responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição, um dos 16 centros de referência da Organização das Nações Unidas - ONU para questões ambientais, por proporcionar contínuo aprimoramento profissional aos seus técnicos.

Aos integrantes da Banca de Qualificação, Prof. Dr. Márcio Roberto Magalhães de Andrade e Prof. Dr. Décio Luis Semensatto Junior, que além da análise criteriosa e das recomendações formuladas, cujo teor constituíram ferramentas imprescindíveis para continuidade e conclusão do trabalho, muito colaboraram na disponibilização e no levantamento de dados, na elaboração dos mapas de uso da terra e na análise estatística dos resultados obtidos.

A todos os professores do Programa de Mestrado em Análise Geoambiental pelos ensinamentos proporcionados, essenciais a minha formação na docência e na pesquisa, e sobretudo, importantes na aplicação imediata nas atividades profissionais desenvolvidas fora da universidade.

Aos técnicos dos Laboratórios de Geoprocessamento e de Geociências pela presteza como conduziram o atendimento às demandas deste trabalho de pesquisa.

A minha esposa, Prof.^a Elaine Cristina Serra Martinez, colaboradora dos trabalhos de obtenção de imagens em campo, de reconhecimento dos usos da terra e de montagem das tabelas, o que lhe permitiu debater com propriedade os assuntos abordados e motivar avanços em momentos de estagnação.

Aos estudantes de engenharia Aline Zavagli Ferraz Martinez, Rubens Serra Martinez e Rafael Serra Martinez, que contribuíram intensamente na compilação dos valores das variáveis estudadas e na elaboração dos gráficos; ao estudante de direito André Serra Martinez, que da mesma maneira contribuiu na pesquisa acerca da legislação ambiental.

Aos meus pais que mesmo diante de dificuldades inerentes à criação dos filhos basearam-se no entendimento de que a educação formal é a porta principal de ascensão sociocultural, portanto, também por isso, encontro-me diante de pessoas ilustres, concretizando mais um objetivo.

Aos meus familiares e amigos, pois sempre entenderam a importância dos trabalhos desenvolvidos, motivaram-me e procuraram adequar, sempre que possível, as nossas atividades sociais a minha disponibilidade, sem comprometer o cumprimento das metas estabelecidas.

Aos amigos das diversas entidades do sistema de meio ambiente, preponderantemente aos profissionais da CETESB, com os quais aprendo diariamente, e que certamente, contribuíram para o sucesso alcançado.

EPÍGRAFE

"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações."

Artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil.

RESUMO

O objetivo principal desta pesquisa foi o de avaliar a qualidade da água do Rio Baquirivu-Guaçu, em seu alto curso, localizado nos municípios de Arujá e Guarulhos, Estado de São Paulo, no período compreendido entre 1983 e 2010, em função do aumento populacional e da diversificação do uso da terra na região. Para tanto, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET calculados pela CETESB. O IQA engloba os seguintes parâmetros: coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), fósforo total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), resíduo total, temperatura e turbidez. O IET, por sua vez, utiliza o fósforo total para seu cálculo no caso de ambientes fluviais. Os resultados alcançados mostram que a expansão urbana/industrial e a infraestrutura básica insuficiente, no que tange à coleta e ao tratamento dos esgotos domésticos comprometeram a qualidade dos recursos hídricos superficiais. As análises estatísticas evidenciam que as variáveis que influenciaram significativamente foram os coliformes termotolerantes, o fósforo total e a demanda bioquímica de oxigênio. A estação de tratamento de esgoto (ETE - Arujá) inaugurada em 2004, no município de Arujá, retardou o processo de degradação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu e impediu que alcançasse níveis superiores aos verificados até o início da década de 2000 e, desta forma, atenuou temporariamente a pressão sobre os índices de qualidade. Todavia, notadamente no final do período estudado, evidenciou-se a necessidade de se adequar o sistema de esgotamento sanitário à evolução do uso da terra, tanto no que se refere ao seu dimensionamento quanto no que diz respeito à introdução de novas etapas de tratamento, de modo a disponibilizar os serviços ambientais oferecidos por um curso d'água classe 3.

Palavras-chave: Região Metropolitana de São Paulo, Arujá, Guarulhos, Rio Baquirivu-Guaçu, IQA, IET, Uso da Terra.

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the water quality of the Baquirivu-Guaçu river located in the cities of Arujá and Guarulhos, State of São Paulo, in the period understood between 1983 and 2010, in function of the urban population increase as well as the land use diversification and occupation in those urban areas. So that, it was used the Water Quality Index and Trophic Stage Index both calculated by CETESB, that include the following parameters: thermotolerants coliforms, biochemical oxygen demand (BOD_{5,20}), total phosphorous, total nitrogen, dissolved oxygen (DO), pH, total residue, temperature and turbidity. The reached results show that the verified urban and industrial expansions and the deficiencies in sewage domestic treatment were responsible by the pollution of Baquirivu-Guaçu river surface water. The statistical analyses show that the variable used to calculate the Water Quality Index and the Trophic Stage Index had significantly influenced the variation of the indexes calculated for Baquirivu-Guaçu river: thermotolerants coliforms, total phosphorous and biochemical oxygen demand. The wastewater treatment plant, located in Arujá city and that has been into operation since 2004, was the main responsible for no worsened the degradation of water quality in the last six years. However, especially at the end of the study period, there was the need to adapt the sewage system to changing use and land cover, both with regard to its design as with regard to the introduction of new steps treatment, in order to provide environmental services offered by a class 3 watercourse.

Keywords: Metropolitan Region of São Paulo, Arujá, Guarulhos, Baquirivu-Guaçu River, IQA, IET, Land Use.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: Curvas de variação de qualidade das águas.....	19
FIGURA 02: Ciclo do Nitrogênio	28
FIGURA 03: Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu.....	50
FIGURA 04: Localização da Bacia Hidrográfica do rio Baquirivu-Guaçu na RMSP..	62
FIGURA 05: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu nos municípios de Arujá e Guarulhos	63
FIGURA 06: Mapa Geomorfológico da área de estudo	65
FIGURA 07: Mapa Geológico da área de estudo.....	66
FIGURA 08: Mapa Pedológico da área de estudo	67
FIGURA 09: Mapa de uso da terra, em 1986, na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento	69
FIGURA 10: Mapa de uso da terra, em 2003, na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento. Elabordo com base em imagem IKONOS, de 2003 – Projeção UTM/SAD 69.....	70
FIGURA 11: Mapa de uso da terra, em 2010, na Bacia do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento.....	71
FIGURA 12: Relação entre as classes de Uso da Terra e os Índices de Qualidade das Águas	73
FIGURA 13: Uso urbano com predominância industrial. Área próxima ao bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'09,98"S 46°21'02,41"W. Datum WGS-84.....	74
FIGURA 14: Uso urbano com predominância industrial. Área situada no bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'16,69"S 46°21'05,79"W. Datum WGS-84.....	74
FIGURA 15: Uso urbano com predominância residencial. Área central do município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'34,46"S 46°19'17,62"W. Datum WGS – 84.....	75
FIGURA 16: Uso urbano com predominância residencial. Área próxima ao bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'14,10"S 46°20'31,29"W. Datum WGS-84.....	75

FIGURA 17: Uso campo/agricultura, na margem esquerda do Rio Baquirivu-Guaçu, entre a Av. Mário Covas e o bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'22,13"S 46°21'38,69"W. Datum WGS-8476

FIGURA 18: Uso campo/agricultura (estufas), na margem esquerda do Rio Baquirivu-Guaçu, entre a Av. Mário Covas e o bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'12,88"S 46°21'26,57"W. Datum WGS-84.....76

FIGURA 19: Mata remanescente, na margem direita do Rio Baquirivu-Guaçu, próxima à estação de tratamento de esgoto, bairro Portão, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'55,55"S 46°21'15,35"W. Datum WGS-8477

FIGURA 20: Uso urbano com predominância comercial. Trecho canalizado (seção fechada) do Rio Baquirivu-Guaçu, a montante da Av. João Manoel, centro do município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'44,05"S 46°19'46,51"W. Datum WGS-84.....77

FIGURA 21: Trecho do Rio Baquirivu-Guaçu canalizado com seção aberta, no ponto de lançamento dos esgotos tratados da ETE, no bairro Portão, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'01,50"S 46°21'23,32"W. Datum WGS-84...78

FIGURA 22: Ponto de amostragem da CETESB, localizado na Rua Tamotsu Iwasse, próximo à divisa entre os municípios de Arujá e Guarulhos, no bairro Bonsucesso, no município de Guarulhos. Coordenadas geográficas: 23°24'52,01"S 46°23'06,23"W. Datum WGS-8478

FIGURA 23: Temperatura por período.....80

FIGURA 24: Média anual de temperatura por período81

FIGURA 25: pH por período.....82

FIGURA 26: Média anual do pH por período83

FIGURA 27: Turbidez por período84

FIGURA 28: Média anual por período.....85

FIGURA 29: Resíduo total por período86

FIGURA 30: Média anual do resíduo total por período87

FIGURA 31: Concentração de oxigênio dissolvido por período88

FIGURA 32: Média anual da concentração de oxigênio dissolvido por período89

FIGURA 33: Demanda bioquímica de oxigênio por período90

FIGURA 34: Média anual da demanda bioquímica de oxigênio por período91

FIGURA 35: Concentração de fósforo por período	92
FIGURA 36: Média anual de concentração de fósforo por período	93
FIGURA 37: Concentração de nitrogênio total por período	94
FIGURA 38: Média anual da concentração de nitrogênio total por período	95
FIGURA 39: Coliformes termotolerantes por período	96
FIGURA 40: Média anual de coliformes termotolerantes por período	97
FIGURA 41: Índice de Qualidade das águas por período	98
FIGURA 42: Média anual do Índice de Qualidade das Águas por período	99
FIGURA 43: Índice do estado trófico por período	100
FIGURA 44: Média anual do Índice do estado trófico por período	101
FIGURA 45: Localização da estação de tratamento de esgoto (ETE), no município de Arujá	103
FIGURA 46: Análise de Componentes Principais (PCA) com a subdivisão de quatro séries temporais e valores das variáveis transformados com $\log(x)+1$	106

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 01: Índice de Qualidade das Águas - IQA.....	20
TABELA 02: Saturação de OD na Água.....	25
TABELA 03: Concentrações de DBO _{5,20} em Águas Residuárias	32
TABELA 04: Índice do Estado Trófico para Rios.....	38
TABELA 05: Padrões de Qualidade das Águas do Estado de São Paulo.....	41
TABELA 06: Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos do Estado de São Paulo.	42
TABELA 07: Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos do Território Nacional Brasileiro	45
TABELA 08: Condições de Emissão de Efluentes Líquidos do Território Nacional Brasileiro	46
TABELA 09: Padrões de Qualidade das Águas no Território Nacional Brasileiro	46
TABELA 10: Padrões de Qualidade das Águasno Território Nacional Brasileiro	47
TABELA 11: Dados mensais de pluviometria relativos ao período de 1983 a 2010.	52
TABELA 12: Principais Parâmetros Morfométricos da Área de Estudo	64
TABELA 13: Avaliação da Margem Direita.....	64
TABELA 14: Avaliação da Margem Esquerda.....	65
TABELA 15: Área absoluta (m ²), equivalente às classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 1986.....	69
TABELA 16: Área absoluta (m ²), equivalente às classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 2003.....	70
TABELA 17: Área absoluta (m ²), equivalente às classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 2010.....	71

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 01: Classificação do Estado Trófico - Rios.....**37**

QUADRO 02: Características das Imagens de Satélites utilizadas**57**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 Índice de Qualidade das Águas	18
3.1.1 IQA - Índice de Qualidade das Águas	18
3.1.1.1 Variáveis Físicas.....	20
3.1.1.2 Variáveis Químicas	23
3.1.1.3 Variáveis Microbiológicas.....	33
3.1.2 IET - Índice do Estado Trófico	36
3.2 Legislações Federal e Estadual sobre as Águas.....	39
4. MATERIAIS E MÉTODOS	49
4.1 Pesquisa bibliográfica	49
4.2 Aquisição e Organização dos Dados - CETESB e UnG	49
4.3 Elaboração do Mapa de Uso da Terra.....	56
4.3.1 Materiais Utilizados.....	56
4.3.2 Metodologia Aplicada	57
4.3.2.1 Montagem do banco de dados espaciais.....	58
4.3.2.2 Delimitação da bacia contribuinte	58
4.3.2.3 Caracterização dos parâmetros morfométricos da bacia contribuinte	58
4.3.2.4 Mapeamento do uso da terra da bacia contribuinte	60
5. CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	61
5.1 Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu	64
5.1.1 Características Físicas	64
5.1.2 Uso da Terra	68
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	107
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	114

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisadores e técnicos especializados na temática que envolve a qualidade da água *versus* uso da terra têm alertado para a importância dos estudos voltados à avaliação, exploração, preservação, proteção e recuperação dos recursos hídricos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008, 2010).

A tarefa de fornecer água de boa qualidade nos locais onde ela é necessária está se tornando cada vez mais difícil em todo o mundo. Nesse sentido, vários países têm realizado investimentos em infraestrutura para minimizar esse problema, mas, até agora, na maioria dos casos, a resposta a essa questão deixou de considerar o problema suscitado pela deterioração que os recursos hídricos vêm sofrendo. Acredita-se que para enfrentar de forma efetiva o problema da crescente crise da água é preciso, cada vez mais, vincular o seu uso à atenção ao meio ambiente (BRAGA et al., 2005; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2010). De fato, mesmo onde esse recurso ainda é abundante, a destruição ambiental o torna impróprio para diversos fins, e seu uso, quando possível, impõe altos custos à sociedade.

Sensíveis a essa questão, dada a sua escassez cada vez mais crescente, vários órgãos de fomento (nacionais e internacionais) têm incentivado pesquisas relacionadas à proteção e à recuperação dos recursos hídricos frente aos agentes responsáveis pela sua degradação, assim como o real significado desses impactos na disponibilidade futura da água utilizável.

Via de regra, a qualidade da água deve satisfazer às exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais incumbidos dessa regulamentação perante às diferentes formas de suas utilizações: alimentação, necessidades domésticas, agrícolas, industriais, transportes, infraestrutura energética, pesca e lazer. Entretanto, a ênfase principal deve ser direcionada ao abastecimento e à saúde pública (CONFALONIERI et al., 2010).

Após a sua utilização a água descartada retorna ao seu ambiente natural. Porém, o produto restituído encontra-se, normalmente, contaminado a ponto de torná-lo inapto ou danoso ao seu reuso imediato, notadamente ao consumo humano.

No Brasil, a disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade é bastante escassa, principalmente nas áreas de influência dos grandes centros urbanos (TUCCI, 2010). Nesses locais a qualidade das águas se apresenta cada vez pior, o

que coloca em risco o abastecimento futuro das maiores cidades do nosso País. Dessa lista, fazem parte importantes capitais como: São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte, Porto Alegre e Brasília. Atualmente, nelas habitam cerca de 125 milhões de pessoas, o que corresponde a 70% da população urbana do país (TUCCI, 2010).

Nesse quadro de grandes concentrações urbanas não se pode deixar de considerar as regiões metropolitanas, cada vez mais presentes em várias partes do território nacional. Nessas megalópoles a qualidade das águas é baixa e vem se degradando rapidamente, atingindo níveis péssimos ou, na melhor das hipóteses, regulares. A Região Metropolitana de São Paulo – RMSP é um exemplo típico dessa situação crítica (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008, 2010).

Com efeito, na RMSP vivem cerca de 20 milhões de habitantes, distribuídos em 39 municípios, sendo que muitos deles não possuem saneamento básico, o que compromete a qualidade de seus recursos hídricos consubstanciados nas águas dos rios, lagoas e represas (IBGE, 2008).

Nesse quesito, a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - BHAT é uma das que têm a pior classificação nas avaliações sistemáticas efetuadas pela Agência Nacional das Águas - ANA (2009) e pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Esse fato é bastante previsível, em função, principalmente, das altas taxas de crescimento populacional observadas nos municípios que essa sub-bacia hidrográfica abriga, correlacionadas à carência de sistemas de esgotamento sanitário (coleta e tratamento de esgotos) que reduzam o passivo acumulado e contemplem as novas demandas cotidianamente geradas. Soma-se a isso, o fato de que, vários de seus tributários têm suas águas poluídas por diferentes fontes, todas elas ligadas às atividades antrópicas (CETESB, 2010).

Assim, verifica-se que a gestão dos recursos hídricos representa um grande desafio ao poder público. Na Grande São Paulo, onde a BHAT encontra-se inserida, o desafio não é menor, pois, ao mesmo tempo em que há necessidade de se ampliar os sistemas de coleta e tratamento de esgoto urbano, deve-se incrementar os investimentos em sistemas de captação, tratamento e distribuição de água, de modo a garantir, com qualidade, a saúde ambiental de seus munícipes.

As bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidade de estudo, planejamento e gerenciamento da paisagem, pois comportam a realização de diversas pesquisas ambientais, principalmente aquelas que procuram relacionar os

sistemas biofísicos e socioeconômicos de forma integrada e interdependente (ESPÍNOLA; WENDLAND, 2004; BRAGA et al., 2005; PIASENTIN, 2008).

Dentro da temática *qualidade de recursos hídricos frente ao processo de uso da terra*, selecionou-se para estudo o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, pertencente à BHAT e localizado nos municípios de Arujá e Guarulhos (SP).

Quando se analisa o mapa de uso da terra desses municípios, com base em estudos anteriores (EMPLASA, 2002), percebe-se que ele possui duas grandes subdivisões: a zona rural e a zona urbana, sendo que a última predomina sobre a primeira. Nesta verificam-se ocupações residenciais e industriais, denso sistema viário, equipamentos públicos, pequenas áreas com vegetação, bem como a presença de atividades agrícolas.

Os reflexos dessa ocupação diversificada na qualidade das águas do Rio Baquirivu-Guaçu podem ser avaliados, pois a CETESB possui um ponto de monitoramento em seu próprio leito, localizado próximo ao limite dos municípios de Arujá e Guarulhos. Essa pesquisa contempla o período compreendido entre janeiro de 1983 e dezembro de 2010.

2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo principal verificar os reflexos no comportamento da qualidade dos recursos hídricos do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, frente às modificações no uso da terra, ao longo do período compreendido entre 1983 e 2010.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- apontar as fontes e os fatores responsáveis pela degradação desse curso d'água e identificar os contaminantes que, ao longo do tempo, potencializaram esse passivo ambiental; e
- avaliar o papel que a estação de tratamento de esgoto (ETE – Arujá), implantada e operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP desde o segundo semestre de 2004, desempenha na melhoria da qualidade ambiental dessa sub-bacia hidrográfica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados dois temas importantes na avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu: o primeiro refere-se aos parâmetros utilizados nessa avaliação, enquanto o segundo diz respeito à legislação federal e estadual.

3.1 Índices de Qualidade das Águas

Com relação aos índices de qualidade das águas serão discutidos o próprio IQA (CETESB, 2009), bem como o IET (CETESB, 2009).

3.1.1 IQA - Índice de Qualidade das Águas

O IQA foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation, e começou a ser utilizado pela CETESB a partir de 1975 como informação básica de qualidade da água para a população e para o gerenciamento da qualidade ambiental no Estado de São Paulo, estendendo-se, posteriormente, como importante ferramenta de gestão aos demais estados brasileiros.

Os índices e indicadores de qualidade do meio ambiente surgiram da preocupação da sociedade com os aspectos ambientais do desenvolvimento. O processo de obtenção dos índices de qualidade baseia-se na análise criteriosa de uma série de informações tendentes a tornarem-se cada vez mais complexas na medida em que se busca alcançar índices que melhor espelhem a qualidade do compartimento estudado, agregando-se a eles novos indicadores e variáveis. A publicidade dos índices de qualidade permite que a sociedade, através dos seus gestores públicos, influencie no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento dos seus efeitos.

As principais vantagens do IQA são as facilidades de comunicação com o público e a síntese das interpretações de diversas variáveis em um único dado, assim como, algumas desvantagens também merecem ser citadas, dentre elas, a perda da informação das variáveis, bem como, da interação entre elas, e ainda, o fato da sua interpretação limitar-se à contaminação dos cursos hídricos ocasionada por esgotos domésticos.

Segundo a Agência Nacional de Águas – ANA (2009), o IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para abastecimento público,

após tratamento, e acrescenta que as variáveis empregadas no cálculo são em sua maioria indicadoras de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

Ao enfatizar a contaminação causada por lançamento de esgotos domésticos deixa-se de considerar parâmetros importantes ao abastecimento público, tais como: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. Portanto, não se aplica o IQA para o abastecimento público.

Segundo a CETESB (2009), a criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade das águas, cujo resultado indicou nove das trinta e cinco variáveis propostas, o peso relativo e a condição com que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores de “Rating” e, em seguida, estabeleceram-se as curvas de variação de qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro (Figura 01).

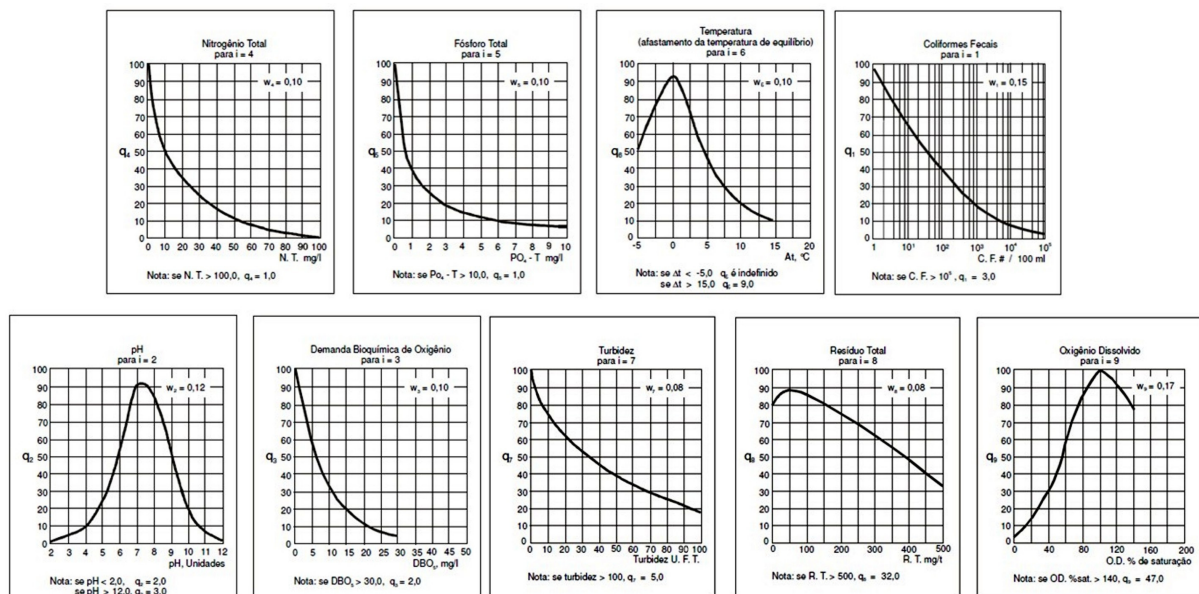


Figura 01: Curvas de variação de qualidade das águas.

Fonte: CETESB (2009).

O IQA é obtido pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, aplicando-se a seguinte fórmula (Eq.1):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida; e

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=0}^n w_i = 1$$

Onde:

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA

Para o cálculo do IQA é imprescindível dispor dos valores das nove variáveis. Obtido o IQA, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, numa escala de 0 a 100, utilizando-se a Tabela 01.

Tabela 01 – Índice de Qualidade das Águas – IQA.

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < \text{IQA} \leq 100$
Boa	$51 < \text{IQA} \leq 79$
Regular	$36 < \text{IQA} \leq 51$
Ruim	$19 < \text{IQA} \leq 36$
Péssima	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: CETESB (2009).

3.1.1.1 Variáveis Físicas

A caracterização física de qualidade das águas é realizada com base na medição das propriedades físicas com significado sanitário e ambiental relevantes, e cuja interpretação dos resultados permita aos gestores, públicos ou privados, desenvolverem ações que assegurem às atuais e futuras gerações os múltiplos usos estabelecidos para o corpo hídrico. Dentre as variáveis, destacam-se: cor, turbidez, teor de sólidos, temperatura, sabor e odor.

Segundo Piveli e Kato (2005), as aplicações das variáveis físicas nos estudos de fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e na caracterização e controle de qualidade das águas para abastecimento público e residuárias, tornam as propriedades físicas indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade das águas.

- **Temperatura da Água**

A temperatura tem significado sanitário e ambiental importante nas ações de controle da qualidade das águas, uma vez que, quanto ao aspecto biológico, os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo. No tocante às características químicas, a elevação da temperatura provoca o aumento velocidade das reações químicas e a diminuição da dissolução dos gases na água. O efeito ambiental da diminuição da dissolução dos gases na água devido ao aumento da temperatura é observado pela redução da concentração de oxigênio dissolvido em corpos d'água medida em dias quentes.

Segundo Branco (1986), a concentração de oxigênio na água, a 30°C, é aproximadamente a metade da que pode existir, à pressão normal, a 0°C. Variações de temperatura é parte do regime climático normal e, corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como, estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (CETESB, 2008). O lançamento de despejos líquidos industriais em cursos d'água, oriundo de processos industriais desenvolvidos em meio aquecido, tais como: usinas de produção de açúcar e álcool, têxteis associadas ao tingimento de tecidos, produção de substâncias químicas diversas, dentre outras; altera a temperatura do curso hídrico receptor.

Outras propriedades da água, tais como, a viscosidade, a tensão superficial, a compressibilidade, o calor específico, a constante de ionização e o calor latente de vaporização diminuem a medida que a temperatura aumenta, de 0°C a 30°C, por outro lado, na mesma condição (aumento de temperatura), a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam.

- **Turbidez da Água**

A turbidez corresponde ao grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água, devido à presença de sólidos em suspensão (areia, silte, argila, algas, bactérias, plâncton, etc.). Essa atenuação dá-se por absorção e espalhamento, pois, as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca.

Alterações do grau de turbidez das águas podem ser atribuídas à erosão do solo, decorrente, muitas vezes, de intervenções em áreas ambientalmente protegidas, acentuadamente das ocupações em áreas de preservação permanente de curso d'água, devido, sobretudo à exposição do solo às intempéries; à execução de obras de movimentação de terra; aos despejos domésticos; aos despejos industriais; à presença de matéria orgânica em decomposição; à presença de microorganismos e de gases dissolvidos.

Segundo Piveli e Kato (2005) a erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas e que exige manobras operacionais, como alterações das dosagens de coagulantes e auxiliares de coagulação em sistemas de tratamento de água. Ainda, segundo esses mesmos autores, a erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação.

Pode-se atribuir, em alguns casos, às condições naturais, a turbidez gerada por areia (partículas de rochas em geral), argila, silte, algas e outros microorganismos; e às ações antrópicas as alterações de turbidez provocadas pelo lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais; à presença de microorganismos e de partículas de solo (SPERLING, 1996).

A turbidez associada às condições naturais não traz inconvenientes sanitários diretos ao recurso hídrico, porém, para água potável, além de esteticamente desagradável, os sólidos em suspensão podem abrigar microorganismos patogênicos, reduzindo a eficiência da desinfecção; e a turbidez oriunda das ações antrópicas pode estar relacionada à presença de compostos tóxicos e organismos patogênicos; independentemente da sua origem, a turbidez pode reduzir a penetração da luz e, conseqüentemente, prejudicar a fotossíntese (SPERLING, 1996).

- **Resíduo Total (sólido total)**

O teor de sólidos na água corresponde à quantidade de matéria que permanece como resíduo no recipiente (ou no meio filtrante) após a amostra analisada ser submetida aos processos de filtração, evaporação, secagem ou calcinação, a uma temperatura preestabelecida e durante um tempo fixado. Dependendo do processo ao qual a amostra é submetida tem-se, por método gravimétrico, a fração de sólidos desejada. Por método volumétrico no qual um litro de amostra é mantido em repouso pelo período de uma hora, determina-se a concentração volumétrica de sólidos (em mL/L).

Os sólidos totais ou resíduos totais (ST ou RT) empregados no cálculo do IQA referem-se aos resultados das análises nas quais as amostras coletadas dos cursos d'água são submetidas aos processos de evaporação e secagem (103°C - 105°C) até peso constante. Os resíduos que se mantiveram no recipiente ao final do processo correspondem ao teor de sólidos totais.

As substâncias sólidas presentes nos corpos d'água além de causarem danos aos peixes e à vida aquática podem sedimentar no leito dos rios e destruir organismos que fornecem alimentos ou danificar os leitos de desova de peixes, podem ainda, reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios e provocar a decomposição anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente, sulfatos e cloretos estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (CETESB, 2009).

3.1.1.2 Variáveis Químicas

As variáveis químicas de qualidade das águas permitem: classificar a água por seu conteúdo mineral através dos íons presentes; determinar o grau de contaminação e identificar a origem dos principais poluentes; caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes geradoras; e avaliar o equilíbrio bioquímico necessário à manutenção da vida aquática (MACÊDO, 2007).

Semelhante à caracterização física, a caracterização química de qualidade das águas é realizada com base na medição das propriedades químicas com significado sanitário e ambiental relevantes, e cuja interpretação dos resultados permita aos gestores, públicos ou privados, desenvolverem ações que assegurem às atuais e futuras gerações os múltiplos usos estabelecidos para o corpo hídrico. Dentre as variáveis, destacam-se: oxigênio dissolvido na água (OD), fósforo total,

nitrogênio total, potencial hidrogeniônico (pH) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

As aplicações das variáveis químicas nos estudos de fenômenos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos e de caracterização e controle de qualidade de águas para abastecimento público e residuárias, assim como as aplicações das variáveis físicas citadas por Piveli e Kato (2005), tornam, também, as características químicas indispensáveis à maioria dos trabalhos envolvendo qualidade das águas.

- **Oxigênio Dissolvido na Água (OD)**

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido segundo a Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$C_{\text{sat}} = \alpha \cdot p_{\text{gás}}$$

Onde α é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e $p_{\text{gás}}$ é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido. No caso do oxigênio, ele é constituinte de 21% da atmosfera e, pela Lei de Dalton, exerce uma pressão de 0,21 atm.

Desta forma, obtém-se a concentração de saturação de oxigênio dissolvido na água pelo produto da constante α e a pressão desse gás. Assim, tem-se:

$$C_{\text{sat}} = \alpha \cdot p_{\text{gás}}$$

Onde:

$$\alpha = 43,9 \text{ para } 20^{\circ}\text{C}$$

$$p_{\text{gás}} = 0,21 \text{ atm}$$

$$C_{\text{sat}} = 9,2 \text{ mg/L}$$

A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata (queda d'água) é maior que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior a de uma represa, com a velocidade normalmente bastante baixa (CETESB, 2008).

Além da dissolução do oxigênio atmosférico na água, outra origem natural é a produção de oxigênio pelos organismos fotossintéticos.

Segundo Branco (1986), ao enfatizar a importância do processo fotossintético no fornecimento de oxigênio, preponderantemente, ao meio aquoso, relatou que no ambiente aquático são os vegetais submersos, especialmente as algas, os principais responsáveis pela oxigenação da massa líquida, fornecendo o elemento necessário a todas as oxidações biológicas ou bioquímicas que nela se verificam. Com efeito, a simples aeração através da superfície, nem sempre é suficiente para a oxidação da matéria orgânica e respiração dos organismos aquáticos, principalmente nas águas paradas e enriquecidas por despejos orgânicos e minerais. Os vegetais subaquáticos desempenham, pois, nesse sentido, um papel de “agente depurador das águas”, sendo os principais responsáveis pelo fornecimento do oxigênio necessário à autodepuração dos corpos d’água poluídos por despejos orgânicos.

Todavia, quando se pretende avaliar o grau de poluição de um determinado recurso hídrico tendo-se como base a concentração de oxigênio nele dissolvido, deve-se, preliminarmente, observar que o processo fotossintético pode “mascarar” esse procedimento.

Segundo Piveli e Kato (2005), águas poluídas são aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido decorrente do consumo na decomposição de compostos orgânicos, enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, aproximando-se à concentração de saturação (Tabela 02).

Tabela 02 - Saturação de OD na Água.

Temperatura (°C) à Pressão de 760 mm de Hg	Concentração de NaCl (mq/L)		
	00	10.000	20.000
5	12,8	11,4	10
10	11,3	10,1	9,0
15	10,2	9,1	8,1
20	9,2	8,3	7,4
25	8,4	7,6	6,7
30	7,6	6,9	6,1

Fonte: Piveli e Kato (2005)

No entanto, ainda segundo Piveli e Kato (2005), uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação, o que levaria a uma interpretação errônea e, por conseguinte, a uma tomada de decisão equivocada.

A origem antropogênica do oxigênio dissolvido na água dá-se por meio da aeração artificial, por exemplo, agitadores mecanizados, difusores de ar, dentre outros dispositivos.

- **Fósforo Total**

A presença de fósforo nos cursos d'água está associada aos lançamentos de esgotos domésticos (esses despejos contém matéria orgânica de origem fecal, rica em proteínas; e detergentes), inclusive daqueles gerados pelos sistemas públicos e privados de coleta e tratamento de esgotos, pois, em sua maioria não contemplam a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo); aos lançamentos de efluentes líquidos industriais (fertilizantes, pesticidas, químicas, abatedouros, frigoríficos, laticínios, tratamento de superfícies – fosfatização, dentre outras); e às cargas de poluição difusa, notadamente, quando as águas drenadas atravessam áreas agrícolas (arraste de nutrientes e dissolução de compostos do solo), porém, sem desprezar a carga poluidora contida nas águas que percolam das áreas urbanas.

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem a necessidade de conversões às formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4) dependem do pH, sendo a mais comum na faixa usual de pH o HPO_4^{2-} . Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. O fósforo orgânico é normalmente de menor importância (SPERLING, 1996).

O fósforo é um dos principais nutrientes para os processos biológicos, sendo consumido em grandes quantidades pelas células (macronutriente). Em processos aeróbios a dosagem de fósforo deve obedecer a relação $\text{DBO}_5:\text{N}:\text{P}$ mínima de 100:5:1 e, em processos anaeróbios, aplica-se a relação $\text{DQO}:\text{N}:\text{P}$ mínima de 350:7:1 ou 500:5:1. Os esgotos domésticos no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6,0 a 10,0 mg/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos (PIVELI; KATO, 2005).

Segundo Branco (1986), o fósforo é um importante componente da substância viva, especialmente do núcleo-proteínas (essenciais para as funções reprodutivas das células) além de estar ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético, constituindo-se fator limitante à vida dos organismos aquáticos e de importância fundamental no controle ecológico das algas.

- **Nitrogênio Total**

Segundo Piveli e Kato (2005), embora as águas possuam diversas fontes naturais de aporte de nitrogênio, os esgotos domésticos são a principal fonte de contribuição, pois apresentam concentração de nitrogênio orgânico (8,0 a 35,0 mgN/L) associado à presença de proteínas, e de nitrogênio amoniacal (12,0 a 50,0 mgN/L) devido à hidrólise sofrida pela uréia na água.

Outras importantes fontes de geração e emissão de nitrogênio nos cursos hídricos são: as atividades industriais (químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, alimentícias, matadouros, frigoríficas, curtumes e metalúrgicas com processos de galvanoplastia); a atmosfera devido ao mecanismo de fixação biológica desempenhado por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, elevando a concentração de nitrogênio orgânico nas águas; o mecanismo de fixação cujas reações químicas ocorrem sob ação da luz e na presença de amônia e nitratos nas águas; a ocorrência de precipitações pluviométricas que transferem o nitrogênio do ar atmosférico para as águas pluviais, que por sua vez, atingem os corpos d'água, arrastando também compostos do nitrogênio orgânico, dissolvendo amônia e nitratos; e a poluição difusa em áreas agrícolas e urbanas, gerada pelo escoamento das águas pluviais drenadas de solos fertilizados, ricos em compostos nitrogenados e de áreas urbanizadas desprovidas de eficientes sistemas de limpeza pública e de saneamento básico (PIVELI; KATO, 2005).

A presença de nitratos comumente encontrados nas águas naturais, e de outros compostos do nitrogênio, tais como: compostos orgânicos, amônia e nitritos, oriundos de diversas fontes, pode indicar a existência de poluição recente ou descartar essa possibilidade, pois, tais substâncias, uma vez presentes na água, são oxidadas por bactérias nitrificantes. Altas concentrações de nitrito devem ser cuidadosamente interpretadas uma vez que certas algas (grupo das xantofíceas) e

bactérias podem, em pequenos volumes de água, reduzir a nitrito os compostos de nitrato (BRANCO, 1986).

Assim, a adequada interpretação dos resultados das análises químicas das amostragens efetuadas nos cursos hídricos (monitoramento) permite aos gestores de qualidade das águas, a partir dos valores das concentrações dos compostos de nitrogênio, observar a etapa do processo de nitrificação (Figura 02) predominante no ponto de amostragem e iniciar os procedimentos para identificação da fonte geradora.

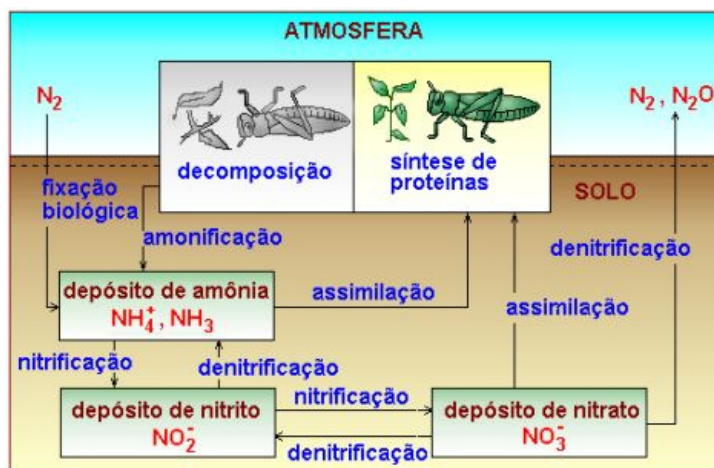


Figura 02: Ciclo do Nitrogênio.

Fonte: www.ib.usp.br

Segundo Piveli e Kato (2005), o nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal (formas reduzidas), e de nitritos e nitratos (forma oxidada), e pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio, pois, se as análises químicas de águas coletadas de um rio poluído apontarem predominância das formas reduzidas, o foco de poluição estará próximo do ponto de coleta das amostras, e se prevalecerem as formas oxidadas do nitrogênio as descargas de esgotos estarão distantes, portanto, analogamente, tem-se nas zonas de autodepuração natural dos rios, a presença de nitrogênio orgânico na zona de degradação (primeira zona de poluição que se forma após o lançamento dos esgotos), a presença de nitrogênio na zona de decomposição ativa (zona na qual se localiza o ponto de concentração mínima de oxigênio dissolvido nas águas), nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos e são caracterizados como macronutrientes, uma vez que, depois do carbono, o nitrogênio

é o elemento exigido em maior quantidade pelas células vivas. Quando descarregados nas águas naturais, conjuntamente com o fósforo e outros nutrientes presentes nos despejos, provocam o enriquecimento do meio, tornando-o eutrofizado.

A eutrofização pode possibilitar o crescimento mais intenso de seres vivos que utilizam nutrientes, especialmente as algas. Essas grandes concentrações de algas podem trazer prejuízos aos múltiplos usos das águas, impactando seriamente o abastecimento público ou causando poluição decorrente da morte e decomposição desses organismos.

O controle da eutrofização através da redução do aporte de nitrogênio é comprometido pela multiplicidade de fontes, algumas muito difíceis de serem controladas como a fixação do nitrogênio atmosférico por parte de alguns gêneros de algas. Por isso, deve-se investir preferencialmente no controle das fontes de fósforo (CETESB, 2009).

Conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005, o Rio Baquirivu-Guaçu – Classe 3, com relação aos compostos de nitrogênio, deve ter sua qualidade enquadrada aos seguintes padrões: nitrato – 10,0 mgN/L; nitrito - 1,0 mgN/L; e nitrogênio amoniacal - 13,0 mgN/L para $\text{pH} \leq 7,5 \Leftrightarrow 5,6 \text{ mgN/L}$ para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0 \Leftrightarrow 2,2 \text{ mgN/L}$ para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5 \Leftrightarrow 1,0 \text{ mgN/L}$ para $\text{pH} > 8,5$. Ainda com base nessa resolução, o lançamento de efluentes líquidos no Rio Baquirivu-Guaçu deve conter, no máximo, o valor de concentração de 20,0 mg/L de nitrogênio amoniacal. Não há padrão de emissão para os demais compostos do nitrogênio.

No mesmo sentido, o Regulamento da Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8.468/76, e suas alterações, determina que o Rio Baquirivu-Guaçu – Classe 3, com relação aos compostos do nitrogênio, deve ter sua qualidade enquadrada aos seguintes padrões: amônia – 0,5 mgN/L $\Leftrightarrow$ nitrato – 10 mgN/L; e nitrito 1,0 mgN/L. Não há padrão de emissão para os compostos de nitrogênio nesse regulamento.

Com relação à qualidade da água para consumo humano, controle rigoroso dá-se aos nitratos, pois, seus efeitos tóxicos causam a metahemoglobinemia infantil, doença letal para crianças. Essa doença é provocada pela redução do nitrato a nitrito na corrente sanguínea, que compete com o oxigênio livre e, por conseguinte, torna o sangue azul. O padrão de potabilidade para o nitrato é a concentração

máxima permitida de 10,0 mgN/L, estabelecido pela Portaria MS nº 2.914, de 12/12/2011 (Ministério da Saúde, 2011).

- **Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O valor de pH corresponde à concentração de íons H^+ (cátion hidrogênio) presente numa determinada amostra. O pH é comumente obtido por meio de medição instrumental (pHmetro), cujo resultado, largamente empregado nas diversas áreas das ciências, da tecnologia, da produção industrial, dentre outras, aplica-se destacadamente no saneamento ambiental.

A faixa de pH varia numa escala de 0 a 14, na qual, valores abaixo de 7,0 indicam acidez (quanto mais próximo ao “0” mais ácida é a amostra), valores acima de 7,0 indicam basicidade (quanto mais próximo ao “14” mais básica é a amostra), e valor igual a 7,0 indica pH neutro.

O pH influencia diretamente no equilíbrio químico dos ecossistemas aquáticos devido aos efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies e, indiretamente, ao alterar as condições do meio analisado, seja, ora pela precipitação de metais pesados ou outras substâncias tóxicas insolúveis em determinadas faixas de pH, ora pela solubilização de outras substâncias, como por exemplo, alguns nutrientes solúveis em outras faixas de pH, ou pela dissolução de gases.

Os padrões de qualidade dos recursos hídricos, bem como, os padrões de emissão dos efluentes líquidos, tanto aqueles regulamentados por legislação estadual, como aqueles fixados por legislação federal, estabelecem valores de pH que variam de 5,0 a 10,0 U.pH, dependendo do uso a que se destina o curso d'água. Águas que se destinam à proteção da vida aquática devem, obrigatoriamente, apresentar valores de pH entre 6,0 e 9,0 U.pH.

A eficiência dos processos biológicos de tratamento de esgotos na remoção de carga poluidora também está associada às condições de pH do sistema. Segundo a CETESB (2009), normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios quanto nos anaeróbios.

A influência do pH não restringe-se exclusivamente à qualidade dos recursos hídricos e à eficiência dos processos biológicos de tratamento de esgotos, mas, envolve também, as condições operacionais dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes líquidos industriais e de tratamento de água para consumo

humano. Pois, sabe-se que, no tratamento de efluentes líquidos industriais a precipitação de metais tóxicos e a oxidação de cianetos ocorrem em pH alcalino (pH elevado); a redução do cromo hexavalente à cromo trivalente e a oxidação química de fenóis ocorrem em pH ácido (pH baixo); a quebra de emulsões oleosas ocorre devido à acidificação do meio (pH baixo); assim como, algumas etapas importantes no tratamento de águas para abastecimento público, tais como: a floculação; a coagulação e a desinfecção, dependem rigorosamente do pH.

- **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO representa a quantidade de oxigênio consumida pela respiração aeróbia dos microorganismos presentes no meio analisado durante a oxidação da matéria orgânica nutriente e, comumente, é expressa pela concentração de oxigênio dissolvido consumido (em mg/L) em um determinado período de tempo (5 dias), à temperatura de incubação específica (20°C), o que corresponde à quantidade de oxigênio necessária à estabilização das matérias oxidáveis bioquimicamente (BRANCO, 1986).

A concentração de matéria orgânica obtida pela análise de DBO tem fundamental importância no reconhecimento do nível de degradação dos recursos hídricos e no estabelecimento de programas de controle de poluição das águas; na determinação das cargas orgânicas poluidoras geradas pelas diversas fontes industriais e também pelos esgotos domésticos; e na elaboração de projetos de sistemas de tratamento de águas residuárias, bem como, na operação desses sistemas. No Estado de São Paulo emprega-se a $DBO_{5,20}$ como padrão de emissão dos efluentes líquidos e também como padrão de qualidade das águas aplicando-se as disposições do Regulamento de Lei nº 997, de 31/05/1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8.468, de 08/09/1976, bem como, da Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005, e suas respectivas alterações, prevalecendo-se a condição mais restritiva.

Constata-se que mesmo diante de instrumentos legais tão eficazes, não somente no Estado de São Paulo, mas também nos demais estados brasileiros, a degradação dos recursos hídricos está intimamente relacionada ao aumento da DBO que é causada pelo aporte de matéria orgânica continuamente despejada nos corpos d'água, preponderantemente por esgotos domésticos, uma vez que os efluentes líquidos industriais, quando apresentam desconformidade as condições legais, sofrem tratamento, geralmente, na própria unidade industrial. A Tabela 03

mostra a concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ produzida por importantes atividades industriais, além da concentração comumente constatada em amostras dos esgotos domésticos, identificada por esgoto sanitário.

Tabela 03 - Concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ em Águas Residuárias.

Origem do Efluente	Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ (mg/L)	
	Faixa	Valor Típico
Esgoto sanitário	110-400	220
Celulose branqueada (processo Kraft)		300
Têxtil	250-600	
Laticínio	1.000-1.500	
Abatedouro bovino		1.125
Curtume (com cromo)		2.500
Cervejaria	1.611-1.784	1.718
Refrigerante	940-1.335	1.188
Suco cítrico concentrado	2.100-3.000	
Açúcar e álcool		25.000

Fonte: Braille e Cavalcanti (1993)

Todavia, deve-se considerar que embora a $\text{DBO}_{5,20}$ seja um importante indicador da qualidade dos recursos hídricos e tenha papel fundamental nas ações que objetivem a preservação, a proteção e a recuperação da qualidade dos mananciais hídricos, o dado obtido não pode ser estudado isoladamente, inclusive quando a destinação do uso da água for o abastecimento público.

Segundo Branco (1986), a simples presença de matéria orgânica não torna um líquido nocivo à saúde, do contrário, não seria possível a ingestão de certos alimentos que apresentam elevadas taxas de matéria orgânica decomponível biológica ou enzimaticamente, ou seja, com altas concentrações de DBO, como exemplo o próprio leite, com cerca de $150.000 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Assim, entende-se como poluidora a carga de matéria orgânica que prejudique os usos pretendidos de um determinado corpo d'água.

Além disso, a interpretação da $\text{DBO}_{5,20}$ deve sempre atentar às limitações e aos erros que estão agregados ao parâmetro, tais como:

- valores altos de $\text{DBO}_{5,20}$ podem ser atribuídos ao processo de nitrificação.

Durante esse processo, sob a atividade das nitrobactérias, ocorre a transformação do nitrogênio amoniacal em nitrito e em seguida em nitrato.

- metais pesados e outras substâncias tóxicas podem inibir a atividade das bactérias e, com isso, reduzir inclusive o consumo de oxigênio dissolvido, levando à obtenção de resultados inferiores àqueles estimados. Nesse caso, deve-se diluir as amostras para se obter valores confiáveis de $DBO_{5,20}$.

- amostras de elementos líquidos de sistemas anaeróbios ao serem incubadas podem demandar algum tempo para mudança da decomposição anaeróbia para aeróbia levando à obtenção de valores de $DBO_{5,20}$ reduzidos.

- amostras transportadas em ambientes iluminados têm, equivocadamente, valores reduzidos de $DBO_{5,20}$ devido à produção de oxigênio por microorganismos fotossintetizantes e, por outro lado, se ao chegarem ao laboratório essas amostras forem incubadas e mantidas em ambiente escuro, esse procedimento, erroneamente, levará a valores superiores de $DBO_{5,20}$ devido ao consumo de oxigênio.

3.1.1.3 Variáveis Microbiológicas

A caracterização microbiológica de qualidade das águas tem importância preponderante para o saneamento básico, assim como as variáveis físicas e as variáveis químicas, tanto para a avaliação do desempenho dos sistemas de tratamento de esgotos, interpretação dos processos de autodepuração dos cursos d'água e identificação de fontes poluidoras com características biológicas, uma vez que nesses processos os microorganismos são os responsáveis pela conversão da matéria orgânica em matéria inorgânica, quanto na obtenção da eficiência dos sistemas de tratamento de água e na verificação da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), cuja presença de coliformes pode indicar contaminação fecal e potencial de contaminação por agentes patogênicos.

Cabe, desta forma, afirmar que a função fundamental das variáveis microbiológicas é a determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças através dos seus diversos usos (potabilidade, balneabilidade, esporte, lazer, etc.), o que pode ser obtida de forma indireta usando-se organismos indicadores de contaminação fecal, principalmente aqueles pertencentes ao grupo coliformes (SPERLING, 2005).

- **Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli***

- **Coliformes Totais**

São um grupo de bactérias presentes em amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, e de fezes de seres humanos e de outros animais de sangue quente, largamente utilizado como indicador de poluição, muito embora os resultados obtidos agreguem também contaminação de origem não fecal.

Para abastecimento público, inclusive para o sistema de distribuição, a água potável deve apresentar ausência de coliformes totais, caso contrário, o sistema de tratamento e de distribuição deverá ser considerado inadequado, uma vez que a qualidade da água produzida estará comprometida. Em sistemas de tratamento de esgoto a medição da concentração de coliformes totais em amostras brutas (sem tratamento) e em amostras tratadas revela o grau de eficiência da estação de tratamento em relação à remoção de agentes patogênicos. Ao grupo de coliformes totais pertence o grupo de coliformes termotolerantes, assim como, a espécie *Escherichia coli* é uma bactéria do grupo coliforme termotolerantes.

- **Coliformes Termotolerantes**

Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, portanto, trata-se de um importante indicador de contaminação fecal.

Segundo Sperling (2005), o grupo dos coliformes termotolerantes compreende o gênero *Escherichia* e, em menor grau, espécies de *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. O ensaio para determinação da concentração dos coliformes termotolerantes presentes no meio analisado é realizado à elevada temperatura, pois, pretende-se nessa condição eliminar a presença das bactérias não fecais mantendo-se nas amostras analisadas somente as bactérias coliformes termotolerantes, as quais se reproduzem ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar carboidratos.

Todavia, ainda assim, não é possível afirmar que o resultado refere-se exclusivamente à concentração de bactérias coliformes termotolerantes de origem fecal, pois, algumas bactérias não fecais (de vida livre) reproduzem-se mesmo em temperaturas elevadas (fator limitante imposto).

O emprego de indicadores de contaminação fecal deve-se, principalmente, à complexidade em se detectar agentes patogênicos em amostras de água, haja vista os seguintes fatores:

- a)** a necessidade de se analisar grandes volumes de amostras para se detectar poucos microorganismos patogênicos, pois, comumente numa população apenas parcela dela apresenta doenças de veiculação hídrica e, com relação a essa parcela, pode-se ainda esperar que nas fezes desses habitantes a presença de patógenos não ocorra em grande concentração.
- b)** diluição das águas contaminadas ao serem lançadas nos corpos d'água ou nos sistemas de esgotamento sanitário, gerando, novamente, a necessidade de se analisar grandes volumes.

Desta maneira, aplica-se a determinação da concentração do grupo coliforme como parâmetro indicador da existência de microorganismos patogênicos presentes na água contaminada por fezes humanas ou de animais, capazes de transmitir doenças de veiculação hídrica (febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera).

Segundo Sperling (2005), deve-se também observar outras características que viabilizam a aplicação do grupo coliforme como indicador da existência de microorganismos patogênicos, quais sejam:

- a)** entre 1/5 e 1/3 da massa das fezes humanas corresponde às bactérias do grupo coliforme, o que torna a sua detecção nas águas, ao compararmos com a determinação da concentração de microorganismos patogênicos, muito mais facilitada.
- b)** os coliformes apresentam resistência ligeiramente superior à maior parte das bactérias patogênicas intestinais.
- c)** os mecanismos de remoção dos coliformes nos corpos d'água, nas estações de tratamento de água e nas estações de tratamento de esgoto são os mesmos mecanismos de remoção de bactérias patogênicas, assim sendo, a remoção de bactérias patogênicas está associada à remoção de coliformes. Outros organismos patogênicos podem ser removidos por mecanismos diferentes.
- d)** as técnicas bacteriológicas para a detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

As bactérias do grupo coliformes são habitantes normais do intestino humano ou de outros animais homeotermos, onde vivem saprofiticamente, não causando, em geral, nenhum dano ao hospedeiro, e sua presença na água indica a contaminação por fezes ou esgoto doméstico (BRANCO, 1986).

- *Escherichia coli*

A bactéria *Escherichia coli* tem destacada importância no grupo dos coliformes termotolerantes. Esse microorganismo está presente nos esgotos brutos, nos efluentes líquidos tratados e nas águas naturais contaminadas por dejetos humanos, atividades agropecuárias e por animais.

O emprego da bactéria *Escherichia coli* como indicador de qualidade mostra-se extremamente interessante, pois, o resultado analítico obtido corresponde à contaminação exclusivamente fecal, o que não prevalece com as determinações de coliformes totais e de coliformes termotolerantes.

A legislação brasileira aplica a concentração de coliformes fecais como padrão para qualidade microbiológica de águas superficiais destinadas ao abastecimento público, à recreação, à irrigação e à piscicultura; e as concentrações de coliformes totais e de *Escherichia coli* como padrões de potabilidade (Portaria MS nº 2914, de 12/12/2011).

3.1.2 IET - Índice do Estado Trófico

Segundo Esteves (1998), a eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente do fósforo e do nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (desenvolvimento de plantas aquáticas e fitoplâncton).

Dentre os efeitos da eutrofização na água, citam-se:

- produção de macrófitas aquáticas (ex.: aguapé);
- aflorações de algas, inclusive cianobactérias;
- produção de toxinas na água;
- variação da concentração de oxigênio dissolvido na água;
- emissão de odores para a atmosfera;
- mortalidade de peixes;
- mudanças na biodiversidade aquática;

- modificações na qualidade e quantidade de peixes; e
- contaminação da água destinada ao abastecimento público.

A eutrofização dos corpos d'água provoca entupimento dos sistemas de filtragem e deficiência nas etapas de decantação e floculação das estações de tratamento de água, confere gosto e odor às águas de abastecimento público, reduz o fluxo de entrada de água em usinas hidroelétricas, inviabiliza a navegação e impede o uso para recreação (Quadro 01).

Quadro 01 - Classificação do Estado Trófico – Rios.

Categorias (Estado Trófico)	Características
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, produtividade muito baixa e concentrações de nutrientes insignificantes. Não prejudicam os usos da água.
Oligotrófico	Corpos de água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
Mesotrófico	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, em níveis aceitáveis na maioria dos casos.
Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferência nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios florações de algas.
Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento dos usos, associado a episódios de florações de algas e mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2009).

O IET – Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia a partir da avaliação da qualidade da água de um

determinado corpo hídrico quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETEB, 2009).

Para a determinação do IET utiliza-se três variáveis: clorofila a, fósforo total e transparência. O fósforo total (causa) age como contaminante causador da eutrofização enquanto a concentração de clorofila a (efeito) revela o grau de eutrofização do recurso hídrico. É comum desprezar-se os dados relativos ao nível de transparência da água, pois eles podem estar associados à turbidez gerada por material mineral em suspensão e não pela presença de organismos planctônicos.

Assim, ao calcular-se o IET relacionado ao fósforo total (PT) tem-se a medida do potencial de eutrofização e ao avaliar-se o índice relacionado à concentração de clorofila a - IET(CL) tem-se a medida da resposta do curso hídrico ao agente causador, expressa pelo nível de crescimento de algas nas águas. O índice publicado anualmente pela CETESB é composto pelo IET para o fósforo total (PT) e o IET para a clorofila a (CL), modificados por Lamparelli (2004).

O cálculo do IET para ambientes lóticos (Tabela 04), condição na qual se enquadra o Rio Baquirivu-Guaçu, baseia-se nas seguintes equações (Eq.2 e Eq.3):

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{Eq.2})$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20 \quad (\text{Eq.3})$$

Onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

Tabela 04 - Índice do Estado Trófico para Rios.

Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi-S (m)	Ptotal ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$		$P \leq 13$	$\text{CL} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 7,46$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$		$640 < P$	$7,46 < \text{CL}$

Fonte: CETESB (2009).

3.2 Legislações Federal e Estadual sobre as Águas

A publicação do Decreto Federal nº 24.643, em 10 de julho de 1934, o Código das Águas, foi um marco importante no sentido de disciplinar e adequar o uso dos recursos hídricos às necessidades da época. O Código de Águas classificou os corpos d'água, regulamentou os usos e definiu a propriedade, notadamente, deu ênfase ao aproveitamento do potencial fluvial na geração de energia elétrica, fundamental ao avanço da atividade industrial que se implantava no Brasil.

Segundo Milaré (2009), a gestão das águas limitava-se à gestão de sua quantidade sem preocupação com a sua qualidade, e a isso acresce que a gestão da quantidade estava basicamente condicionada às concessões para aproveitamento hidroelétrico, tanto nas águas federais como nas estaduais.

Desde o Código das Águas, em 1934, as águas superficiais foram destinadas prioritariamente para a produção elétrica, no entanto, agora deve contemplar os usos múltiplos, com prioridade ao abastecimento da população em situação de escassez (SÉGUIN, 2006).

Trinta e um anos após a promulgação do Código das Águas, a publicação da Lei Federal nº 4.771, em 15 de setembro de 1965, instituiu regramento importante na preservação e proteção dos recursos hídricos. O Código Florestal, como é conhecido esse diploma legal, em seu artigo 2º, “alíneas a, b e c”, delimita as faixas de preservação permanente que devem ser respeitadas ao longo dos cursos d'água; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais; e num raio mínimo de 50 metros no entorno das nascentes e “olho d'água”. Em 25 de maio de 2012 foi publicada a Lei Federal nº 12.651 e revogada a Lei nº 4.771.

Com o advento da Primeira Conferência das Nações Unidas Sobre o Homem e o Meio Ambiente, de 05 a 16 de julho de 1972, em Estocolmo, Suécia, surgiu a abordagem moderna de se tratar os problemas ambientais, debatendo-se o assunto no âmbito mundial, ultrapassando-se, obviamente, as fronteiras geográficas entre as nações. A discussão sobre temas relevantes como a preservação dos recursos naturais destaca a responsabilidade que os governantes e a sociedade civil têm de, ao planificar o desenvolvimento econômico, inserir a preservação e a proteção ao meio ambiente a esse contexto.

Conforme a Declaração de Estocolmo Sobre o Ambiente Humano, os recursos naturais da Terra, incluídos o ar, a água, o solo, a flora e a fauna e, especialmente, parcelas representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservados em

benefício das gerações atuais e futuras, mediante cuidadoso planejamento e administração adequada.

Nesse contexto, foi publicado em 08 de setembro de 1976, no Diário Oficial do Estado de São Paulo, o Decreto nº 8.468, o qual aprovou o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

O Estado de São Paulo, sob o aspecto do controle da poluição das águas, e também dos demais compartimentos (ar e solo), obteve avanços importantes com a aplicação do Decreto nº 8.468, e das suas alterações, pois, além de definir e proibir o lançamento de poluentes no ar, nas águas ou no solo, pioneiramente no Brasil, classificou as águas, estabeleceu padrões de qualidade e fixou padrões de emissão de efluentes líquidos gerados por qualquer fonte poluidora.

Pelo Decreto Estadual nº 8.468, as águas interiores do Estado de São Paulo foram assim classificadas:

I – Classe 1: águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

II – Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui-aquático e mergulho);

III – Classe 3: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora e à dessedentação de animais; e

IV – Classe 4: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, ou à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, à irrigação e a usos menos exigentes.

O Decreto nº 8.468 também estabeleceu os seguintes padrões de qualidade dos corpos d'água e de emissão dos efluentes líquidos (tabelas 05 e 06):

a) Aos corpos d'água classe - 1 não são permitidos lançamentos de efluentes líquidos, gerados por qualquer fonte poluidora, mesmo tratados; e

b) Aos corpos d'água classes 2, 3 e 4 não são permitidos lançamentos de efluentes líquidos, gerados por qualquer fonte poluidora, que alterem os padrões de qualidade.

Tabela 05 - Padrões de Qualidade das Águas do Estado de São Paulo.

Substâncias Potencialmente Prejudiciais Conforme Decreto 8.468/76		Corpos d'água		
Parâmetros	Unidades	Classe 2	Classe 3	Classe 4
		Concentrações Máx. Permitidas		
Amônia	mg/L de N	0,5	0,5	#
Arsênio	mg/L	0,1	0,1	#
Bário	mg/L	1	1	#
Cádmio	mg/L	0,01	0,01	#
Cromo (total)	mg/L	0,05	0,05	#
Cianeto	mg/L	0,2	0,2	#
Cobre	mg/L	1	1	#
Chumbo	mg/L	0,1	0,1	#
Estanho	mg/L	2	2	#
Fenóis	mg/L	0,001	0,001	#
Flúor	mg/L	1,4	1,4	#
Mercúrio	mg/L	0,002	0,002	#
Nitrato	mg/L de N	10	10	#
Nitrito	mg/L de N	1	1	#
Selênio	mg/L	0,01	0,01	#
Zinco	mg/L	5	5	#
DBO 5,20	mg/L	5	10	#
Coliforme Fecal	UFC/100mL	1.000	4.000	#
Coliforme Total	UFC/100 mL	5.000	20.000	#
Materiais flutuantes		ausentes	ausentes	ausentes
Materiais solúveis em hexana		ausentes	ausentes	#
Substâncias que comuniquem gosto ou odor		ausentes	ausentes	#
Odor e aspecto		#	#	não objetáveis
Corantes Artificiais*		ausentes	ausentes	#
Parâmetros	Unidades	Concentração Mín. Permitida		
OD (oxigênio dissolvido)	mg/L	5	4	>0,5

Fonte: Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976.

sem padrão estabelecido.

* corantes artificiais não removíveis por processos físico-químicos convencionais.

Observação: Nas águas de classe 1 não são tolerados lançamentos de efluentes.

Tabela 06 - Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos do Estado de São Paulo.

Parâmetros	Unidades	Concentrações Máximas Permitidas
Arsênio	mg/L	0,2
Bário	mg/L	5
Boro	mg/L	5
Cádmio	mg/L	0,2
Cromo hexavalente	mg/L	0,1
Cromo total	mg/L	5
Cianeto	mg/L	0,2
Cobre	mg/L	1
Chumbo	mg/L	0,5
Estanho	mg/L	4
Fenóis	mg/L	0,5
Ferro Solúvel (Fe^{+2})	mg/L	15
Fluoreto	mg/L	10
Manganês (Mn^{+2})	mg/L	1
Mercúrio	mg/L	0,01
Níquel	mg/L	2
Prata	mg/L	0,02
Selênio	mg/L	0,02
Zinco	mg/L	5
DBO 5,20*	mg/L	60
Substâncias solúveis em hexana	mg/L	100
Parâmetros	Unidades	Limites Permitidos
pH	U.pH	entre 5,0 e 9,0
Temperatura	°C	inferior a 40,0
DBO 5,20*	%	80 (remoção de carga)
Materiais Sedimentáveis	mL/L	1

Fonte: Decreto Estadual nº 8.468, de 08 de setembro de 1976.

*** Pelo menos uma dessas condições deve ser obedecida.**

Segundo Rivelli (2005), trata-se efetivamente da primeira legislação brasileira que procurou integrar em uma só regra jurídica toda a preocupação com o controle da poluição das águas, do ar e do solo, além de fixar padrões específicos.

A Constituição do Estado de São Paulo, cujo texto constitucional foi promulgado em 05 de outubro de 1989, com relação às águas, estabelece a criação do sistema integrado de gerenciamento dos recursos hídricos, prioriza o abastecimento público, o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, a defesa contra eventos críticos, a gestão descentralizada dos recursos hídricos, o desenvolvimento do transporte hidroviário, a conservação e proteção contra poluição e, acrescenta, às águas

subterrâneas, a proteção contra a superexploração. E ainda, determina que os efluentes líquidos industriais ou domésticos devem ser devidamente tratados antes do lançamento em corpos de água.

A Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, complementa o texto constitucional do Estado de São Paulo ao estabelecer normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. O artigo 3º desse diploma legal descreve que a Política Estadual de Recursos Hídricos atenderá aos seguintes princípios:

I. gerenciamento descentralizado, participativo e integrado, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos e das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico;

II. a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;

III. reconhecimento do recurso hídrico como bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, observados os aspectos de quantidade, qualidade e as peculiaridades das bacias hidrográficas;

IV. rateio do custo das obras de aproveitamento múltiplo de interesse comum ou coletivo, entre os beneficiados;

V. combate e prevenção das causas e dos efeitos adversos da poluição, das inundações, das estiagens, da erosão do solo e do assoreamento dos corpos d'água;

VI. compensação aos municípios afetados por áreas inundadas resultantes da implantação dos reservatórios e por restrições impostas pelas leis de proteção de recursos hídricos; e

VII. compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente.

No sentido da estruturação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a Lei Estadual nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, estabelece a divisão hidrográfica do Estado de São Paulo em vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI. A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – 06 (UGRHI – 06), onde está inserido o Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu. A Lei Estadual nº 7.663 e a Lei Estadual nº 9.034 serviram de base para a elaboração das leis que tratam da

política de recursos hídricos de outros estados brasileiros, bem como, para a criação da própria Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433).

Em 08 de janeiro de 1997 foi publicada no Diário Oficial da União a Lei nº 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a qual reforça os princípios de que a água é um bem de domínio público, esgotável e dotado de valor econômico, destinada prioritariamente ao consumo humano e a dessedentação de animais, no entanto, estabelece que a gestão descentralizada dos recursos hídricos deve sempre buscar o uso múltiplo das águas, adotando-se a bacia hidrográfica como unidade territorial da implementação da PNRH.

Destaca-se que, a Política de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo estão alinhados com a PNRH e com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), fato que consolida as ações estaduais.

A classificação dos corpos d'água em conformidade às destinações pretendidas, à determinação das diretrizes ambientais para o enquadramento, ao estabelecimento de condições e padrões de qualidade para os recursos hídricos, bem como, à imposição de padrões e condições de lançamento para os efluentes líquidos, no âmbito do território nacional, são ordenados pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, e suas respectivas alterações, em destaque, a modificação introduzida pela Resolução CONAMA nº 430, 13 de maio de 2011 (tabelas 07 e 08).

Segundo Milaré (2009), o enquadramento dos corpos de água em classes, de acordo com os usos preponderantes, estabelecidos pela legislação ambiental, incorpora à Política Nacional de Recursos Hídricos, as Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 396/2008 (tabelas 09 e 10), e possibilita, através dos Planos de Recursos Hídricos, assegurar às águas qualidade compatível com os mais exigentes usos a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes. Milaré (2009) cita também, que se trata, como se vê, de instrumento fortalecedor da integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, diretriz fundamental para a PNRH.

Tabela 07 – Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos do Território Nacional Brasileiro.

Condições e Parâmetros de Lançamento de Efluentes	Unidades	Concentrações Máximas Permitidas	
		Efluente de Qualquer Fonte	Efluente de ETE ¹
Arsênio total	mg/L	0,5	A ⁽²⁾
Bário total	mg/L	5	A ⁽²⁾
Benzeno	mg/L	1,2	A ⁽²⁾
Boro total	mg/L	5	A ⁽²⁾
Cádmio total	mg/L	0,2	A ⁽²⁾
Clorofórmio	mg/L	1	A ⁽²⁾
Cromo hexavalente	mg/L	0,1	A ⁽²⁾
Cromo trivalente	mg/L	1	A ⁽²⁾
Cianeto total	mg/L	1	A ⁽²⁾
Cianeto livre	mg/L	0,2	A ⁽²⁾
Cobre dissolvido	mg/L	1	A ⁽²⁾
Chumbo total	mg/L	0,5	A ⁽²⁾
Dicloroetano	mg/L	1	A ⁽²⁾
Estanho total	mg/L	4	A ⁽²⁾
Estireno	mg/L	0,07	A ⁽²⁾
Etilbenzeno	mg/L	0,84	A ⁽²⁾
Fenóis totais	mg/L	0,5	A ⁽²⁾
Ferro dissolvido	mg/L	15	A ⁽²⁾
Fluoreto total	mg/L	10	A ⁽²⁾
Manganês dissolvido	mg/L	1	A ⁽²⁾
Mercúrio total	mg/L	0,01	A ⁽²⁾
Níquel total	mg/L	2	A(2)
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	20	NA(3)
Prata total	mg/L	0,1	A(2)
Selênio total	mg/L	0,3	A(2)
Sulfeto total	mg/L	1	A(2)
Tetracloroeto de carbono	mg/L	1	A(2)
Tricloroetano	mg/L	1	A(2)
Tolueno	mg/L	1,2	A ⁽²⁾
Xileno	mg/L	1,6	A ⁽²⁾
Zinco	mg/L	5	A ⁽²⁾
DBO 5,20 ⁽⁴⁾	mg/L	60	120
Óleos minerais	mg/L	20 mg/L	NA ⁽³⁾
Óleos vegetais e gorduras animais	mg/L	50 mg/L	NA ⁽³⁾
Óleos e graxas totais	mg/L	NA ³	100

Fonte: Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (artigos 16 e 21).

⁽¹⁾ ETE - Estação de Tratamento de Esgotos

⁽²⁾ A - Aplicável a critério do órgão ambiental inclusive quando houver contribuição de

chorume na ETE

⁽³⁾ NA - Não aplicável

⁽⁴⁾ ou remoção de 60% de DBO obtida através de sistema de tratamento

Tabela 08 - Condições de Emissão de Efluentes Líquidos do Território Nacional Brasileiro.

Efluente de Qualquer Fonte e Efluente de ETE ⁽¹⁾ – Outros Parâmetros		
Parâmetros	Unidades	Limites Permitidos
pH	U.pH	entre 5,0 e 9,0
Temperatura	°C	inferior a 40,0 ⁽³⁾
DBO 5,20	%	60 (remoção de carga)
Materiais flutuantes	NA ⁽²⁾	ausentes
Materiais sedimentáveis	mL/L	1 ⁽⁴⁾

Fonte: Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (artigos 16 e 21).

⁽¹⁾ ETE - Estação de Tratamento de Esgotos

⁽²⁾ NA - Não aplicável

⁽³⁾ Variação da temperatura na zona de mistura do corpo receptor não deve exceder a 3°C

⁽⁴⁾ Virtualmente ausentes para lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula.

Tabela 09 - Padrões de Qualidade das Águas no Território Nacional Brasileiro.

Substâncias Inorgânicas Potencialmente Prejudiciais		Corpos d'água			
CONAMA nº 357/2005		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros	Unidades	Concentrações Máx. Permitidas			
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,1	0,2	NA
Antimônio	mg/L	0,005	0,005	NA	NA
Arsênio total	mg/L	0,01	0,01	0,033	NA
Bário total	mg/L	0,7	0,7	1	NA
Berílio total	mg/L	0,04	0,04	0,1	NA
Boro total	mg/L	0,5	0,5	0,75	NA
Cádmio total	mg/L	0,001	0,001	0,01	NA
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,033	NA
Cianeto livre	mg/L	0,005	0,005	0,022	NA
Cloreto total	mg/L	250	250	250	NA
Cloro residual total (combinado e livre)	mg/L	0,01	0,01	NA	NA
Cobalto total	mg/L	0,05	0,05	0,2	NA
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,009	0,013	NA
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05	NA
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,3	5	NA
Fluoreto total	mg/L	1,4	1,4	1,4	NA
Fósforo total (ambiente lêntico)	mg/L	0,02	0,03	0,05	NA
Fósforo total (ambiente intermediário)	mg/L	0,025	0,05	0,075	NA
Fósforo total (ambiente lótico)	mg/L	0,1	0,1	0,15	NA
Lítio total	mg/L	2,5	2,5	2,5	NA
Manganês total	mg/L	0,1	0,1	0,5	NA
Mercúrio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,002	NA
Níquel total	mg/L	0,025	0,025	0,025	NA
Nitrato	mg/L	10	10	10	NA
Nitrito	mg/L	1	1	1	NA
Nitrogênio amoniacal total para pH ≤ 7,5	mg/L	3,7	3,7	13,3	NA
Nitrogênio amoniacal total para 7,5 < pH ≤ 8,0	mg/L	2	2	5,6	NA
Nitrogênio amoniacal total para 8,0 < pH ≤ 8,5	mg/L	1	1	2,2	NA
Nitrogênio amoniacal total para pH > 8,5	mg/L	0,5	0,5	1	NA
Prata total	mg/L	0,01	0,01	0,05	NA
Selênio total	mg/L	0,01	0,01	0,05	NA
Sulfato total	mg/L	250	250	250	NA
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	0,002	0,3	NA
Urânio total	mg/L	0,02	0,02	0,02	NA
Vanádio total	mg/L	0,1	0,1	0,1	NA
Zinco total	mg/L	0,18	0,18	5	NA

Fonte: Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

NA - Não aplicável

Tabela 10 - Padrões de Qualidade das Águas no Território Nacional Brasileiro.

Substâncias Orgânicas Potencialmente Prejudiciais		Corpos d'água			
CONAMA nº 357/2005		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros	Unidades	Concentrações Máx. Permitidas			
Acrilamida	µg/L	0,5	0,5	NA	NA
Alacloro	µg/L	20	20	NA	NA
Aldrin+Dieldrin	µg/L	0,005	0,005	0,03	NA
Atrazina	µg/L	2	2	2	NA
Benzeno	mg/L	0,005	0,005	0,005	NA
Benzidina	µg/L	0,001	0,001	NA	NA
Benzo(a)antraceno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
Benzo(a)pireno	µg/L	0,05	0,05	0,7	NA
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
Carbaril	µg/L	0,02	0,02	70	NA
Clordano (cis+trans)	µg/L	0,04	0,04	0,3	NA
2-Clorofenol	µg/L	0,1	0,1	NA	NA
Criseno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
2,4-D	µg/L	4	4	30	NA
Demeton (Demeton-0 + Demeton-S)	µg/L	0,1	0,1	14	NA
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
1,2-Dicloroetano	mg/L	0,01	0,01	0,01	NA
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,003	0,003	30	NA
2,4-Diclorofenol	µg/L	0,3	0,3	NA	NA
Diclorometano	mg/L	0,02	0,02	NA	NA
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	µg/L	0,002	0,002	NA	NA
Dodecacloro pentaciclodecano	µg/L	0,001	0,001	0,001	NA
Endossulfan (α + β + sulfato)	µg/L	0,056	0,056	0,22	NA
Endrin	µg/L	0,004	0,004	0,2	NA
Estireno	mg/L	0,02	0,02	NA	NA
Etilbenzeno	µg/L	90	90	NA	NA
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	mg/L	0,003	0,003	0,01	1
Glifosato	µg/L	65	65	280	NA
Gution	µg/L	0,005	0,005	0,005	NA
Heptacloro epóxido + heptacloro	µg/L	0,01	0,01	0,03	NA
Hexaclorobenzeno	µg/L	0,0065	0,0065	NA	NA
Indeno (1,2,3-cd) pireno	µg/L	0,05	0,05	NA	NA
Lindano (γ-HCH)	µg/L	0,02	0,02	2	NA
Malation	µg/L	0,1	0,1	100	NA
Metolacloro	µg/L	10	10	NA	NA
Metoxicloro	µg/L	0,03	0,03	20	NA
Paration	µg/L	0,04	0,04	35	NA
PCBs - Bifenilas policloradas	µg/L	0,001	0,001	0,001	NA
Pentaclorofenol	mg/L	0,009	0,009	0,009	NA

Cont.

Tabela 10 - Padrões de Qualidade das Águas no Território Nacional Brasileiro (continuação).

Substâncias Orgânicas Potencialmente Prejudiciais		Corpos d'água			
CONAMA nº 357/2005		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Parâmetros	Unidades	Concentrações Máx. Permitidas			
Simazina	µg/L	2	2	NA	NA
Substâncias tensoativas que reagem com azul					
de metileno	mg/L	0,5 LAS	0,5 LAS	0,5 LAS	NA
2,4,5-T	µg/L	2	2	2	NA
Tetracloroeto de carbono	mg/L	0,002	0,002	0,003	NA
Tetracloroetano	mg/L	0,01	0,01	0,01	NA
Tolueno	µg/L	2	2	NA	NA
Toxafeno	µg/L	0,01	0,01	0,21	NA
2,4,5-TP	µg/L	10	10	10	NA
Tributilestanho	µg/L	0,063	0,063	2,0 TBT	NA
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	mg/L	0,02	0,02	NA	NA
Tricloroetano	mg/L	0,03	0,03	0,03	NA
2,4,6 - Triclorofenol	mg/L	0,01	0,01	0,01	NA
Trifluralina	µg/L	0,2	0,2	NA	NA
Xileno	µg/L	300	300	NA	NA

Fonte: Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

NA - Não aplicável

A outorga e a cobrança pelo uso da água também são instrumentos do gerenciamento de recursos hídricos contemplados tanto na Política Estadual de Recursos Hídricos como na Política Nacional de Recursos Hídricos. Nessa direção, a Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005, trata, no âmbito do Estado de São Paulo, da cobrança pela utilização dos recursos hídricos (usuário-pagador), reconhece a água como bem público de valor econômico, mostra ao usuário seu real valor, incentiva o uso racional e sustentável da água, distribui o custo socioambiental pelo uso degradador e indiscriminado da água (usuário-poluidor) e gera recursos para saneamento das próprias bacias hidrográficas.

Segundo Machado (2010), em matéria de proteção do meio ambiente, o princípio usuário-pagador significa que o utilizador do recurso deve suportar o conjunto dos custos destinados a tornar possível a utilização do recurso e os custos advindos de sua própria utilização. Machado (2010) cita ainda, que o princípio usuário-pagador contém também o princípio poluidor-pagador, isto é, aquele que obriga o poluidor a pagar a poluição que pode ser causada ou que já foi causada.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Pesquisa bibliográfica

Nesta etapa procurou-se aprofundar em informações referentes à área pesquisada e aos temas abordados, notadamente àqueles relativos à qualidade das águas, incluindo os aspectos legais. Dentro dessa análise, os quesitos IQA e IET mereceram destaque especial. Para tanto, foram pesquisadas dissertações de mestrado, teses de doutorado, relatórios técnicos, periódicos, livros e sites na internet.

Visitaram-se também, bibliotecas de universidades (Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo IGc-USP; Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, campus Rio Claro - IGCE-UNESP; e Universidade Guarulhos – UnG); e bibliotecas de instituições públicas (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT-SP; Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP; e CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo); bem como unidades das Prefeituras Municipais de Arujá e Guarulhos.

4.2 Aquisição e Organização dos Dados - CETESB e UnG

Essa etapa de desenvolvimento da dissertação consistiu na aquisição e organização dos dados referentes ao IQA e ao IET do Rio Baquirivu-Guaçu, no ponto de monitoramento BQGU03200, posicionado no próprio leito do rio, próximo à divisa dos municípios de Arujá e Guarulhos (Figura 03), relativos aos anos de 1983 a 2010. Os dados coletados referem-se aos parâmetros físicos (temperatura da água, turbidez e sólidos totais), químicos (pH, $\text{DBO}_{5,20}$, fósforo total, nitrogênio total e suas frações de interesse, e oxigênio) e microbiológicos (coliformes totais e coliformes termotolerantes), empregados pela CETESB na determinação desses índices. As planilhas com os referidos dados encontram-se no Anexo I.

Assim, foram utilizados o IQA e o IET publicados pela CETESB. Para o IQA, os valores publicados abrangem o período de 1983 a 2010, enquanto que, para o IET, somente a partir de 2002. Desta forma, calculou-se esse índice com base nas concentrações de fósforo total obtidas pela CETESB no Rio Baquirivu-Guaçu (curso d'água característico de ambiente lótico), no período de 1983 a 2001.

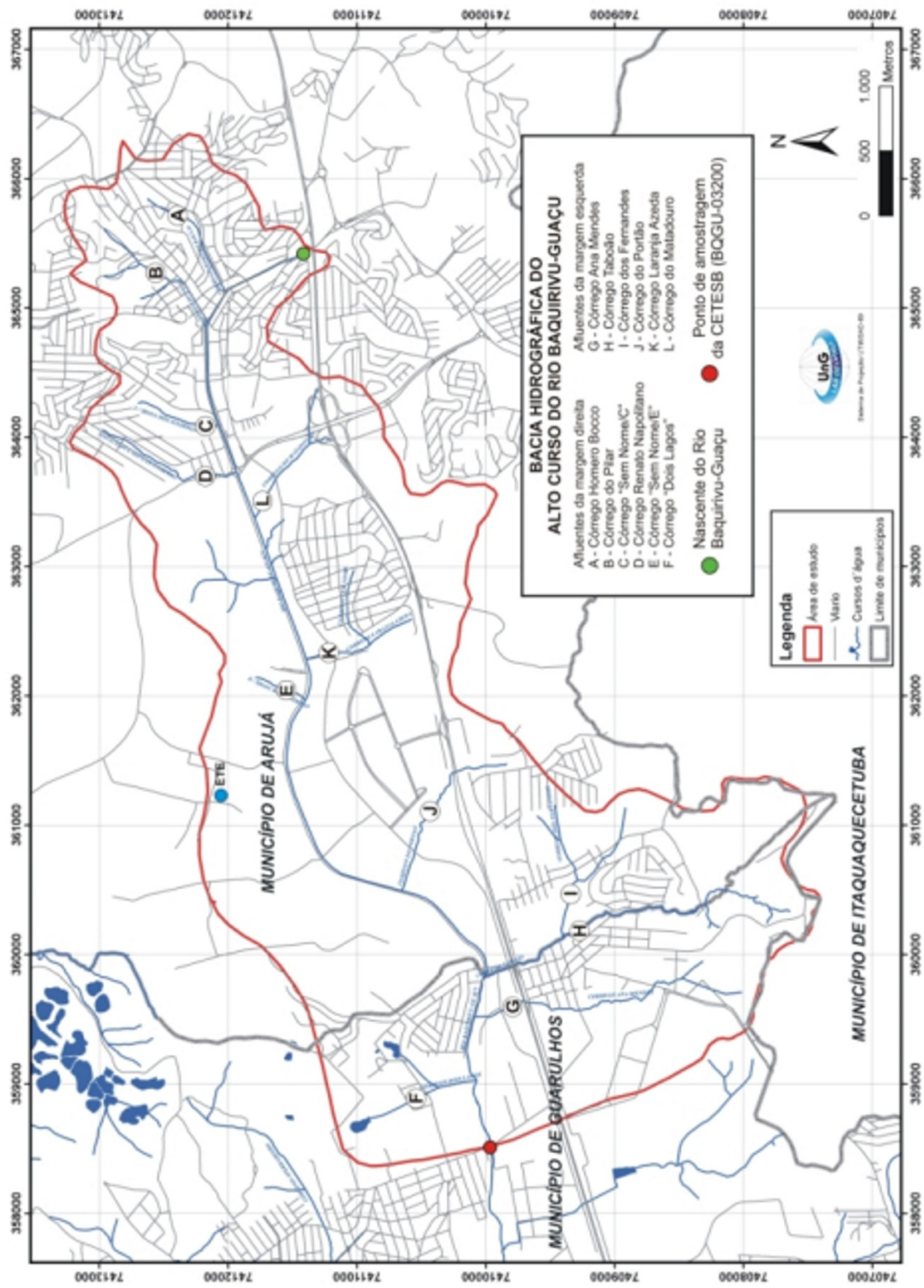


Figura 03: Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu.

Fonte: CAMPOS, 2011.

Os dados brutos dos valores registrados para cada variável que compõe o IQA foram compilados em uma tabela para a realização de uma Análise de Componentes Principais (PCA), no sentido de visualizar a distribuição das coletas em função das principais variáveis consideradas em conjunto. Para tanto, eliminou-se os registros que não continham os valores de todas as variáveis e, em seguida, procedeu-se à transformação dos dados aplicando-se a cada valor o cálculo de $\log(x)+1$, em função das diferentes grandezas de medida e da distribuição não normal dos dados (LEGENDRE ; LEGENDRE, 2004). A partir deste ponto, a tabela foi transferida para *software* PAST (HAMMER et al., 2001) e a PCA foi então executada.

Os dados de pluviometria (Tabela 11) foram fornecidos pela Estação Agroclimatológica nº 87075 da Universidade Guarulhos, localizada no campus centro.

Tabela 11 – Dados mensais de pluviometria relativos ao período de 1983 a 2010.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
JAN.	186,0	270,6	223,3	240,4	360,8	306,0	370,5
FEV.	103,0	52,2	279,0	224,8	211,9	226,0	286,7
MAR.	207,2	50,7	171,8	194,1	132,3	224,8	177,1
ABR.	86,1	94,5	70,1	72,5	102,2	177,5	94,5
MAI.	194,0	143,5	94,1	139,5	269,7	176,3	28,9
JUN.	215,8	00,3	11,5	01,6	165,9	52,8	53,7
JUL.	43,0	23,1	00,8	28,6	15,2	00,0	160,9
AGO.	00,5	22,1	13,1	96,0	09,0	01,2	37,5
SET.	216,4	172,3	92,2	29,3	65,6	27,3	95,3
OUT.	139,9	20,1	36,5	69,4	83,7	170,8	54,0
NOV.	76,2	153,4	88,0	177,0	129,0	100,9	116,7
DEZ.	147,3	155,7	118,2	452,6	146,6	198,7	158,1

Fonte: Estação Agroclimatológica nº 83075 (INMET/UnG, 2012).

Tabela 11 – Dados mensais de pluviometria relativos ao período de 1983 a 2010 (continuação).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<i>MÊS</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>	<i>PRECIPITAÇÃO</i> <i>(mm/cm²)</i>
	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>	<i>TOTAL</i>
<i>JAN.</i>	245,1	352,8	155,5	167,7	275,6	258,8	305,7
<i>FEV.</i>	181,7	258,5	131,0	250,8	175,7	402,3	282,3
<i>MAR.</i>	275,4	439,2	252,8	121,2	154,4	223,1	307,1
<i>ABR.</i>	81,0	113,0	108,2	70,0	71,7	68,3	55,0
<i>MAI.</i>	74,3	30,4	78,3	94,7	42,8	54,2	21,5
<i>JUN.</i>	33,3	80,7	03,8	49,6	32,1	45,3	33,8
<i>JUL.</i>	124,8	23,4	31,7	10,4	28,7	56,3	04,1
<i>AGO.</i>	50,2	34,9	28,9	37,3	01,5	18,2	34,2
<i>SET.</i>	86,9	73,8	133,7	203,2	00,7	40,1	140,6
<i>OUT.</i>	89,9	157,5	189,3	132,5	128,0	189,4	156,8
<i>NOV.</i>	130,8	55,9	181,5	96,9	77,1	87,8	130,2
<i>DEZ.</i>	131,5	212,2	181,7	168,4	353,9	249,6	262,2

Fonte: Estação Agroclimatológica nº 83075 (INMET/UnG, 2012).

Tabela 11 – Dados mensais de pluviometria relativos ao período de 1983 a 2010 (continuação).

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
JAN.	309,8	130,4	277,9	317,7	176,7	230,9	265,9
FEV.	156,2	290,2	368,7	326,1	236,0	177,3	106,2
MAR.	175,7	248,3	148,9	169,3	183,4	348,7	90,6
ABR.	44,1	63,7	34,8	02,6	69,8	55,9	34,7
MAI.	83,7	123,8	37,4	09,9	83,6	116,0	31,4
JUN.	108,1	16,3	84,1	10,8	19,3	00,6	09,2
JUL.	09,0	07,3	34,1	58,4	23,7	22,4	25,5
AGO.	23,5	39,1	0,8	70,6	26,0	34,9	19,3
SET.	109,6	94,4	72	93,1	67,8	67,2	30,6
OUT.	81,3	213,3	77,4	40,5	180,4	139,1	112,0
NOV.	205,2	45,3	80,2	228,0	151,5	127,7	89,9
DEZ.	175,2	261,1	92,2	326,7	194,6	186,2	175,4

Fonte: Estação Agroclimatológica nº 83075 (INMET/UnG, 2012).

Tabela 11 – Dados mensais de pluviometria relativos ao período de 1983 a 2010 (continuação).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)	PRECIPITAÇÃO (mm/cm ²)
	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
JAN.	228,0	293,7	204,0	197,3	280,6	350,9	423,6
FEV.	284,2	138,7	197,8	136,3	274,1	179,2	205,0
MAR.	120,6	193,9	464,6	116,8	214,2	97,2	151,4
ABR.	113,6	99,0	101,5	198,9	122,6	54,2	111,7
MAI.	66,7	144,9	15,0	57,8	72,9	60,2	43,3
JUN.	72,1	29,6	18,7	31,4	68,5	47,1	13,2
JUL.	83,0	15,5	77,8	137,8	00,0	160,0	107,8
AGO.	01,6	05,9	04,1	00,0	81,3	82,2	00,0
SET.	11,9	99,1	80,3	06,0	37,6	214,0	127,4
OUT.	119,9	201,2	62,8	108,2	114,7	206,2	63,3
NOV.	199,3	90,3	157,3	210,9	132,4	234,1	130,4
DEZ.	227,1	211,8	300,3	213,1	133,9	325,1	373,5

Fonte: Estação Agroclimatológica nº 83075 (INMET/UnG, 2012).

4.3 Elaboração do Mapa de Uso da Terra

4.3.1 Materiais Utilizados

Os materiais utilizados para a obtenção dos dados necessários para os estudos relativos ao uso da terra foram obtidos no Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Guarulhos. No geral, foram utilizados dados georreferenciados e equipamentos de aplicação em geoprocessamento, a saber:

- base cartográfica digital GISAT. Base única composta pela articulação das folhas topográficas do levantamento sistemático do IBGE na escala 1:50.000 em formato vetorial;
- base cartográfica digital das folhas topográficas do levantamento sistemático da EMPLASA (recobrimento 1981, última atualização 1992), na escala 1:10.000 em formato matricial;
- imagem digital do satélite LANDSAT, órbita 219 ponto 76, de 19 de junho de 1986, composta por 7 bandas multiespectrais em formato matricial;
- base temática digital do uso da terra da Região Metropolitana de São Paulo, elaborada por interpretação de imagem do satélite IKONOS, de 2002-2003;
- imagem digital do satélite ALOS, de 25 de outubro de 2010, composta por uma banda pancromática em formato matricial;
- software de geoprocessamento ArcGIS (versão 9.3), padrão de licença ArcInfo com extensões 3-D Analyst e Spatial Analyst;
- software de processamento digital de imagens de satélite SPRING (versão 5.1); e
- equipamento de posicionamento por satélites GPS, modelo de navegação para cadastro de campo (Garmin – Etrex).

As características das imagens de satélite utilizadas encontram-se apresentadas no Quadro 02.

Quadro 02 - Características das Imagens de Satélite utilizadas.

Satélite	Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Área Imageada
LANDSAT	TM (Thematic Mapper)	(B1) AZUL	0.45 - 0.52 μm	30 m	8 bits	185 km
		(B2) VERDE	0.50 - 0.60 μm			
		(B3) VERMELHO	0.63 - 0.69 μm			
		(B4) INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0.76 - 0.90 μm			
		(B5) INFRAVERMELHO MÉDIO	1.55 - 1.75 μm	120 m		
		(B6) INFRAVERMELHO TERMAL	10.4 - 12.5 μm			
		(B7) INFRAVERMELHO MÉDIO	2.08 - 2.35 μm	30 m		
IKONOS	(PAN) PANCROMÁTICO	PAN	0,45 - 0,90 μm	1 m	11 bits	11 x 11 km
	(MS) MULTIESPECTRAL	AZUL	0,45 - 0,52 μm	4 m		
		VERDE	0,52 - 0,60 μm			
		VERMELHO	0,63 - 0,69 μm			
		INFRAVERMELHO PRÓXIMO	0,76 - 0,90 μm			
ALOS	PRISM	PANCROMÁTICO	0.52 - 0.77 μm	2,5 m	8 bits	Faixas de 35 km (visada lateral) ou 70 km (nadir)

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br>

4.3.2 Metodologia Aplicada

A metodologia aplicada para a elaboração dos mapas de uso da terra compreendeu as seguintes etapas:

4.3.2.1 Montagem do banco de dados espaciais

O banco de dados espaciais foi composto pelas bases cartográficas digitais, imagens de satélite, planos de informação temáticos e cadastrais (dados de GPS), sistematizados em ambiente de geoprocessamento.

A preparação e geração de informações espaciais foram viabilizadas no laboratório de geoprocessamento do curso de mestrado em Análise Geoambiental.

Para a etapa inicial, seguiram-se os seguintes procedimentos:

- montagem do banco de dados espaciais utilizando-se o aplicativo ArcGIS, sobre o datum SAD 69, na projeção UTM (fuso 23 sul);
- lançamento do ponto de amostragem da CETESB no banco de dados através da criação de um arquivo vetorial a partir das coordenadas planas.

4.3.2.2 Delimitação da bacia contribuinte

A delimitação da área contribuinte da drenagem da bacia a montante do ponto de amostragem da CETESB foi efetuada através da demarcação das linhas de cumeeiras com base na interpretação das curvas de nível da base cartográfica da EMPLASA na escala 1:10.000. Os procedimentos desse método podem ser encontrados em Guerra e Cunha (1996). A delimitação da bacia foi materializada por intermédio da criação de um arquivo vetorial digitalizado sobre a base.

Tendo em vista a necessidade de caracterização dos parâmetros morfométricos da bacia, foram digitalizados os cursos d'água observados na base cartográfica da EMPLASA (1:10.000), através da criação de um arquivo vetorial sobre essa base.

4.3.2.3 Caracterização dos parâmetros morfométricos da bacia contribuinte

A caracterização dos parâmetros morfométricos da bacia contribuinte considerada foi efetuada com base em diferentes métodos direcionados para a avaliação da superfície de drenagem, comprimento e forma da bacia, extensão dos canais, densidade da drenagem, amplitude altimétrica, declividades média geral da bacia e média do canal principal, descritos a seguir:

- a medição da área da bacia e do seu perímetro, bem como a extensão dos canais, foram efetuadas diretamente através de uma rotina (XTools) no banco de dados gerenciado pelo aplicativo ArcGIS;

• a avaliação da forma da bacia foi efetuada com base no processo proposto por Miller (1953, apud CHRISTOFOLETTI, 1980) definido como *índice de circularidade* que é a relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro, dada pela seguinte fórmula:

$$Ic = A/Ac$$

Onde:

Ic = Índice de circularidade

A = Área da bacia considerada

Ac = Área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada

A avaliação da densidade da drenagem foi efetuada com base na definição proposta por Horton (1945, apud CHRISTOFOLETTI, 1980) que é calculada através da seguinte fórmula:

$$Dd = Lt/A$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem

Lt = Comprimento total dos canais

A = Área da bacia considerada

• a avaliação da declividade geral da bacia foi possibilitada pela construção de um modelo digital de elevação utilizando-se para isso a base cartográfica digital GISAT e os módulos 3-D Analyst e Spatial Analyst do ArcGIS, portanto essa avaliação possui uma escala compatível com 1:50.000. O modelo digital de elevação foi construído com um pixel padrão de 20 metros e o cálculo corresponde a média ponderada dos valores desses pixels;

• a avaliação da declividade média do canal principal foi efetuada basicamente através da verificação da diferença de amplitude e distância da nascente até o ponto mais a jusante. Os valores altimétricos foram verificados diretamente sobre a base cartográfica da EMPLASA (1:10.000), calculada pela seguinte fórmula:

$$DEc = \Delta V / \Delta H * 100$$

Onde:

DEc = Declividade média do canal principal

ΔV = Diferença entre a cota da nascente e a cota do ponto a jusante

ΔH = Distância em linha reta entre a nascente e o ponto a jusante

4.3.2.4 Mapeamento do uso da terra da bacia contribuinte

Para a avaliação do uso da terra em diferentes épocas foram processados diferentes métodos da seguinte forma:

- ano de 1986 – Processamento digital de uma cena do satélite LANDSAT através das bandas multiespectrais, utilizando-se o aplicativo SPRING. Foi efetuada a classificação automática supervisionada para mapeamento do uso da terra, sendo os procedimentos do método encontrados em Crósta (1992) e Fonseca et al. (2000). Após o mapeamento, os arquivos matriciais foram convertidos em arquivos vetoriais e incorporados diretamente no banco de dados. Essa informação possui uma escala compatível com 1:50.000;

- ano de 2003 – Compilação do plano de informação de uso da terra (arquivo vetorial da EMPLASA), que tem como base a interpretação visual de imagens IKONOS, referentes aos anos de 2002 e 2003. Esse mapeamento foi incorporado diretamente no banco de dados espaciais pela compatibilidade dos formatos em uso. Essa informação possui uma escala compatível com 1:25.000;

- ano de 2010 – Interpretação visual de uma cena do satélite ALOS, diretamente na área de trabalho do ArcGIS. Foi efetuado o reconhecimento dos alvos, a classificação e o mapeamento do uso da terra, esse último através da criação de um plano de informação vetorial e digitalização direta sobre a imagem. A contemporaneidade dessa fonte de dados exigiu a execução da verificação de campo. Essa informação possui uma escala compatível com 1:25.000.

Outros procedimentos efetuados nessa etapa do trabalho visaram compatibilizar os diferentes sistemas de classificação de uso da terra, em especial a generalização e simplificação das classes reconhecidas, por meio de trabalhos de campo.

5. CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu abrange os municípios de Guarulhos e Arujá, localizados na porção nordeste da RMSP, e insere-se no contexto da BHAT (Figura 04).

O Rio Baquirivu-Guaçu nasce em Arujá (Figura 05), atravessa a região central urbanizada do município de Arujá, onde está inteiramente canalizado. Percorre o município de Guarulhos, num total de 21 km, passando pelos bairros: Sadokim, Bonsucesso, Lavras, Jardim Presidente Dutra, Jardim São João, Jardim Bananal, Cumbica (Aeroporto Internacional de Guarulhos e Cidade Industrial Satélite de São Paulo), Taboão, Vila Barros, Parque CECAP e Várzea do Palácio; até desaguar na margem direita do Rio Tietê.

A Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu possui área de drenagem de 161,2 km², com uma rica rede de drenagem na margem direita, coincidente com as áreas de maiores altitudes, declividades mais acentuadas e terrenos com predomínio de rochas metamórficas e ígneas segundo Campos (2011). A maior porção de sua bacia pertence ao município de Guarulhos (145,6 km²), enquanto que no município de Arujá tem-se apenas 15,6 km².

De acordo com Bedani (2008), a paisagem natural (pré-antrópica) dos municípios de Guarulhos e Arujá foi condicionada pela instalação de um conjunto de pequenas bacias do tipo rifte, com blocos altos e baixos justapostos, a partir do Paleógeno, e cuja evolução perdura, muito provavelmente, até os dias atuais. Assim, a atual conformação do Rio Baquirivu-Guaçu, com baixa declividade, configuração meândrica, margens assimétricas e mudança brusca na direção do seu curso são reflexos desse arcabouço estrutural herdado de tempos pretéritos.

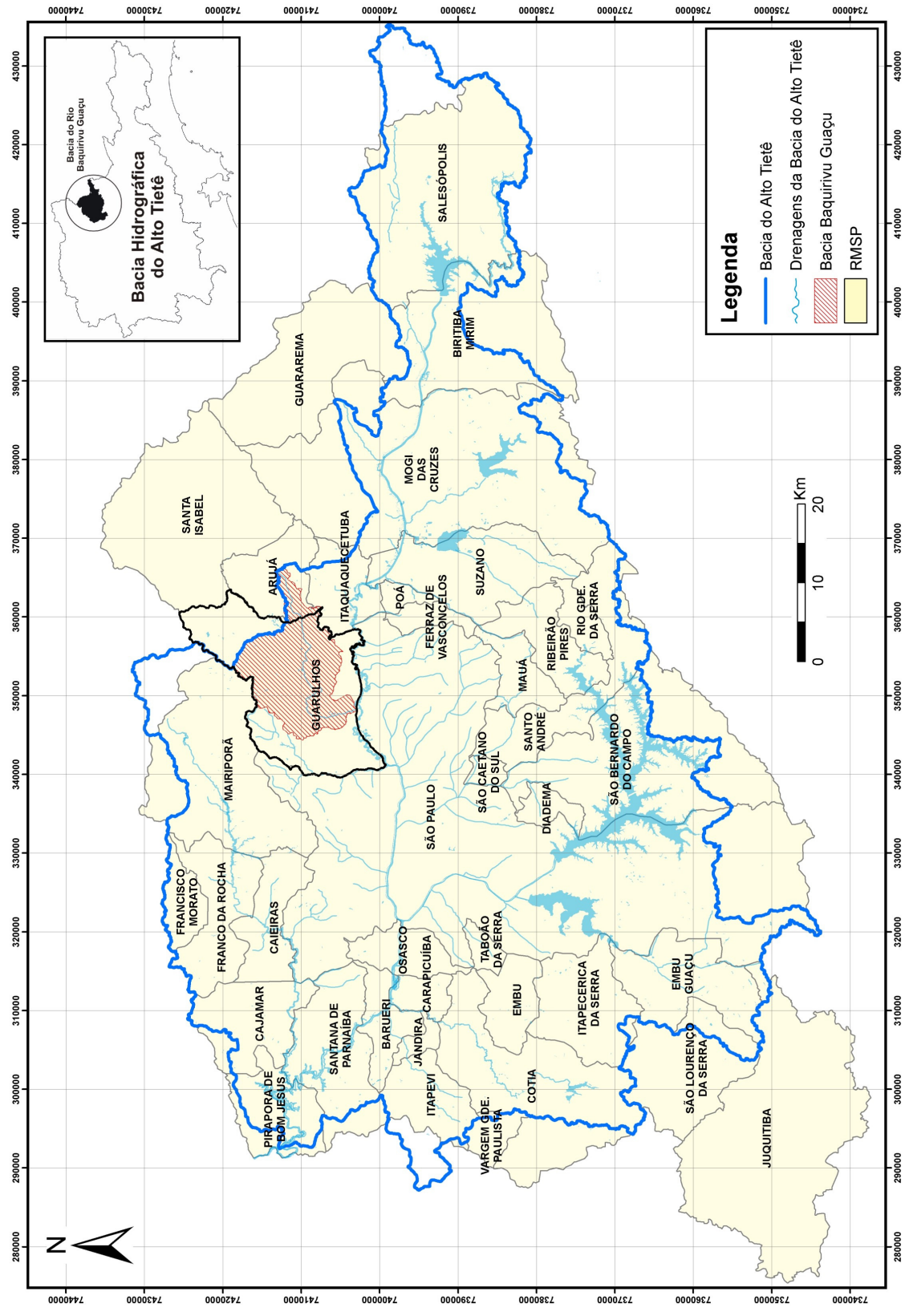


Figura 04: Localização da Baía Hidrográfica do Rio Baquirivú-Guaçu, na RMSP.
Fonte: CAMPOS (2011).

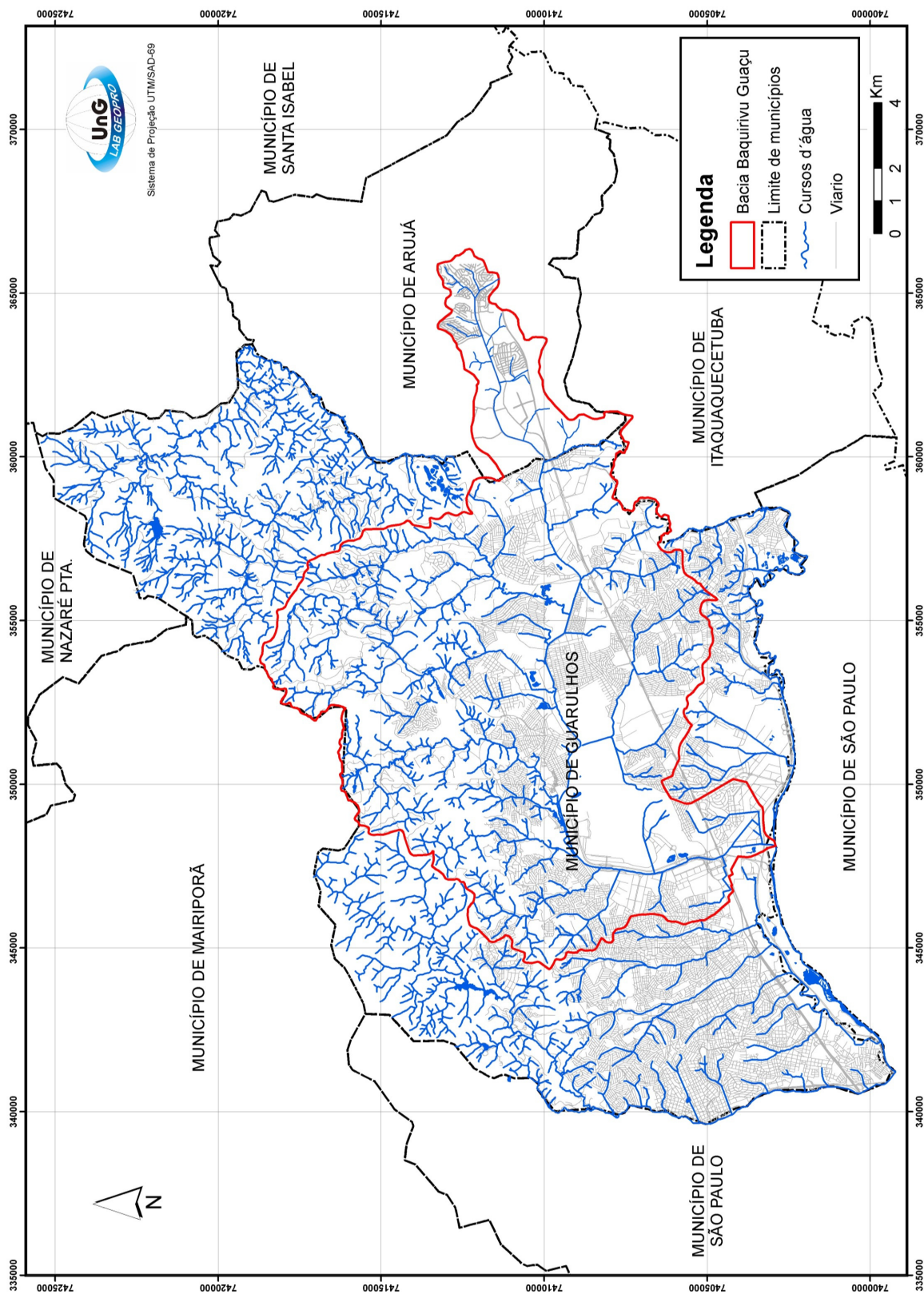


Figura 05: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivú-Guaçu, nos municípios de Arujá e Guarulhos.
Fonte: CAMPOS (2011).

5.1 Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu

A área de estudo corresponde integralmente ao Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu. Sua área total é de 20,6 km², sendo que 15,6 km² encontram-se inseridos no município de Arujá, enquanto que os 5 km² restantes fazem parte do município de Guarulhos.

5.1.1 Características Físicas

a) Principais parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica

As tabelas 12, 13 e 14 apresentam, respectivamente, os principais parâmetros morfométricos da área de estudo, e das margens direita e esquerda do Rio Baquirivu-Guaçu.

Tabela 12 - Principais Parâmetros Morfométricos da Área de Estudo

Área Total	20,6 km ²
Área em Guarulhos	5 km ²
Área em Arujá	15,6 km ²
Perímetro total	27,3 km
Circularidade	0,35 (baixa)
Extensão do canal principal	8,4 km
Extensão total dos canais	32,9 km
Densidade de drenagem	1,6 km/km ²
Maior altitude	853 m
Menor altitude	757 m
Amplitude	96 m
Eixo maior	8,5 km
Eixo menor	5 km
Maior declividade na bacia	97%
Declividade média da bacia	6%
Declividade média do canal principal	0,50%

Tabela 13 - Avaliação da Margem Direita

Área	8,4 km ²
Extensão dos Afluentes	6,4 km
Densidade de Drenagem	0,8 km/km ²
Maior Largura	1.580 m
Menor Largura	170 m

Tabela 14 - Avaliação da Margem Esquerda

Área	12,2 km ²
Extensão dos Afluentes	18,1 km
Densidade de Drenagem	1,5 km/km ²
Maior Largura	3.060 m
Menor Largura	170 m

b) Geomorfologia

Conforme demonstra a Figura 06, do ponto de vista geomorfológico, na área de estudo ocorrem as seguintes formas de relevo: planícies fluviais, colinas grandes e colinas pequenas (EMPLASA, 1980).

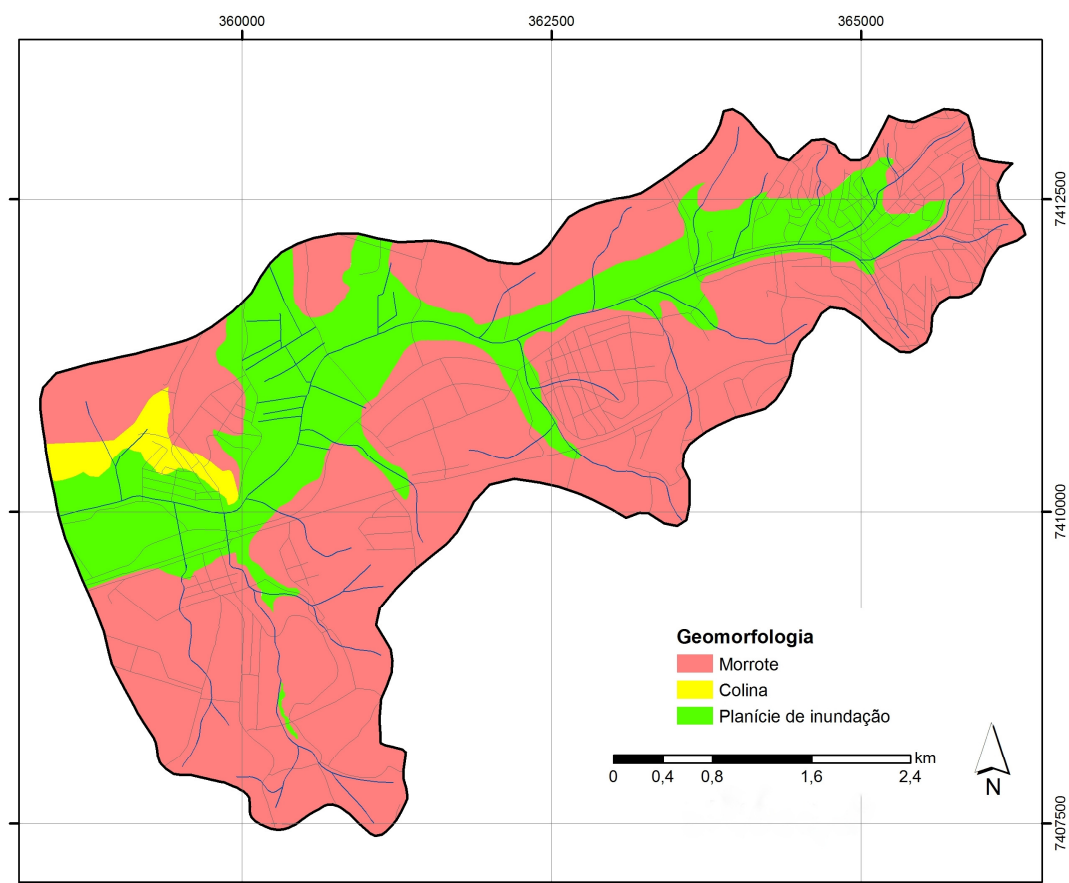


Figura 06: Mapa Geomorfológico da área de estudo (EMPLASA, 1980).

c) Geologia

Em termos litológicos, verificam-se migmatitos de idade pré-cambriana, sedimentos clásticos paleógenos pertencentes à Bacia Sedimentar de São Paulo, assim como depósitos aluvionares quaternários (EMPLASA, 1980) (Figura 07).

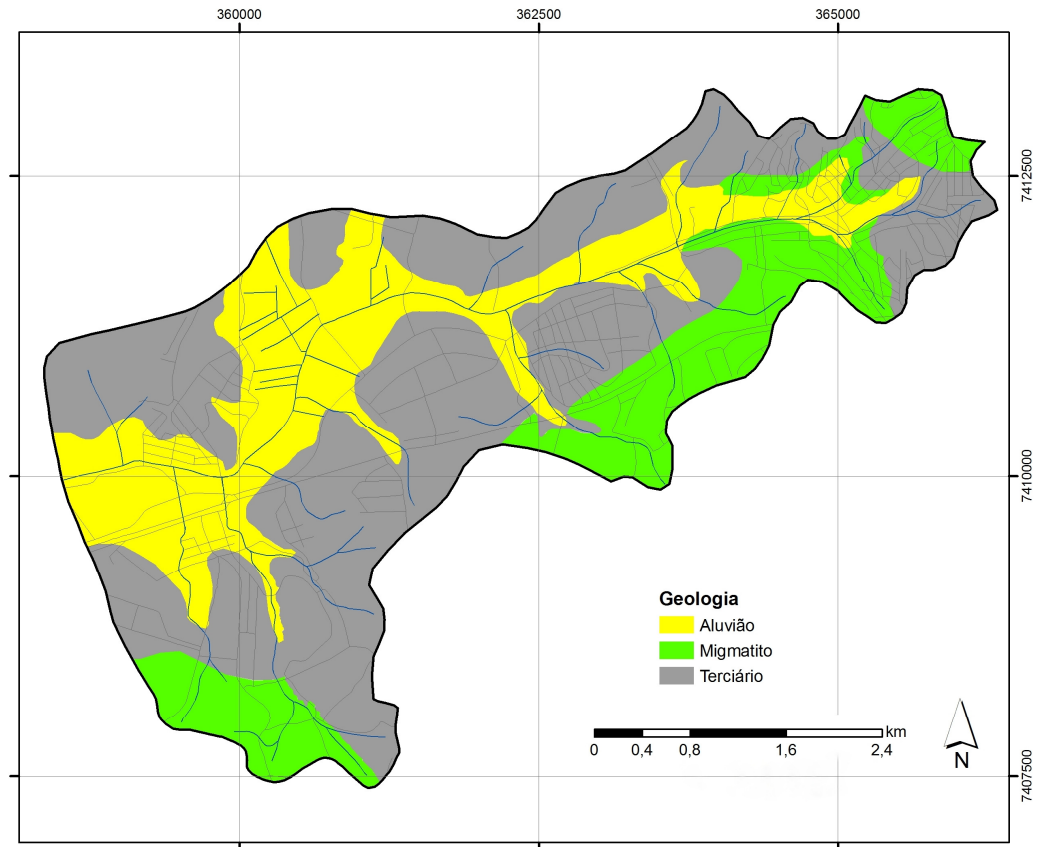


Figura 07: Mapa Geológico da área de estudo (EMPLASA, 1980).

d) Solo

Os solos encontrados, por sua vez, encontram-se consubstanciados em dois tipos principais: Argissolo Vermelho – Amarelo e Gleissolo. A Figura 08 exibe a distribuição dessas classes no Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu, de acordo com Campos (2011).

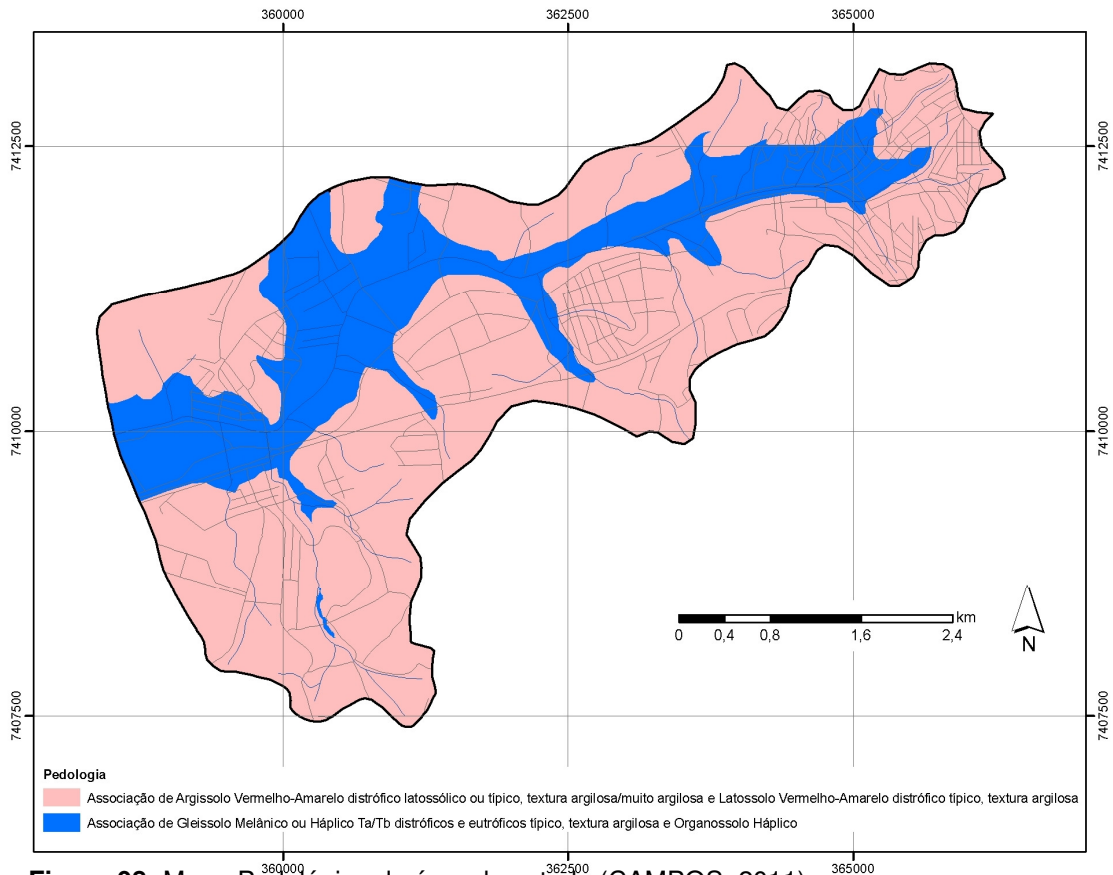


Figura 08: Mapa Pedológico da área de estudo (CAMPOS, 2011).

e) Clima

Segundo o CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas à Agricultura, a classificação climática de Koeppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, mostram que o clima dominante nos municípios de Arujá e Guarulhos é o Cwa, caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno.

Observa-se, portanto, que no município de Arujá as temperaturas variam de 9,3°C (mínima) à 28,4°C (máxima), com índice pluviométrico anual de 1.506,8 mm, assim como, com comportamento semelhante, tem-se, no município de Guarulhos, temperaturas oscilando entre 9,3°C (mínima) e 28,6°C (máxima), e índice pluviométrico anual de 1.448,5mm.

Tanto no município de Arujá, quanto no município de Guarulhos, as temperaturas mínimas e máximas foram registradas, respectivamente, no inverno e no verão.

f) Interpretação das características físicas da área de estudo

As características físicas da área de estudo permitem considerar:

- Predominância de clima tropical de altitude, com chuvas abundantes no verão e excedentes hídricos;
- Substrato geológico formado por rochas cristalinas pré-cambrianas e sedimentos terciários silte-argilosos, solos lateríticos argilosos e solos aluviais areno-argilosos, de modo geral, pouco permeáveis com potenciais de escoamento superficial médios e elevados;
- Relevo formado predominantemente por morrotes impõe uma condição de energia que facilita o escoamento das águas pluviais nas vertentes. Por outro lado, nas áreas de planície o escoamento é dificultado pela baixa inclinação das superfícies; e
- Baixa declividade do canal impõe um escoamento lento das águas pluviais. Com isso, podemos concluir que essa bacia hidrográfica apresenta nesse trecho um comportamento natural que indica predominância no escoamento das águas pluviais nas vertentes em relação ao processo de infiltração das águas no solo. Tal fato associado à impermeabilização do solo dada pela crescente urbanização que se observa, resulta numa maior vulnerabilidade à poluição das águas superficiais por poluição difusa, que contribui para o comprometimento dos índices de qualidade das águas do Rio Baquirivu-Guaçu.

5.1.2 Uso da Terra

Um dos aspectos mais relevantes nesta pesquisa diz respeito ao uso da terra, tendo em vista que, via de regra, os parâmetros de qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica são reflexos das atividades antrópicas nela existentes (GALLI; ABE, 2010).

Dessa forma, foram elaborados estudos que contemplam três diferentes cenários: 1986, 2003 e 2010, com o objetivo de acompanhar a evolução do uso da terra. Em cada um deles, é também ilustrada a intervenção antrópica nas margens direita e esquerda da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu. As

tabelas 15, 16 e 17 e as figuras 09, 10 e 11 exibem o uso da terra nos períodos mencionados.

Tabela 15: Área absoluta (m²), equivalente às classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 1986.

CLASSES DE USO DA TERRA	ÁREA (m ²)		
	Margem direita	Margem esquerda	Total na bacia
MATA	105.198,4	93.877,3	199.075,7
REFLORESTAMENTO	1.613.449,2	1.530.833,4	3.144.282,6
CAMPO/AGRICULTURA	5.337.333,0	7.690.225,3	13.027.558,3
URBANO/INDUSTRIAL	1.012.817,7	2.365.913,3	3.378.731,0
SOLO EXPOSTO	380.974,2	490.279,9	871.254,1
TOTAL	8.449.772,4	12.171.129,3	20.620.901,7

Fonte: Imagem LANDSAT, de 02 de maio de 1986.

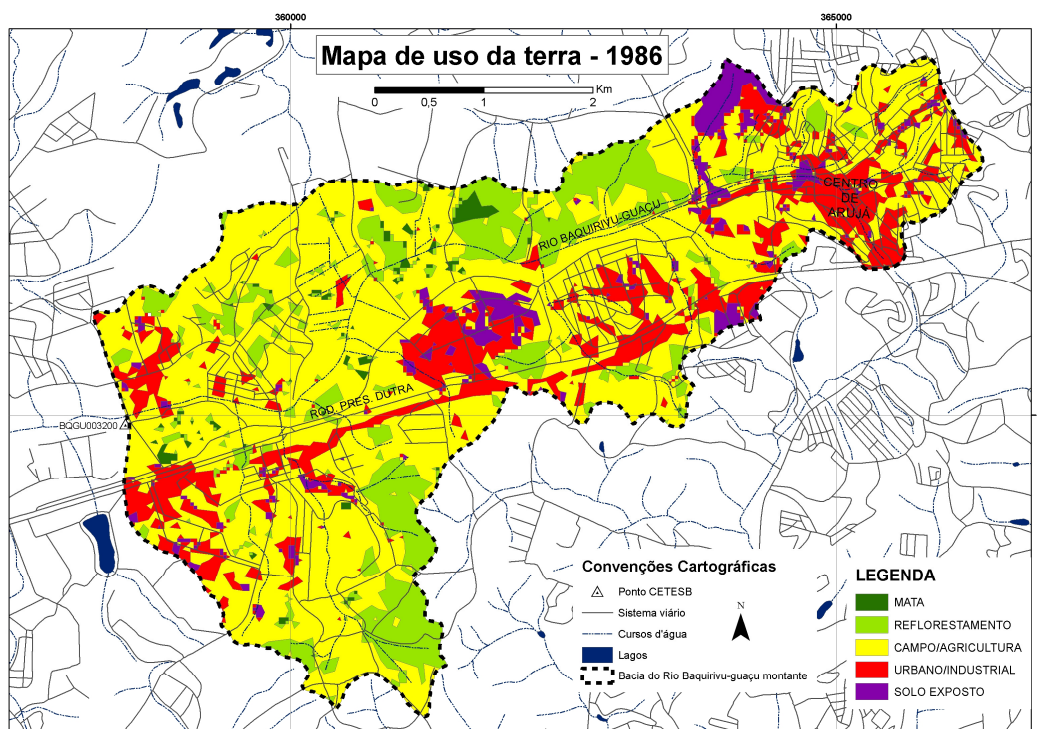


Figura 09: Mapa de uso da terra, em 1986, na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento.

Tabela 16: Área absoluta (m²), equivalente às classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 2003.

CLASSES DE USO DA TERRA	ÁREA (m ²)		
	Margem direita	Margem esquerda	Total na bacia
MATA	1.528.195,3	645.909,8	2.174.105,1
REFLORESTAMENTO	0,0	974.427,0	974.427,0
CAMPO/AGRICULTURA	2.689.729,0	3.211.630,8	5.901.359,8
URBANO/INDUSTRIAL	3.884.617,2	6.175.855,7	10.060.472,9
SOLO EXPOSTO	347.230,9	1.163.306,0	1.510.537,0
TOTAL	8.449.772,4	12.171.129,3	20.620.901,7

Fonte: EMPLASA (2005).

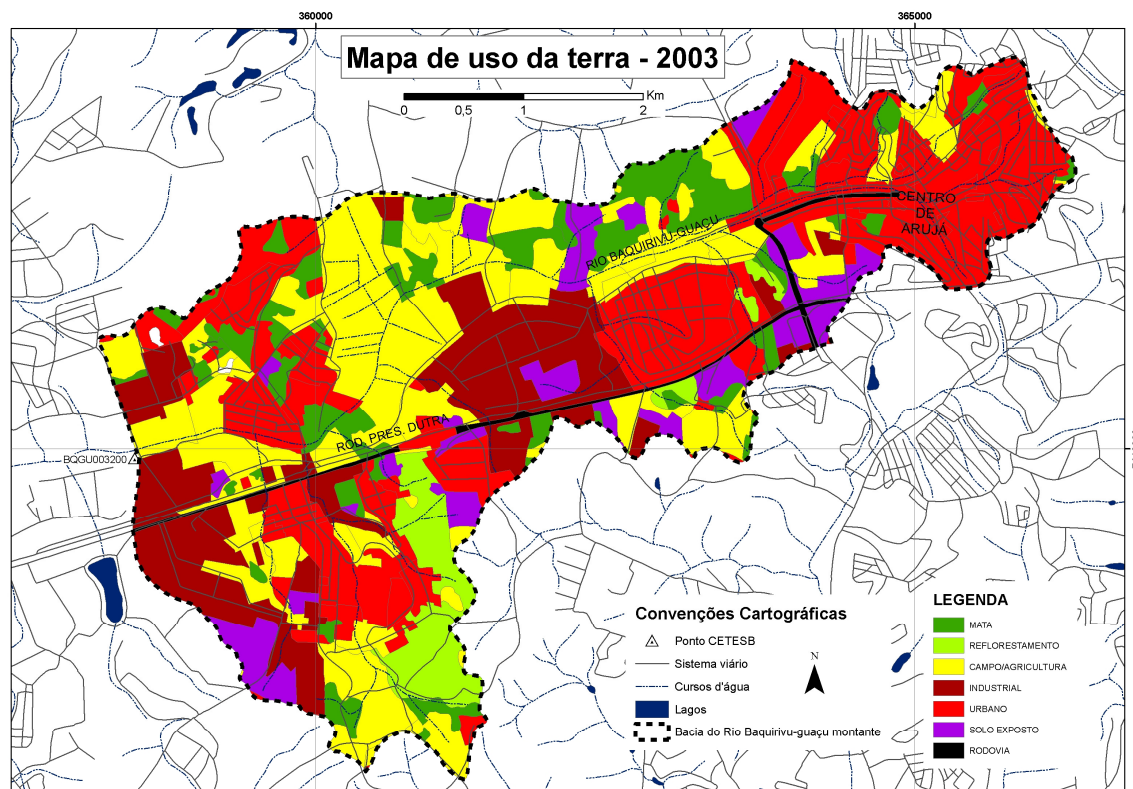


Figura 10: Mapa de uso da terra, em 2003, na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento. Elaborado com base em imagem IKONOS, de 2003 – Projeção UTM/SAD 69.

Tabela 17: Área absoluta (m²), equivalente as classes de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento, correspondente ao ano de 2010.

CLASSES DE USO DA TERRA	ÁREA (m ²)		
	Margem direita	Margem esquerda	Total na bacia
MATA	893.186,8	516.166,6	1.409.353,4
REFLORESTAMENTO	324.390,7	1.131.618,5	1.456.009,2
CAMPO/AGRICULTURA	3.012.014,5	3.061.165,5	6.073.180,0
URBANO/INDUSTRIAL	4.063.436,0	7.107.269,7	11.170.705,7
SOLO EXPOSTO	156.744,5	354.909,0	511.653,4
TOTAL	8.449.772,4	12.171.129,3	20.620.901,7

Fonte: imagem ALOS, de 25 de outubro de 2010.

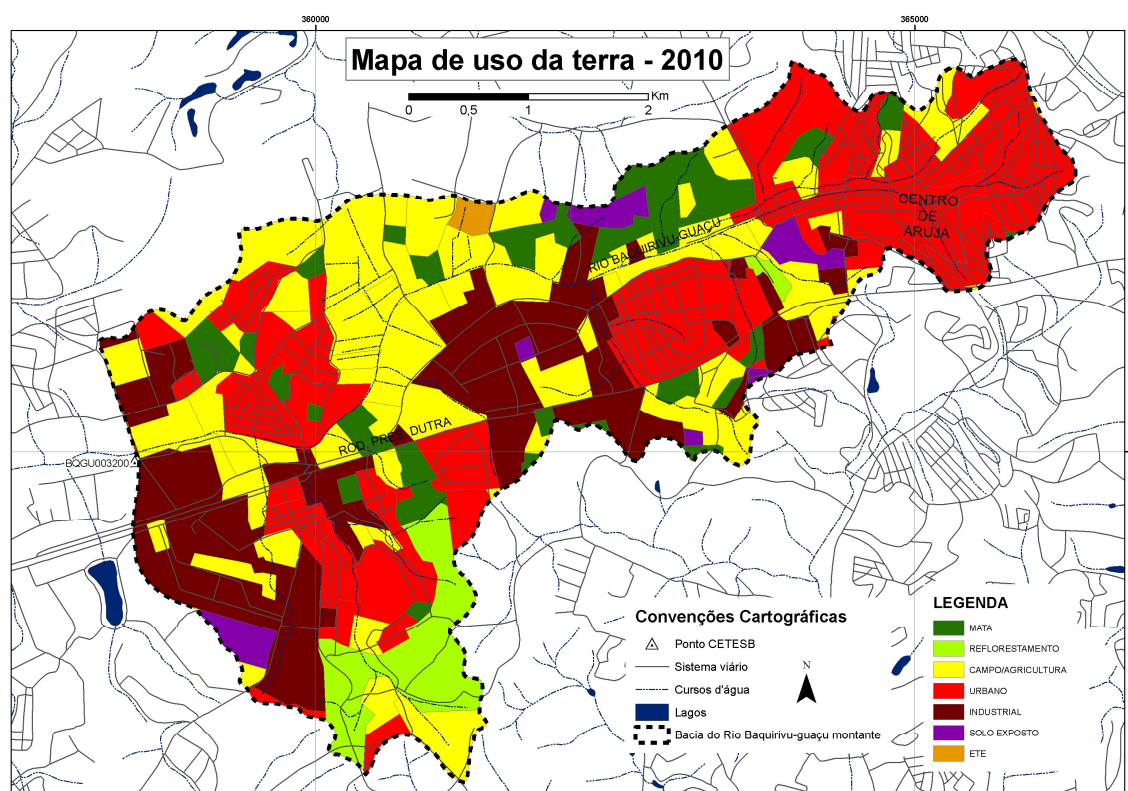


Figura 11: Mapa de uso da terra, em 2010, na Bacia do Rio Baquirivu-Guaçu a montante do ponto de monitoramento.

Nota-se que, em termos gerais, a classe campo/agricultura que em 1986 correspondia a 63,2% das atividades no município, ao longo dos anos subsequentes diminuiu consideravelmente até atingir 29,4% em 2010. Em seu lugar predomina a classe urbano/industrial, que totaliza 54,2%. A Figura 12 correlaciona as classes de uso da terra e os índices de qualidade das águas, as figuras 13 à 20 ilustram as diferentes formas de uso da terra atuais, no município de Arujá. As figuras 21 e 22 mostram, respectivamente, o ponto de lançamento dos esgotos tratados na ETE – Arujá e o ponto de monitoramento da CETESB, no leito do Rio Baquirivu-Guaçu.

É importante destacar que, a partir do segundo semestre de 2004, o município de Arujá conta com uma estação de tratamento de esgoto (ETE-Arujá), cuja concepção de tratamento biológico baseia-se no sistema de lagoas aeradas de mistura completa seguidas de lagoas de decantação.

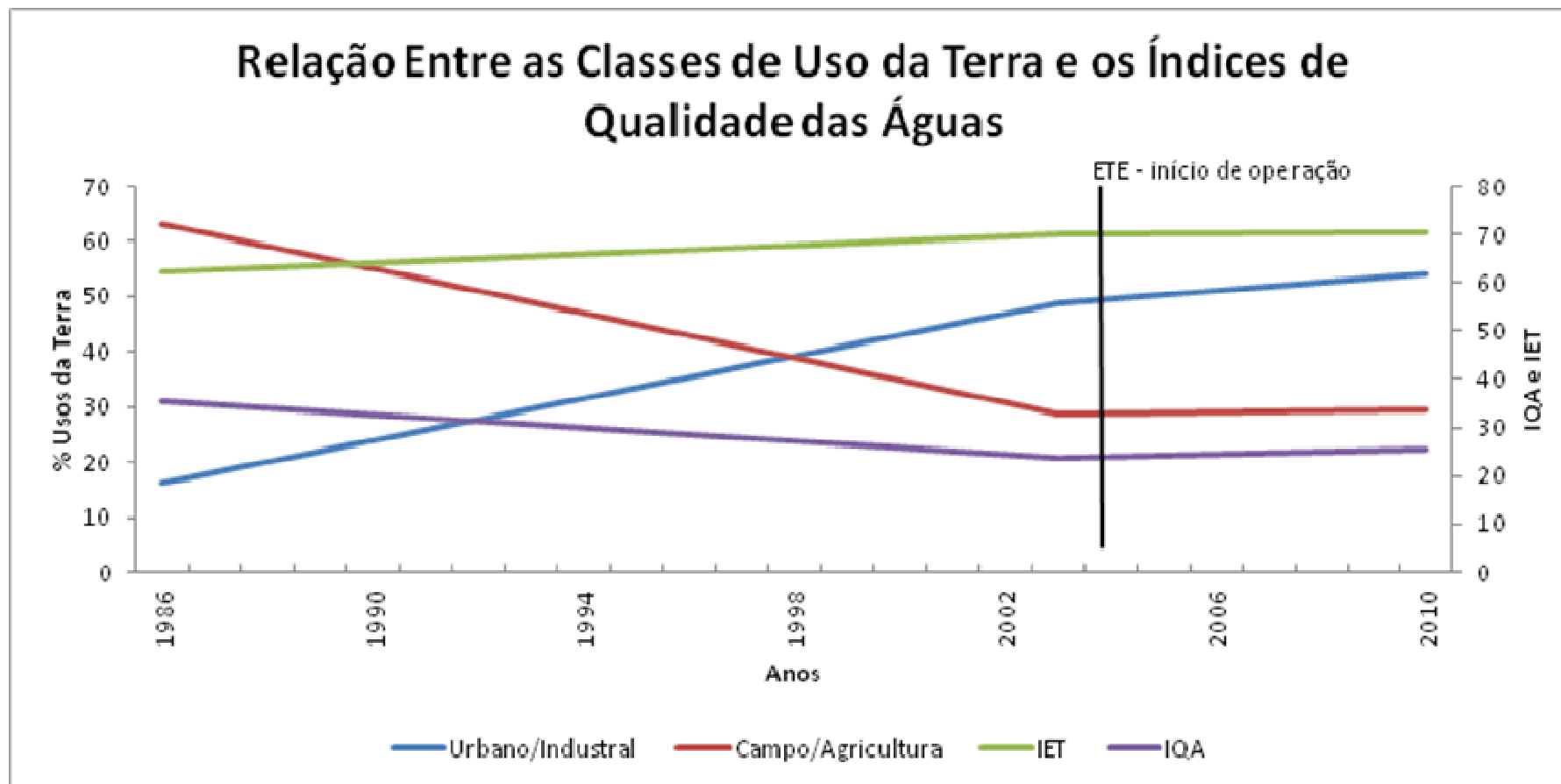


Figura 12: Relação entre as classes de Uso da Terra e os Índices de Qualidade das Águas.



Figura 13: Uso urbano com predominância industrial. Área próxima ao bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'09,98"S 46°21'02,41"W. Datum WGS-84.



Figura 14: Uso urbano com predominância industrial. Área situada no bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'16,69"S 46°21'05,79" W. Datum WGS-84.



Figura 15: Uso urbano com predominância residencial. Área central do município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'34,46"S 46°19'17,62" W. Datum WGS-84.



Figura 16: Uso urbano com predominância residencial. Área próxima ao bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'14,10"S 46°20'31,29" W. Datum WGS-84.



Figura 17: Uso campo/agricultura, na margem esquerda do Rio Baquirivu-Guaçu, entre a Av. Mário Covas e o bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'22,13"S 46°21'38,69" W. Datum WGS-84.



Figura 18: Uso campo/agricultura (estufas), na margem esquerda do Rio Baquirivu-Guaçu, entre a Av. Mário Covas e o bairro Centro Industrial de Arujá, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'12,88"S 46°21'26,57" W. Datum WGS-84.



Figura 19: Mata remanescente, na margem direita do Rio Baquirivu-Guaçu, próxima à estação de tratamento de esgoto, bairro Portão, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'55,55"S 46°21'15,35" W. Datum WGS-84.



Figura 20: Uso urbano com predominância comercial. Trecho canalizado (seção fechada) do Rio Baquirivu-Guaçu, a montante da Av. João Manoel, centro do município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°23'44,05"S 46°19'46,51" W. Datum WGS-84.



Figura 21: Trecho do Rio Baquirivu-Guaçu canalizado com seção aberta, no ponto de lançamento dos esgotos tratados da ETE, no bairro Portão, no município de Arujá. Coordenadas geográficas: 23°24'01,50"S 46°21'23,32" W. Datum WGS-84.



Figura 22: Ponto de amostragem da CETESB, localizado na Rua Tamotsu Iwasse, próximo à divisa entre os municípios de Arujá e Guarulhos, no bairro Bonsucesso, no município de Guarulhos. Coordenadas geográficas: 23°24'52,01"S 46°23'06,23" W. Datum WGS-84.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com relação aos parâmetros que compõem o IQA e o IET, no período compreendido entre 1983 a 2010. O Anexo I contempla os dados referentes aos 27 anos monitorados pela CETESB, em termos de IQA e IET.

Para a análise pretendida, o intervalo de tempo pesquisado foi subdividido em cinco períodos, assim distribuídos: 1983 – 1986; 1990 – 1994; 1995 – 1999; 2000 – 2005; 2006 – 2010; todos com medidas anuais, tendo por base os meses ímpares. O intervalo relativo aos anos de 1987 a 1989 não foi considerado, pois nas medições efetuadas pela CETESB, foram levados em consideração somente os meses pares.

Para melhor visualização e interpretação dos resultados alcançados, os nove parâmetros que compõem o IQA, o próprio IQA e o IET foram tratados na forma de histogramas que contemplaram:

- o valor do parâmetro medido ao longo dos meses ímpares, dentro de cada período considerado; e
- o valor médio obtido de cada parâmetro, ao longo dos períodos de anos contemplados.

As figuras 23 à 44 exibem os gráficos construídos com base nos dados expressos no Anexo I.

Temperatura por Período

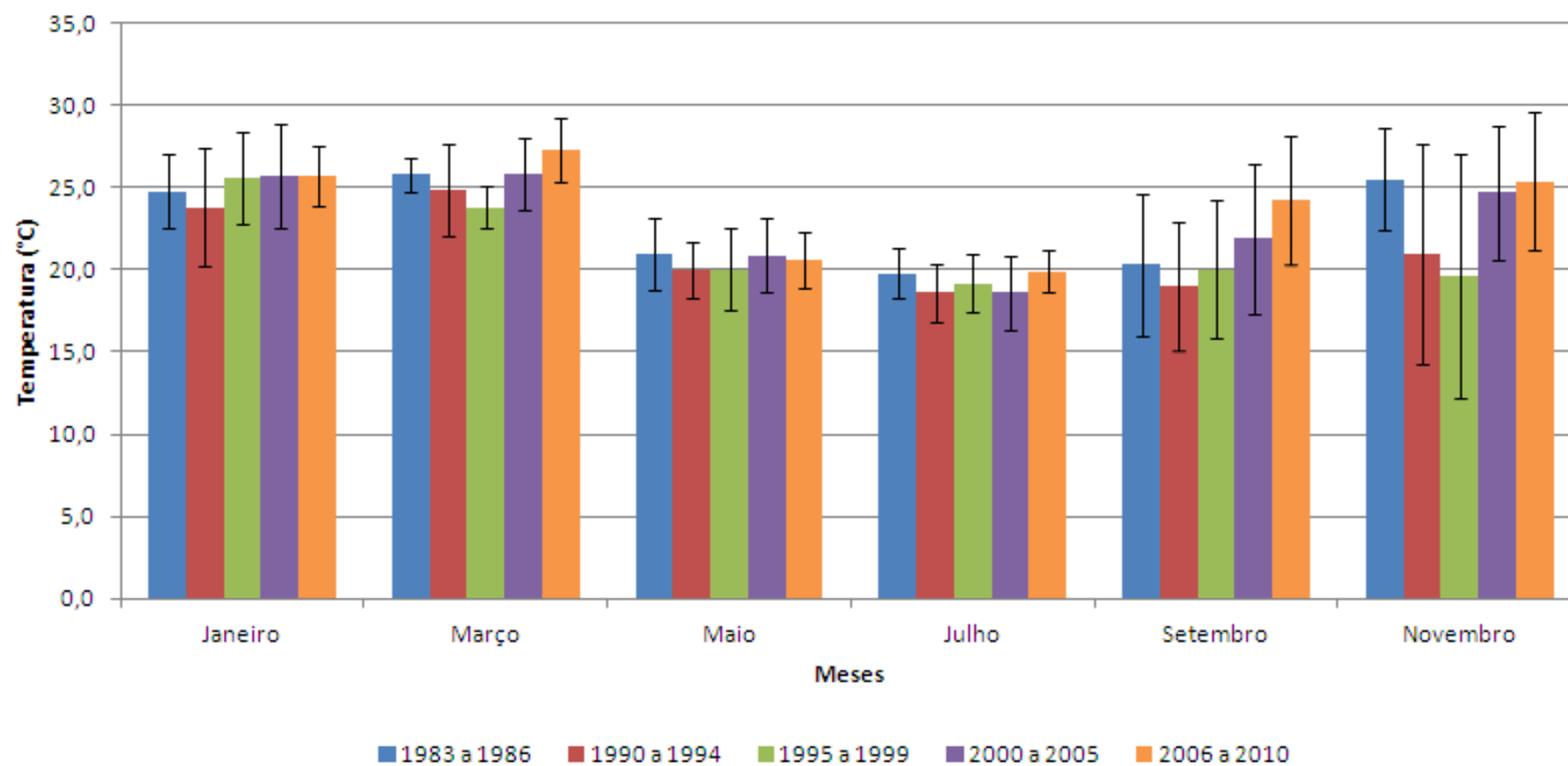


Figura 23: Temperatura por período. [- Desvio Padrão.

Média anual da Temperatura por Período

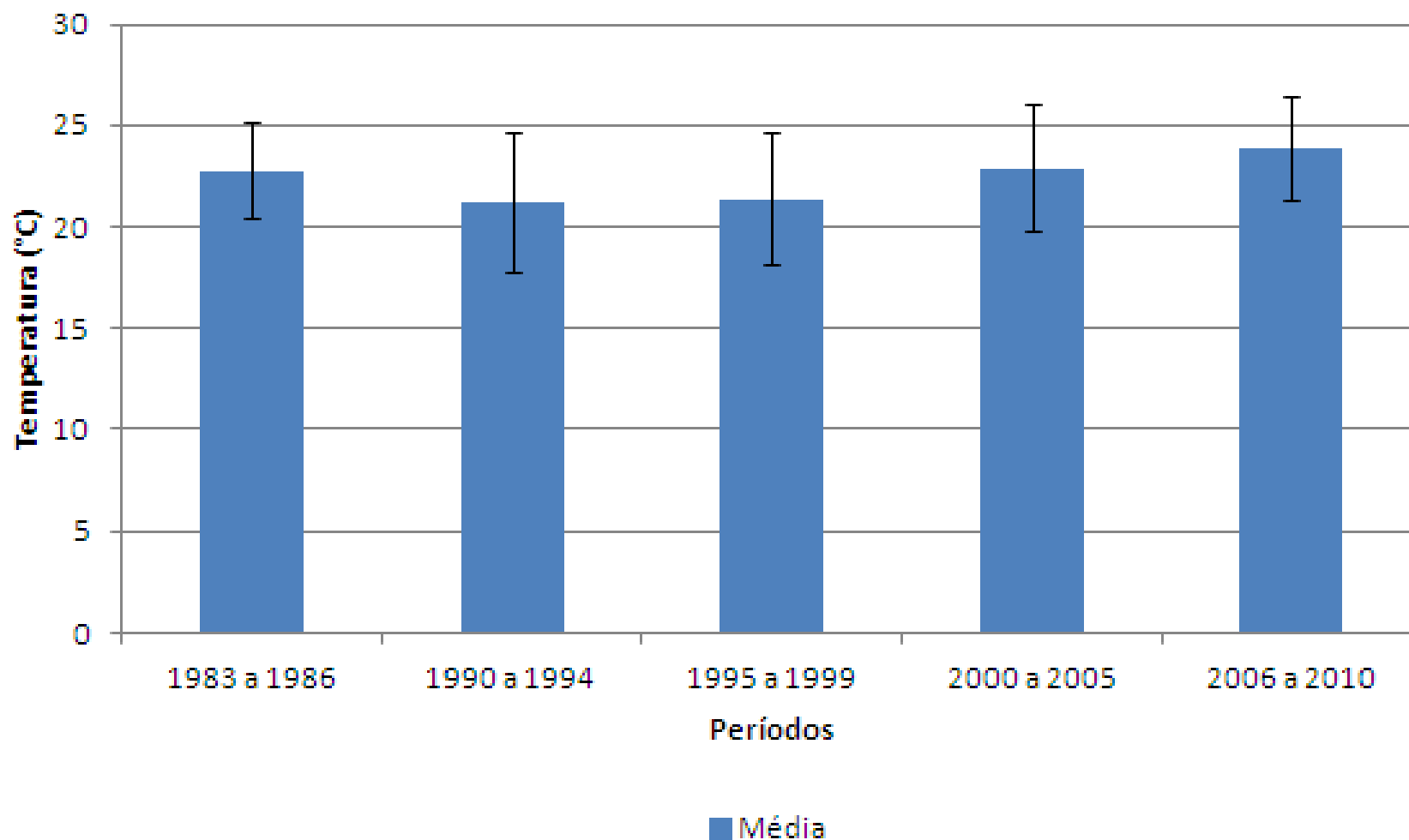


Figura 24: Média anual de temperatura por período.

— - Desvio Padrão.

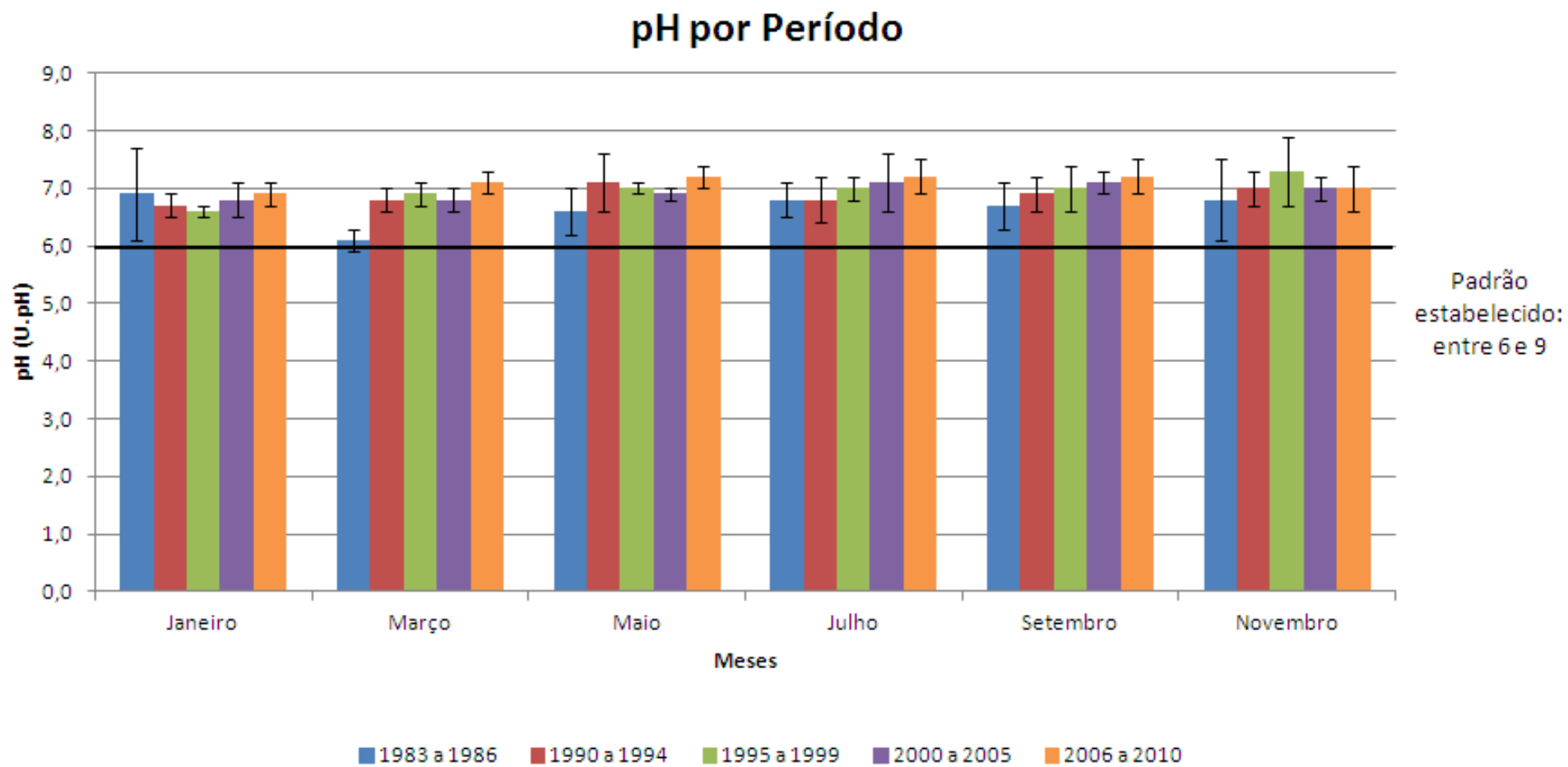


Figura 25: pH por período. ┘ - Desvio Padrão.

Média Anual do pH por Período

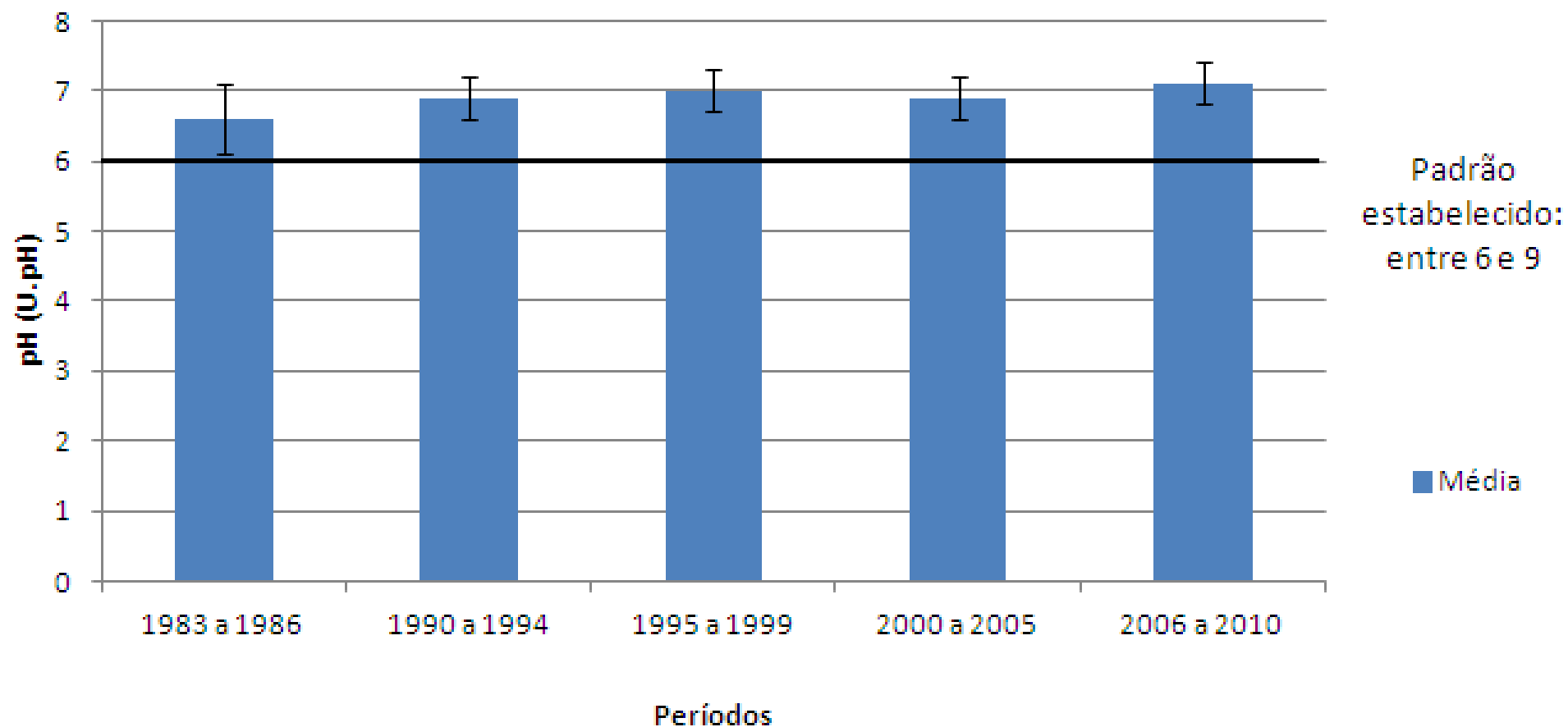


Figura 26: Média anual do pH por período. [] - Desvio Padrão.

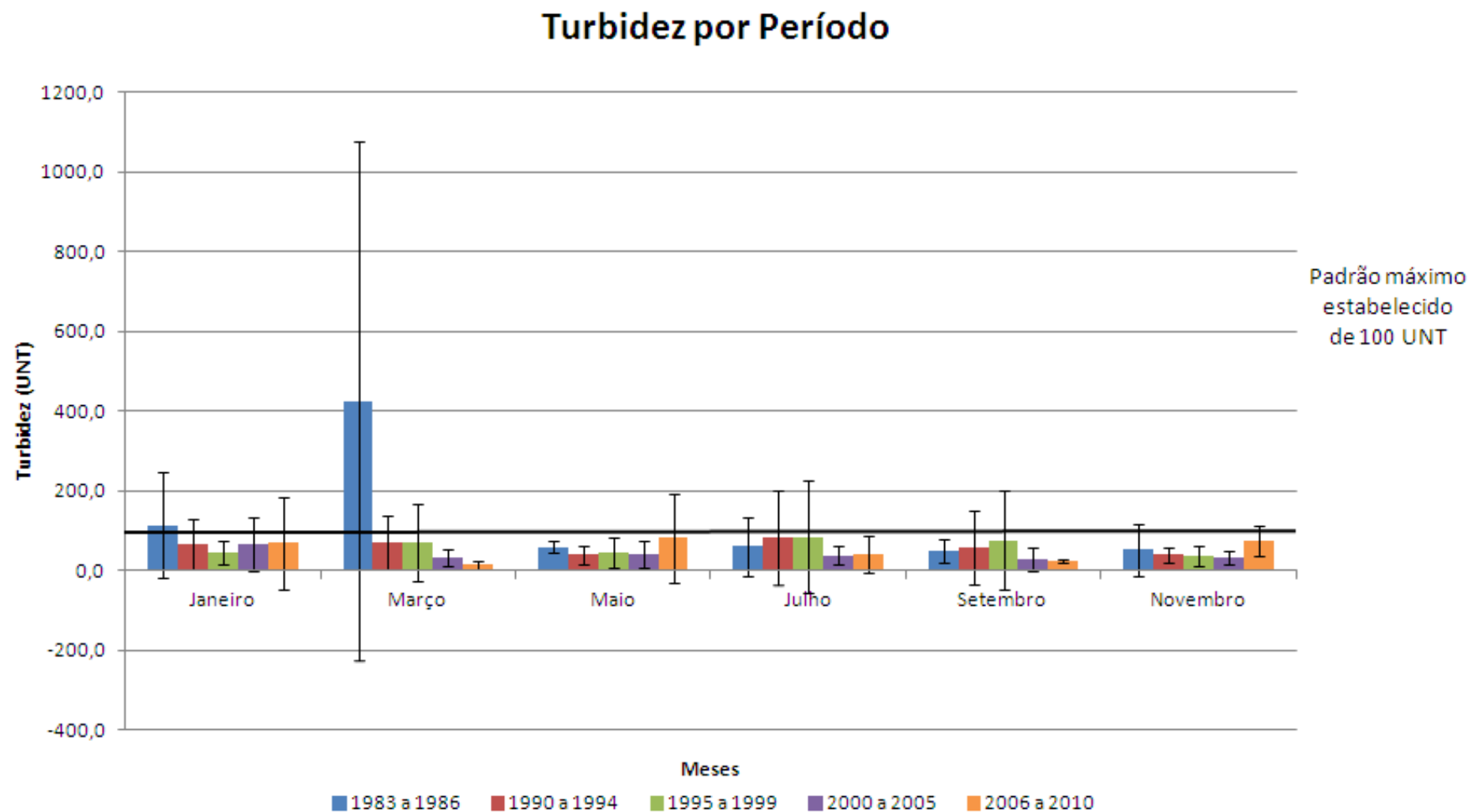


Figura 27: Turbidez por período. | - Desvio Padrão.

Média Anual da Turbidez por Período

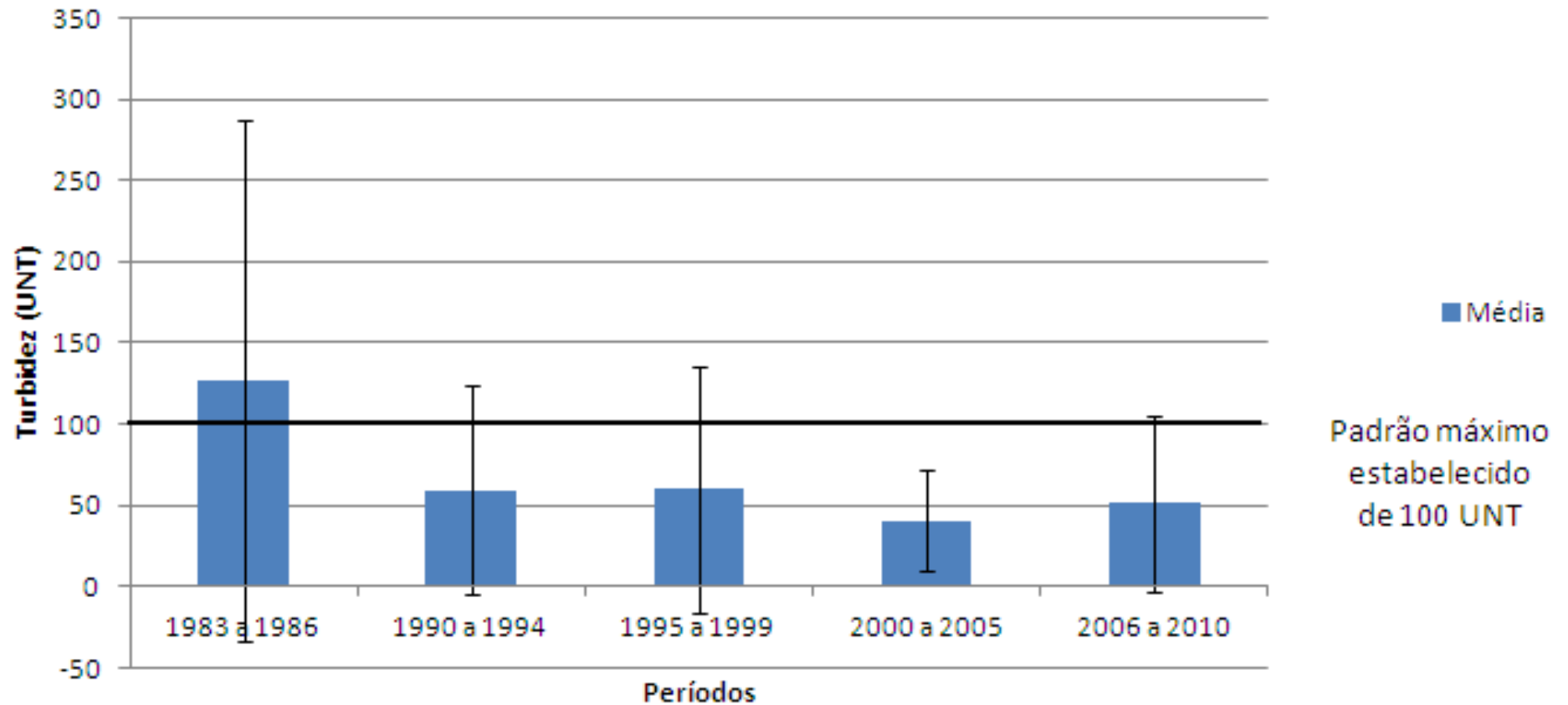


Figura 28: Média anual da turbidez por período. [- Desvio Padrão.

Resíduo Total por Período

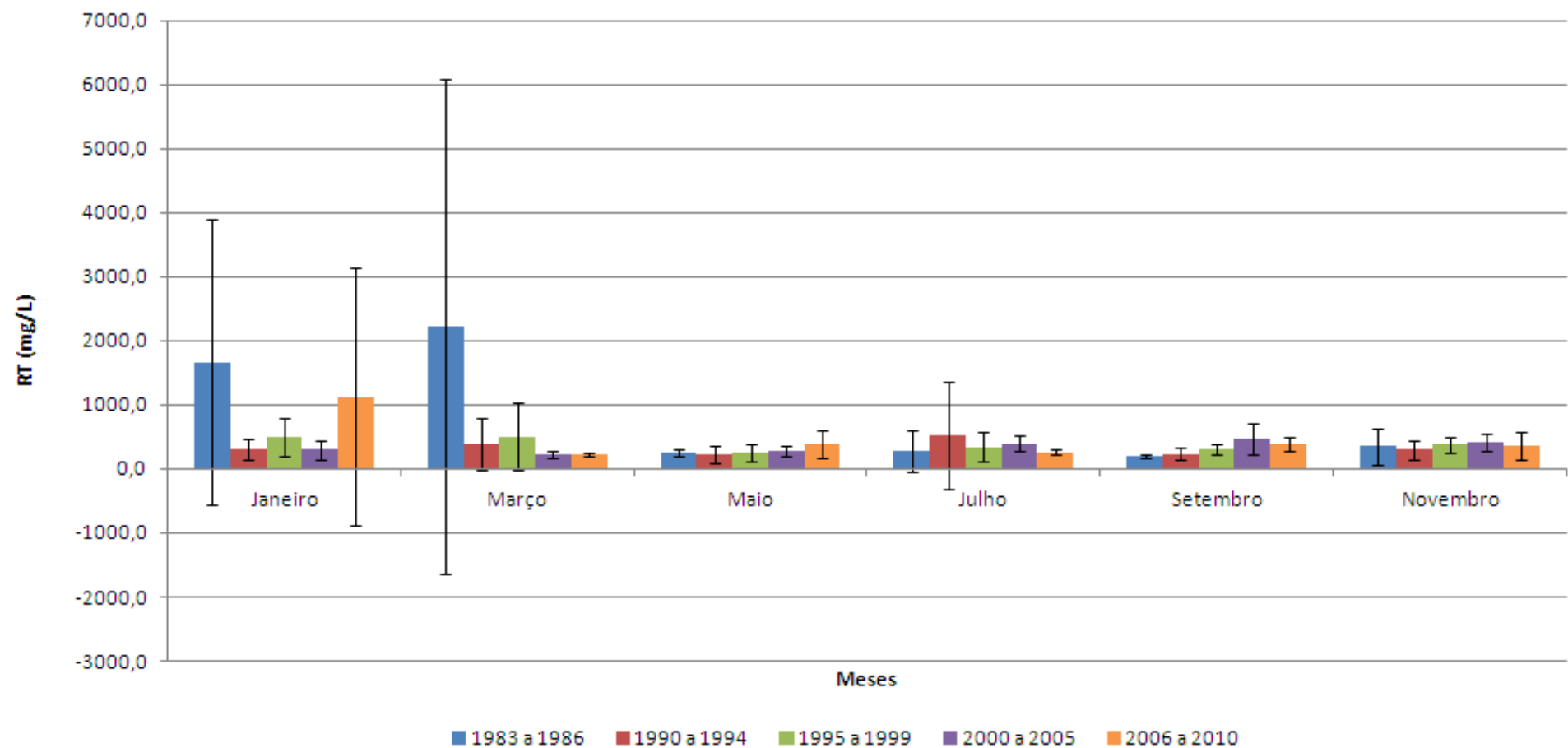


Figura 29: Resíduo total por período. ┘ - Desvio Padrão.

Média Anual do Resíduo Total por Período

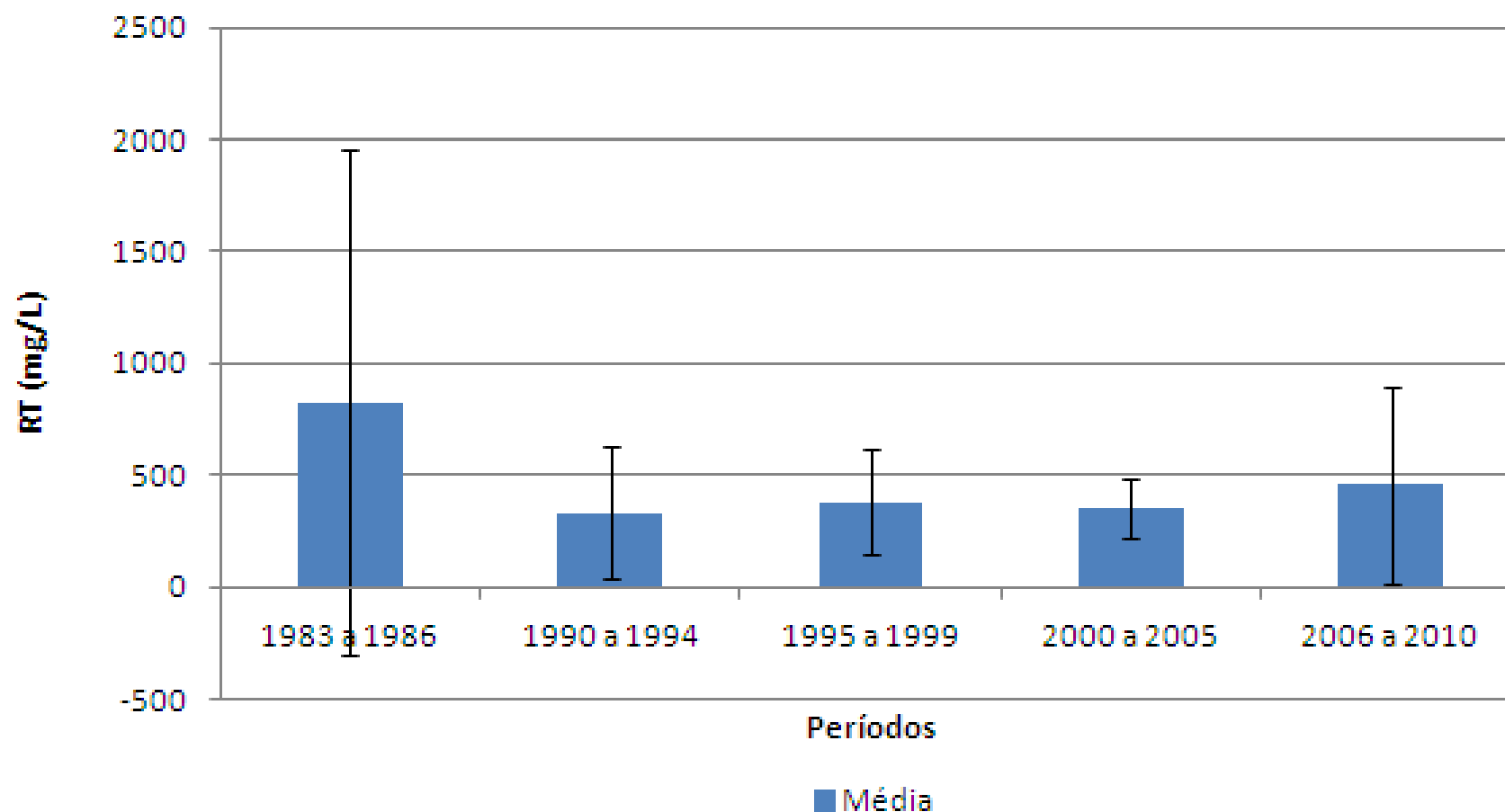


Figura 30: Média anual do resíduo total por período. ┘ - Desvio Padrão.

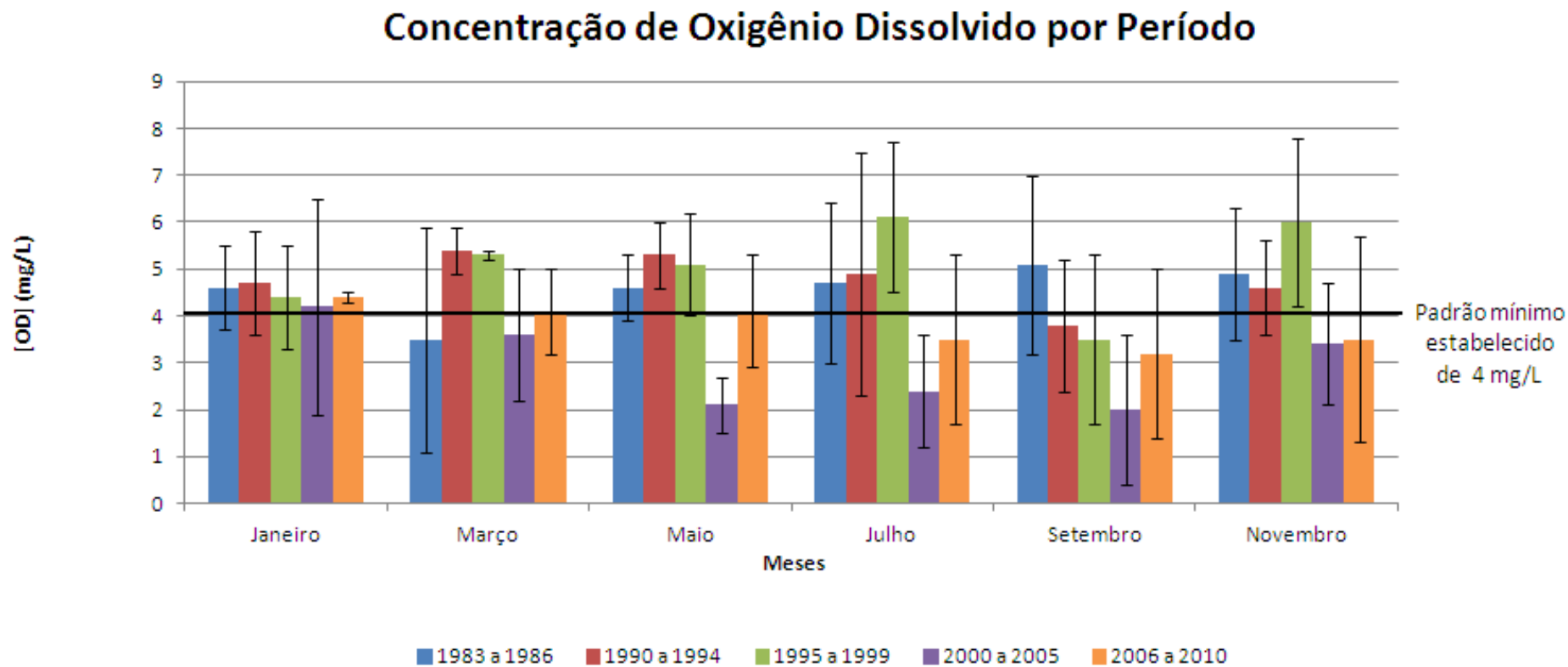


Figura 31: Concentração de oxigênio dissolvido por período. ┘ - Desvio Padrão.

Média Anual da Concentração de Oxigênio Dissolvido por Período

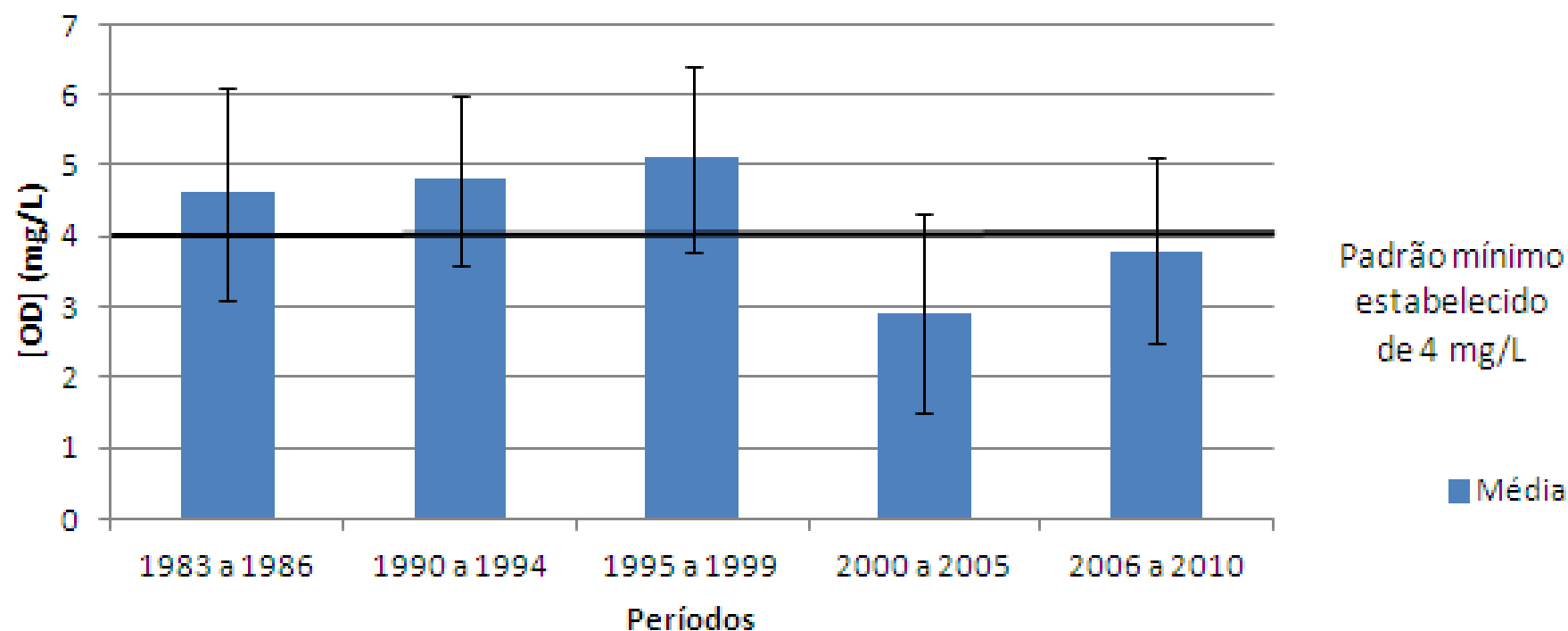


Figura 32: Média anual da concentração de oxigênio dissolvido por período. ─ - Desvio Padrão.

Demanda Bioquímica de Oxigênio por Período

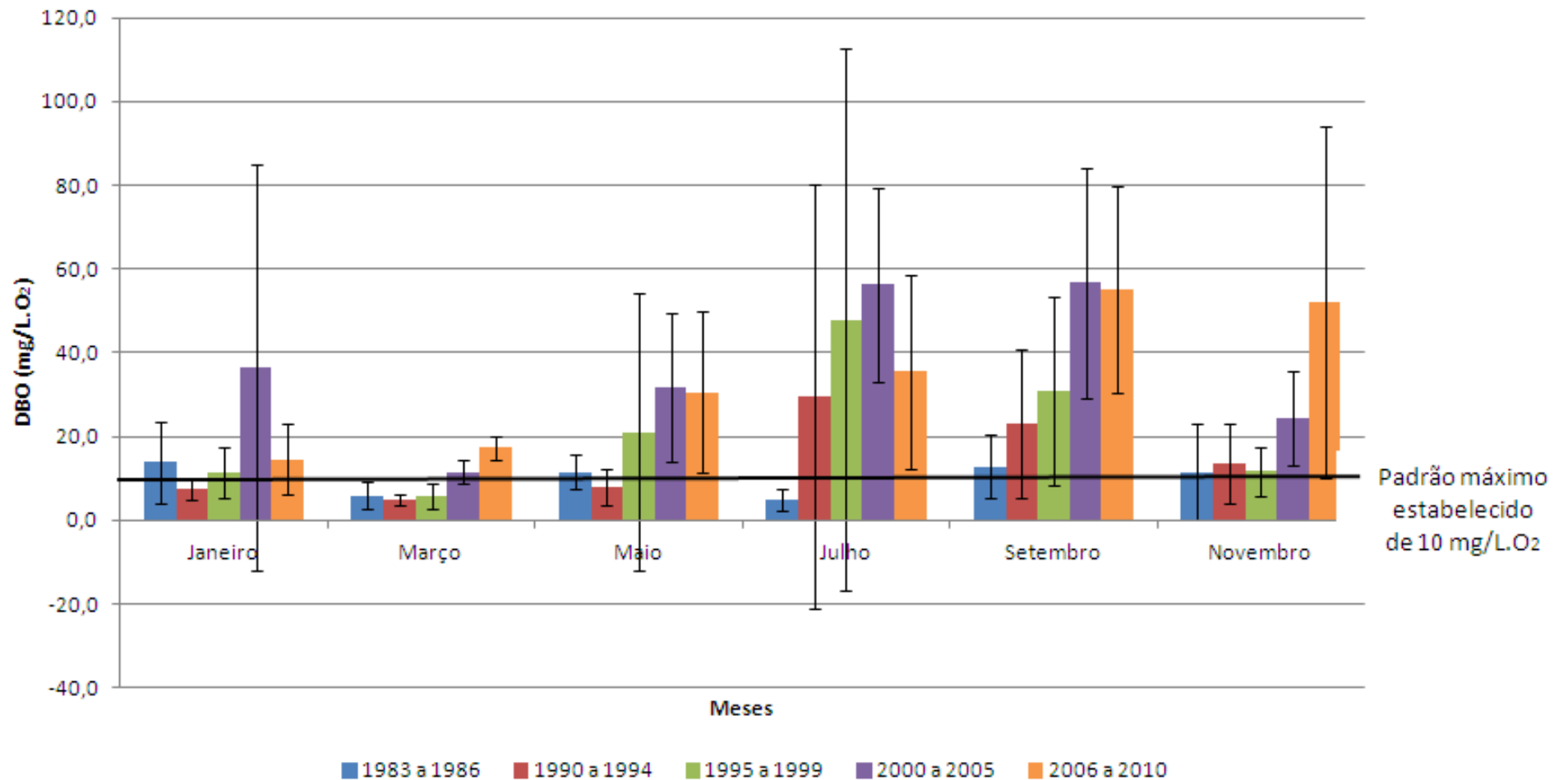


Figura 33: Demanda bioquímica de oxigênio por período. ┘ - Desvio Padrão.

Média Anual da Demanda Bioquímica de Oxigênio por Período

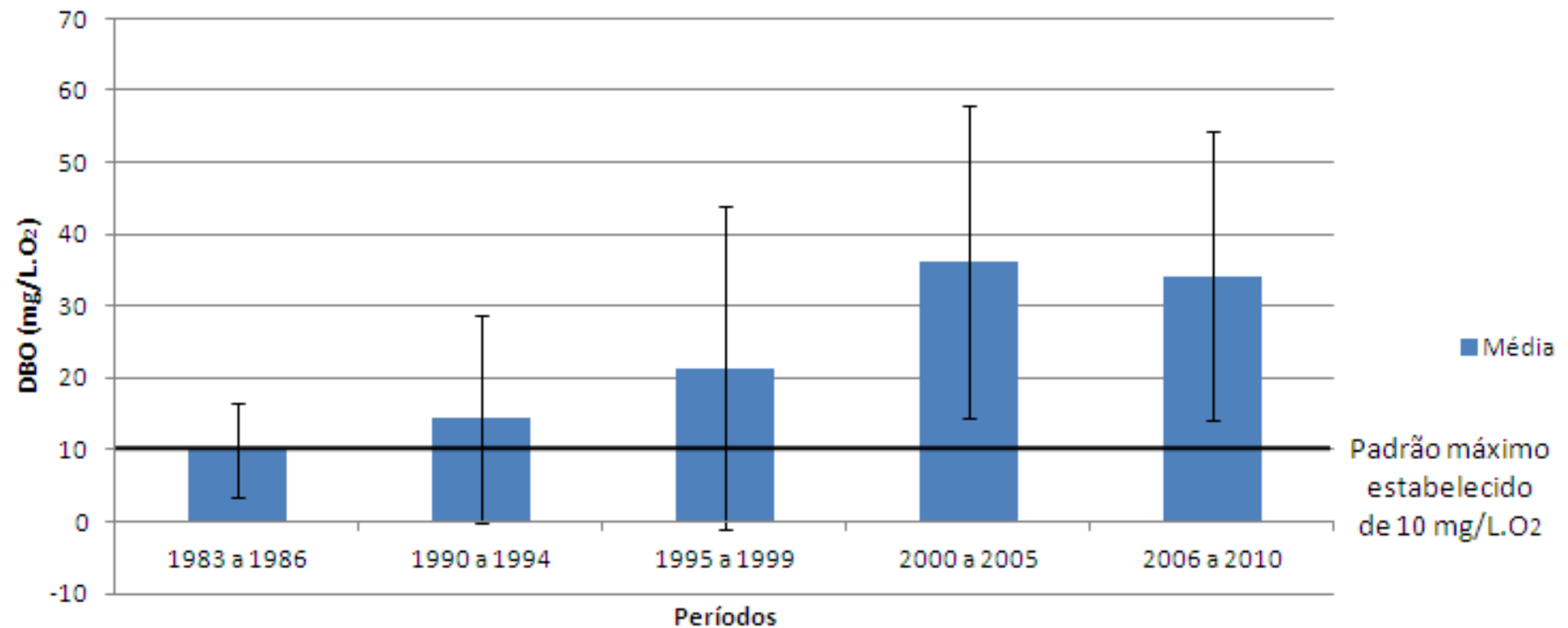


Figura 34: Média anual da demanda bioquímica de oxigênio por período. [- Desvio Padrão.

Concentração de Fósforo por Período

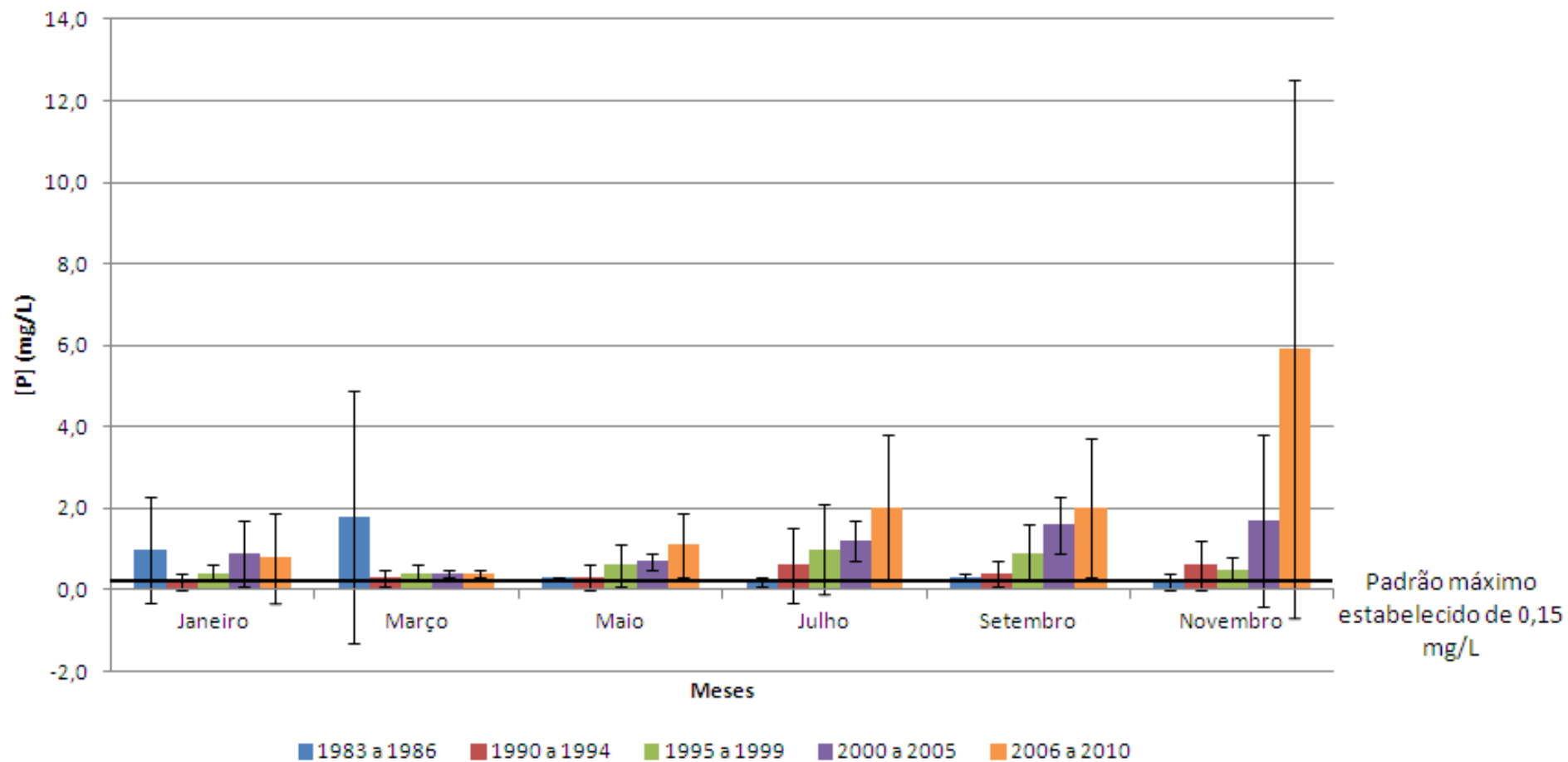


Figura 35: Concentração de fósforo por período. | - Desvio Padrão.

Média Anual da Concentração de Fósforo por Período

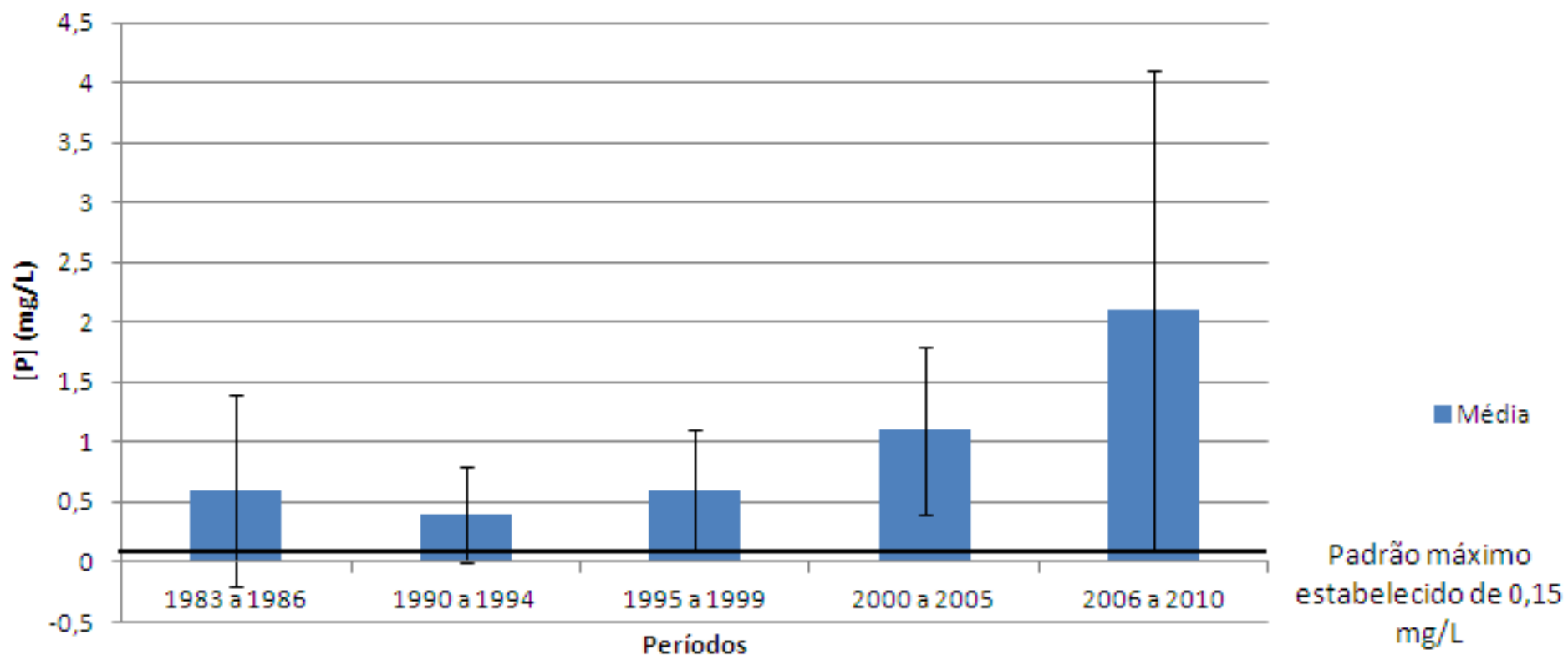


Figura 36: Média anual de concentração de fósforo por período. [] - Desvio Padrão.

Concentração de Nitrogênio Total por Período

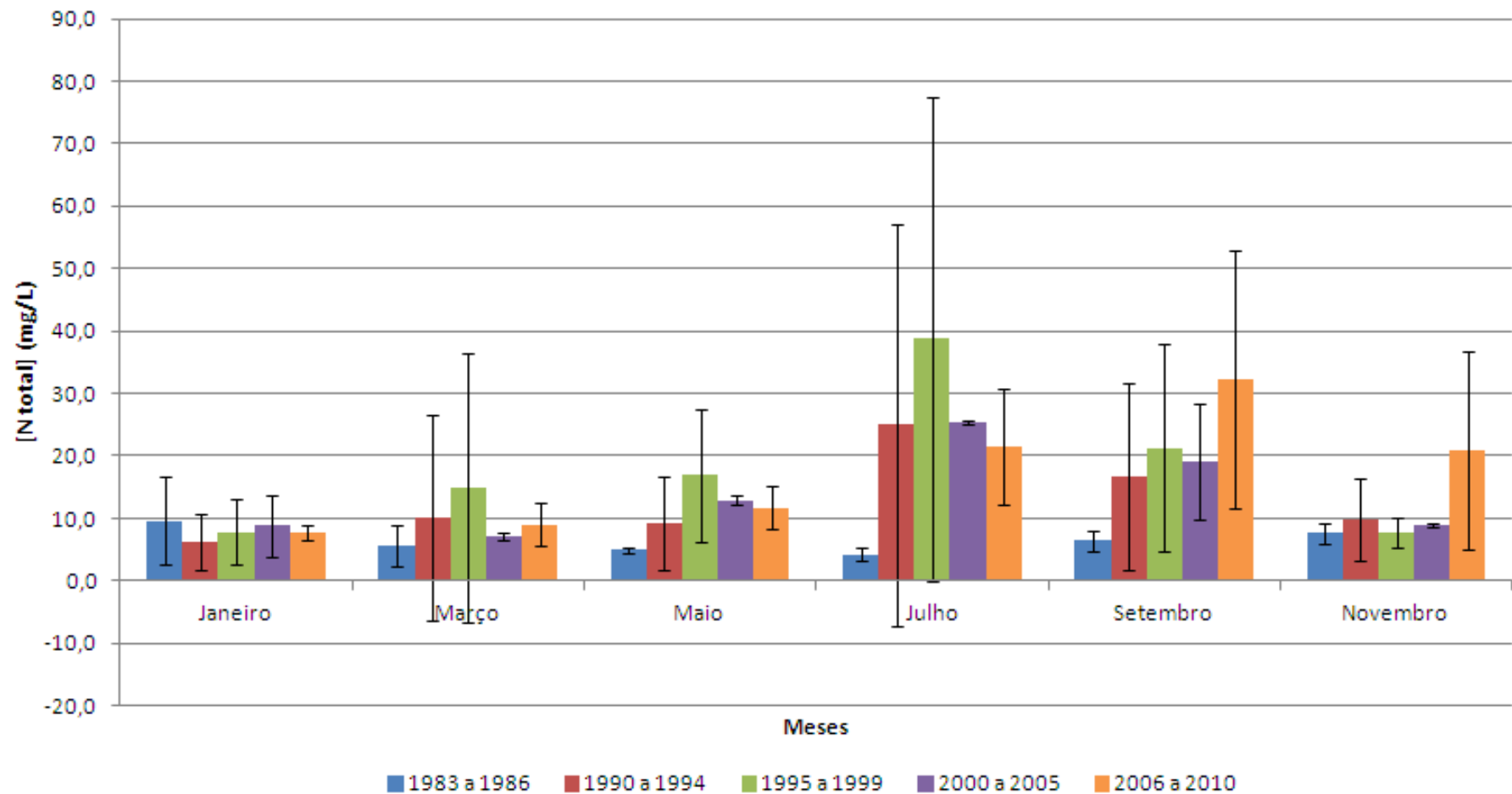


Figura 37: Concentração de nitrogênio total por período. $\square$ - Desvio Padrão.

Média Anual da Concentração de Nitrogênio Total por Período

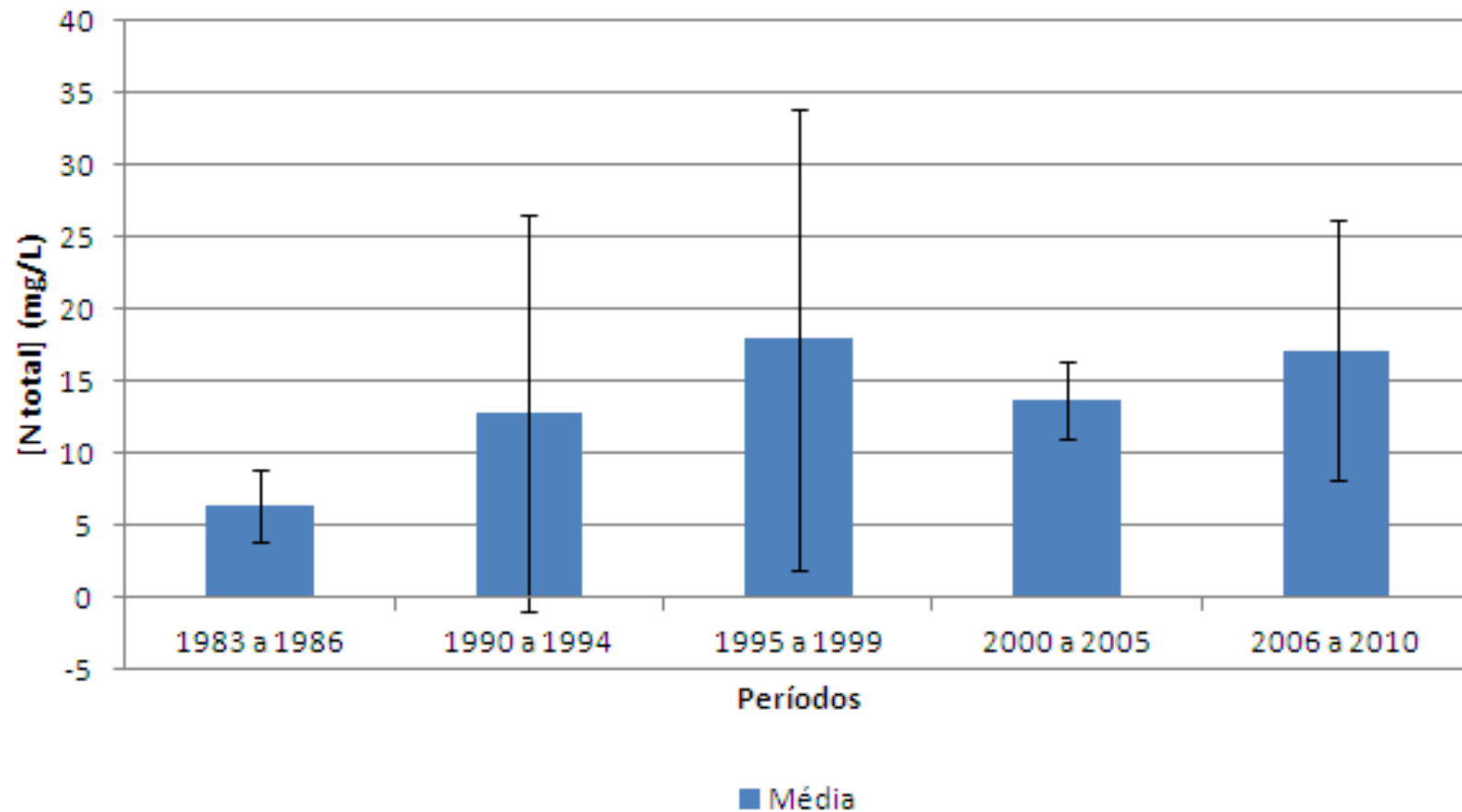


Figura 38: Média anual da concentração de nitrogênio total por período. — - Desvio Padrão.

Coliformes Termotolerantes por Período

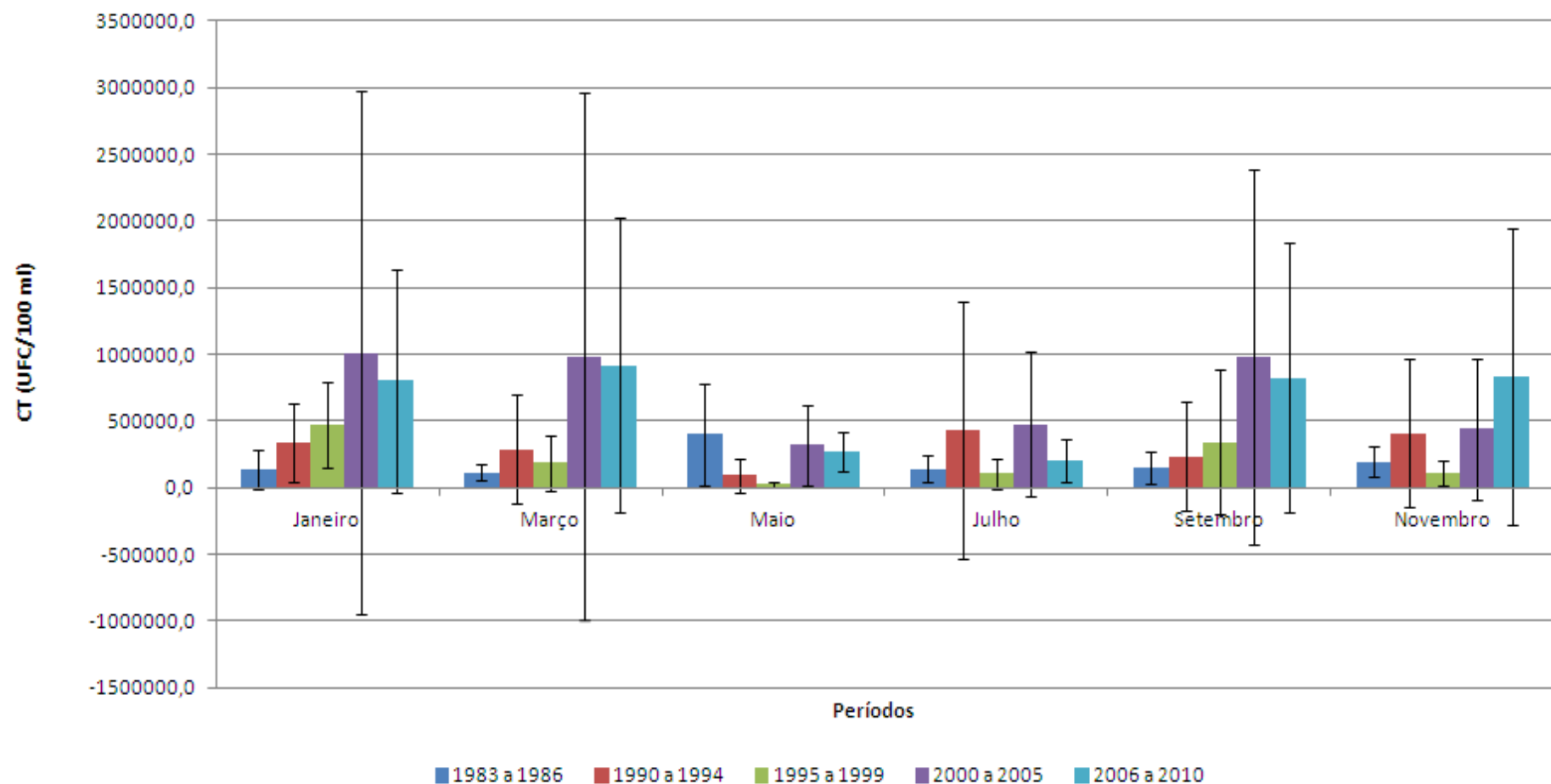


Figura 39: Coliformes termotolerantes por período. Valor máximo permitido: 4000UFC/100ml.

— - Desvio Padrão.

Média Anual dos Coliformes Termotolerantes por Período

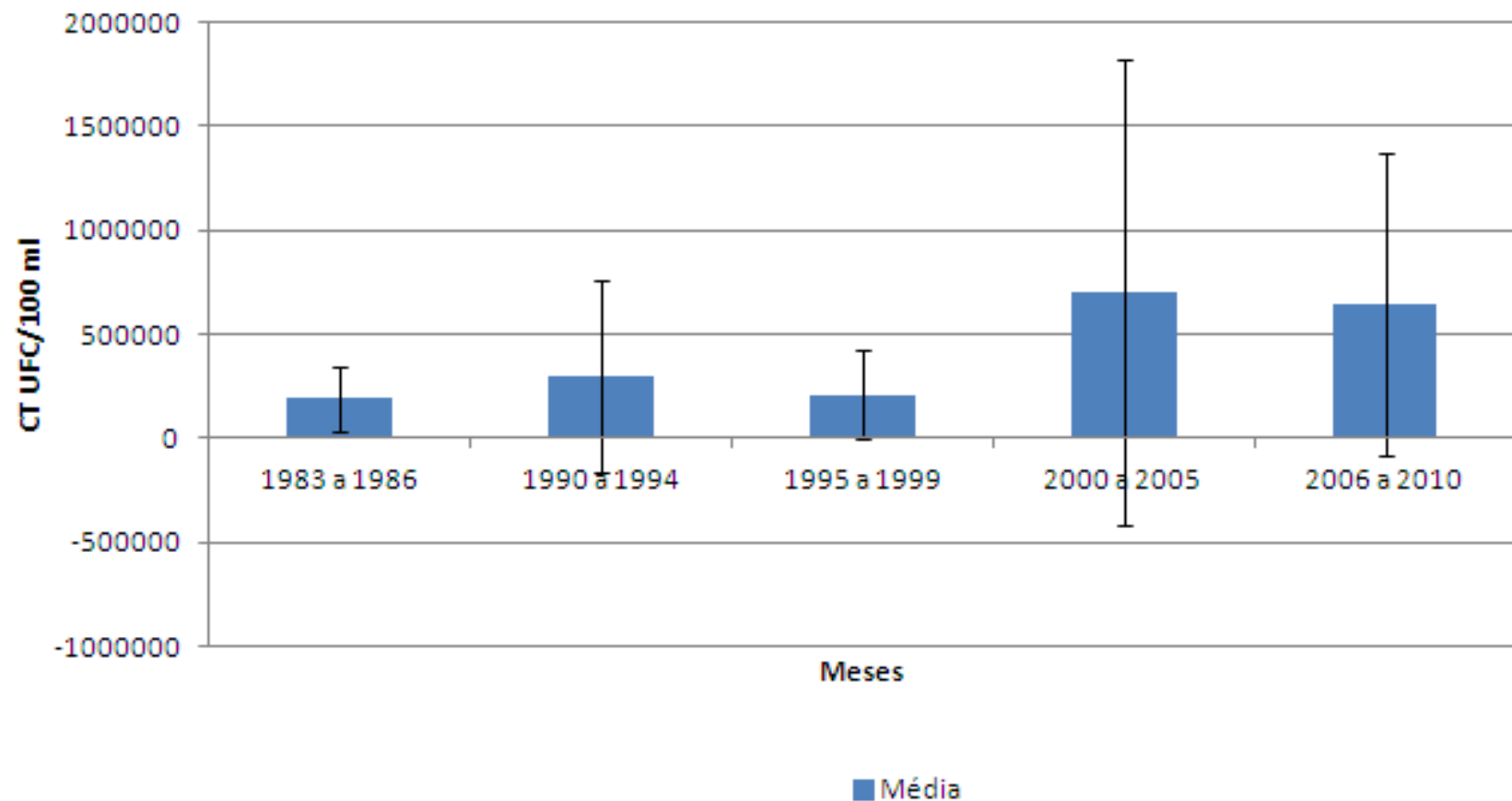


Figura 40: Média anual de coliformes termotolerantes por período.  - Desvio Padrão.

Índice de Qualidade das Águas por Período

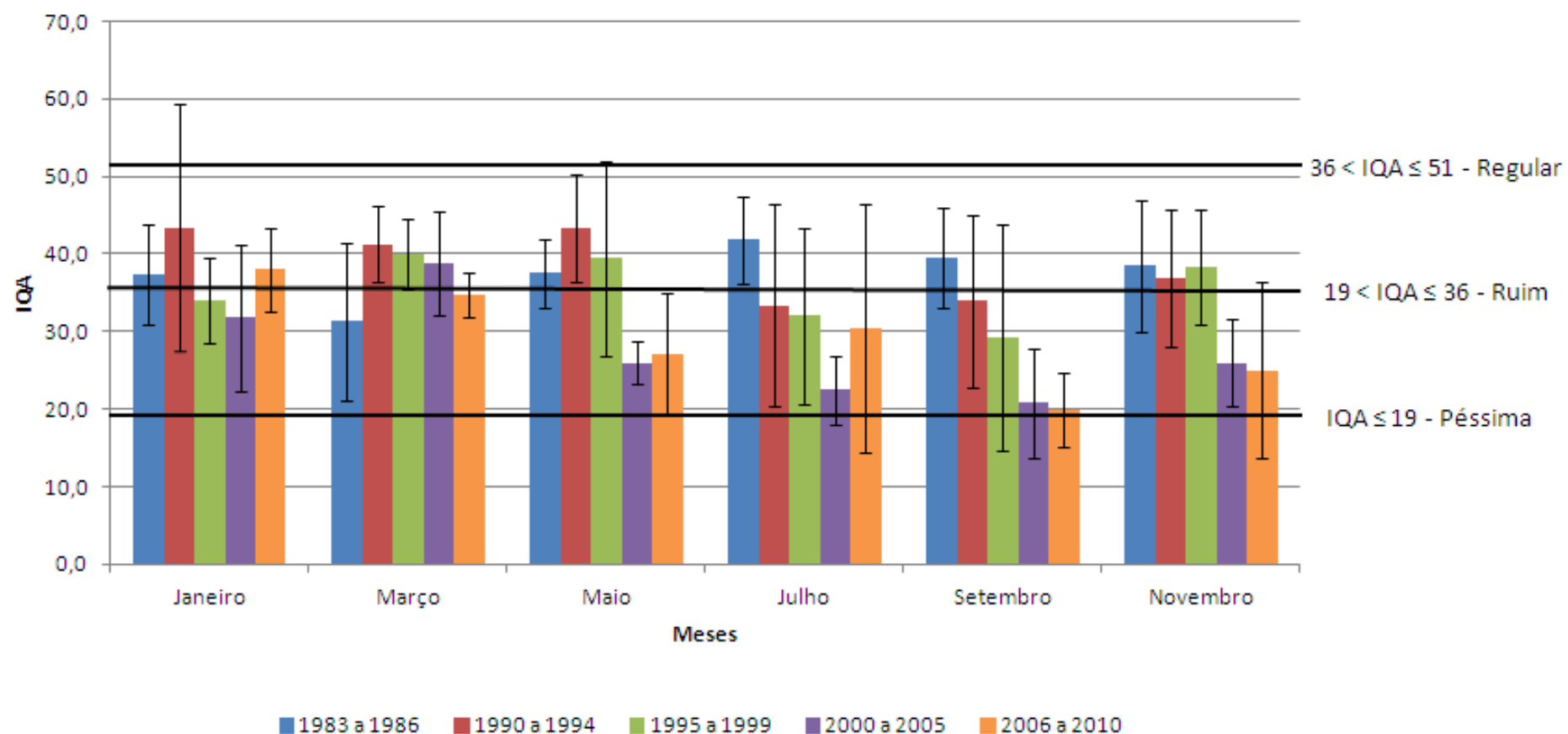


Figura 41: Índice de Qualidade das águas por período. [] - Desvio Padrão.

Média Anual do Índice de Qualidade das Águas por Período

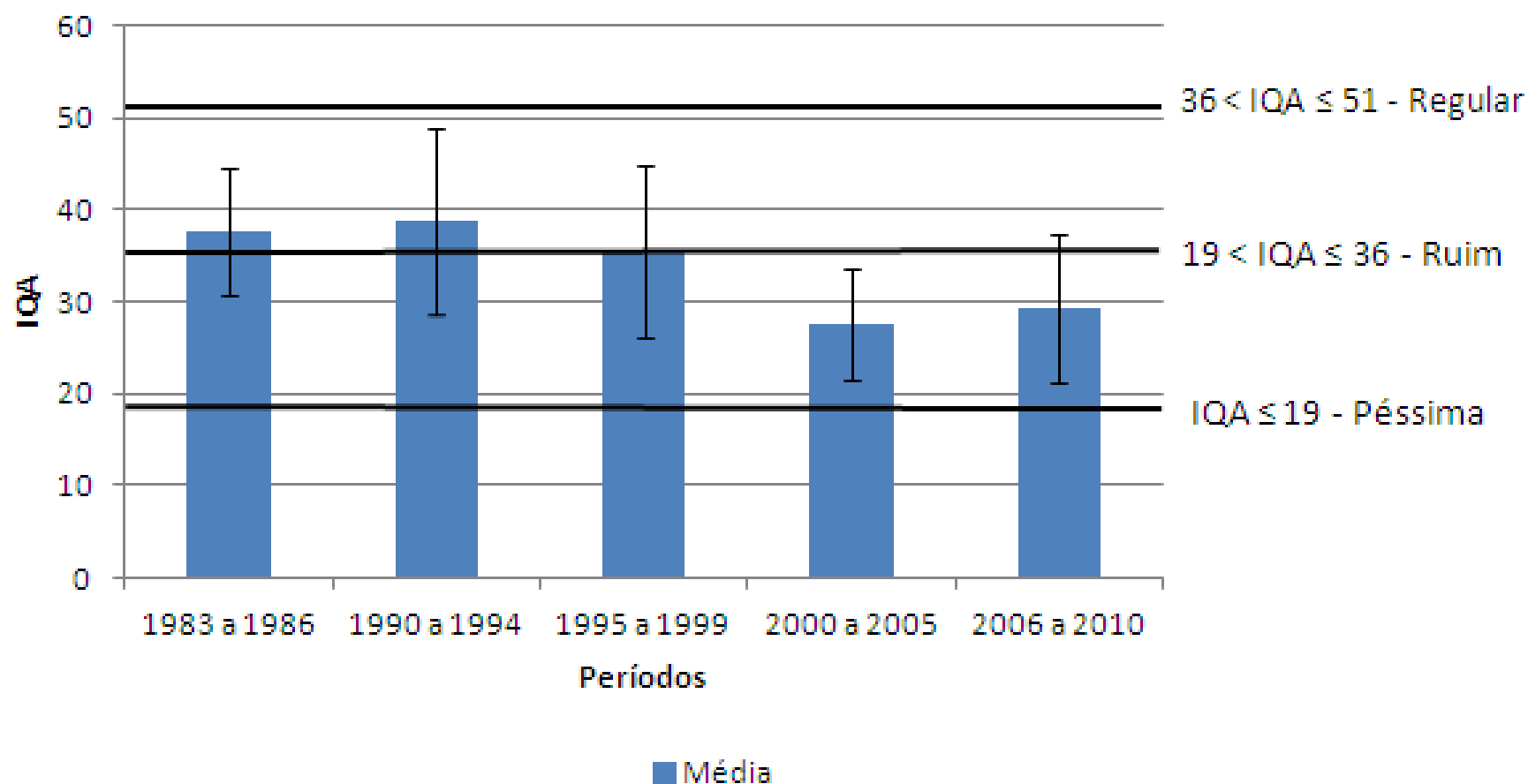


Figura 42: Média anual do Índice de Qualidade das águas por período.

┘ - Desvio Padrão.

Índice do Estado Trófico por Período

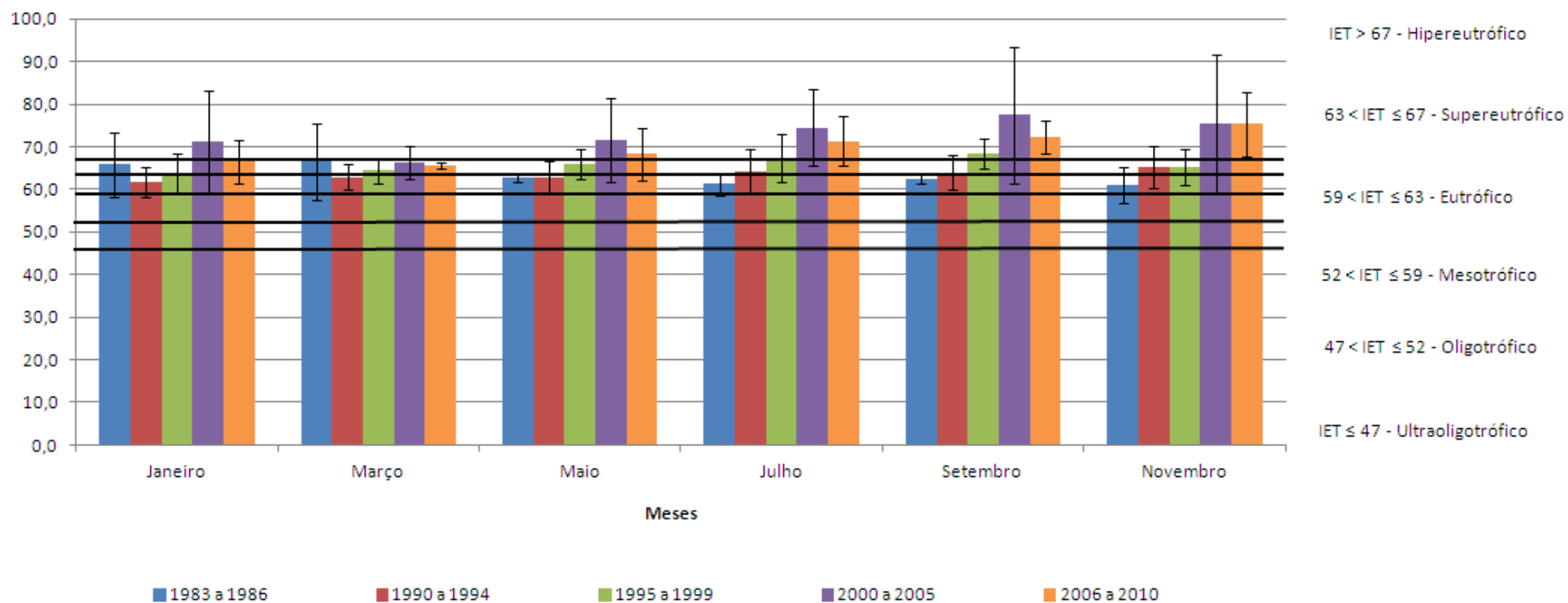


Figura 43: Índice do estado trófico por período. $\lvert$ - Desvio Padrão.

Média Anual do Índice do Estado Trófico por Período

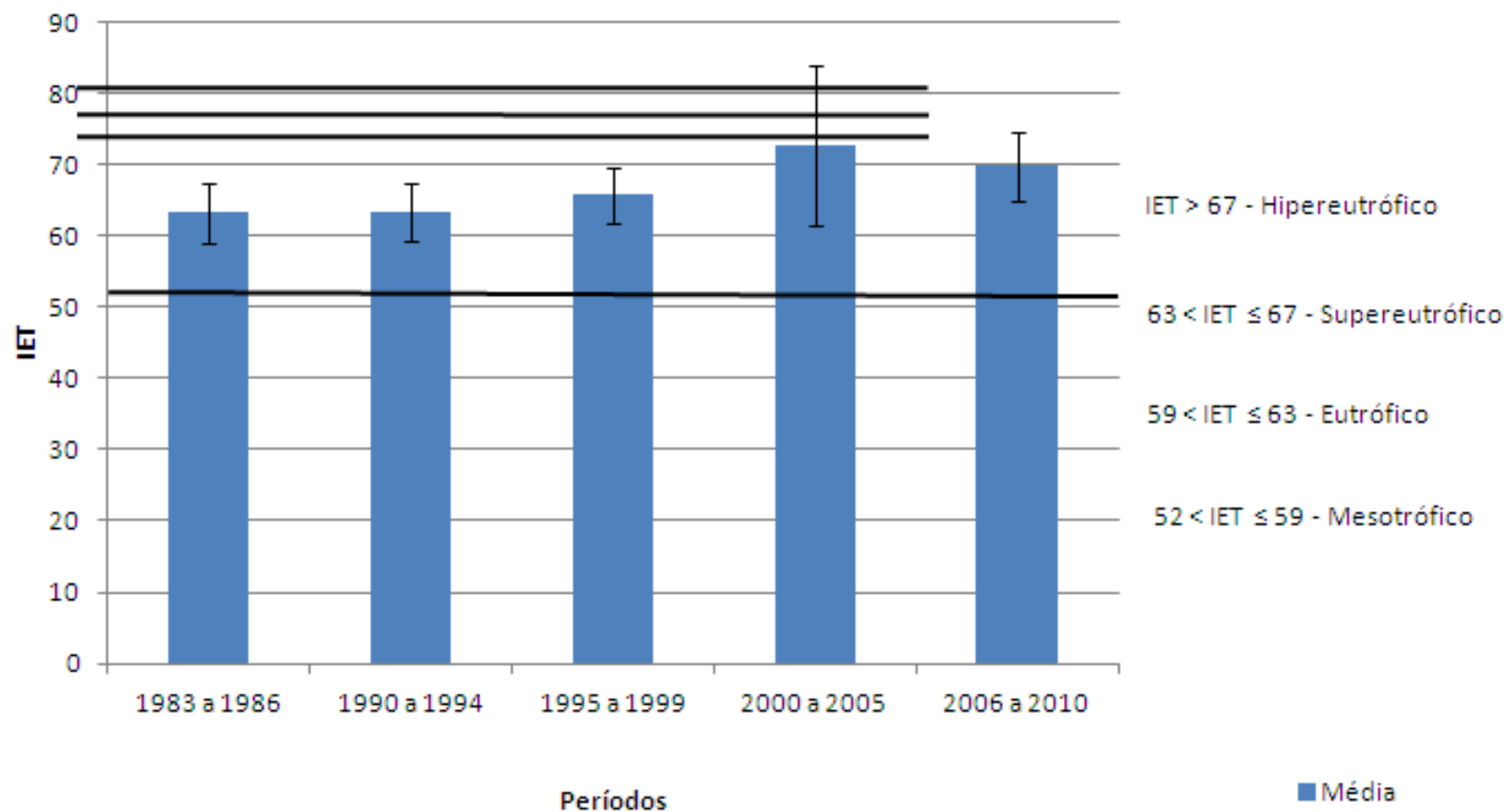


Figura 44: Média anual do Índice do estado trófico por período.

┘ - Desvio Padrão

Ao longo do período de 1983 a 2010, a principal modificação que se observa no uso da terra, com ênfase ao município de Arujá, diz respeito à substituição das classes **campo e agricultura**, ainda preponderantes em 1986, pelas classes **urbano e industrial**.

As concentrações de fósforo total, principal parâmetro componente do cálculo do IET em ambiente lótico, obtidas nos períodos analisados, mostram valores acima do máximo permitido para rios de classe 3, isto é, superiores à 0,15 mg/L (figuras 35 e 36). Dessa forma, consegue-se entender o porquê do IET apontar estágios de eutrofia a hipereutrofia nesse período (figuras 43 e 44).

Ao se analisar as classes de uso da terra identificadas e associá-las às fontes geradoras de concentrações significativas de fósforo, conclui-se que as atividades industriais, as áreas de agricultura e a expansão da mancha urbana, associadas ao saneamento básico deficitário, são os principais fatores causadores dessa degradação.

Com relação ao IQA, conforme pode ser observado nas figuras 41 e 42, os valores obtidos situam-se no intervalo **ruim/regular**, na maior parte dos anos analisados. Os parâmetros que mais contribuíram para atingir essa performance são o fósforo total, a demanda bioquímica de oxigênio (figuras 33 e 34), a concentração de coliformes termotolerantes (figuras 39 e 40) e a concentração de nitrogênio total (figuras 37 e 38), esta última de modo pontual.

Da mesma forma que o IET, as causas apontadas para os valores registrados de IQA estão associadas ao saneamento básico deficitário que se verifica nos municípios de Arujá e Guarulhos, de longa data.

Especula-se, qual o nível de atenuação que a operação da ETE, localizada na margem direita do Rio Baquirivu-Guaçu (Figura 45), desempenharia na qualidade de suas águas durante esses últimos anos.

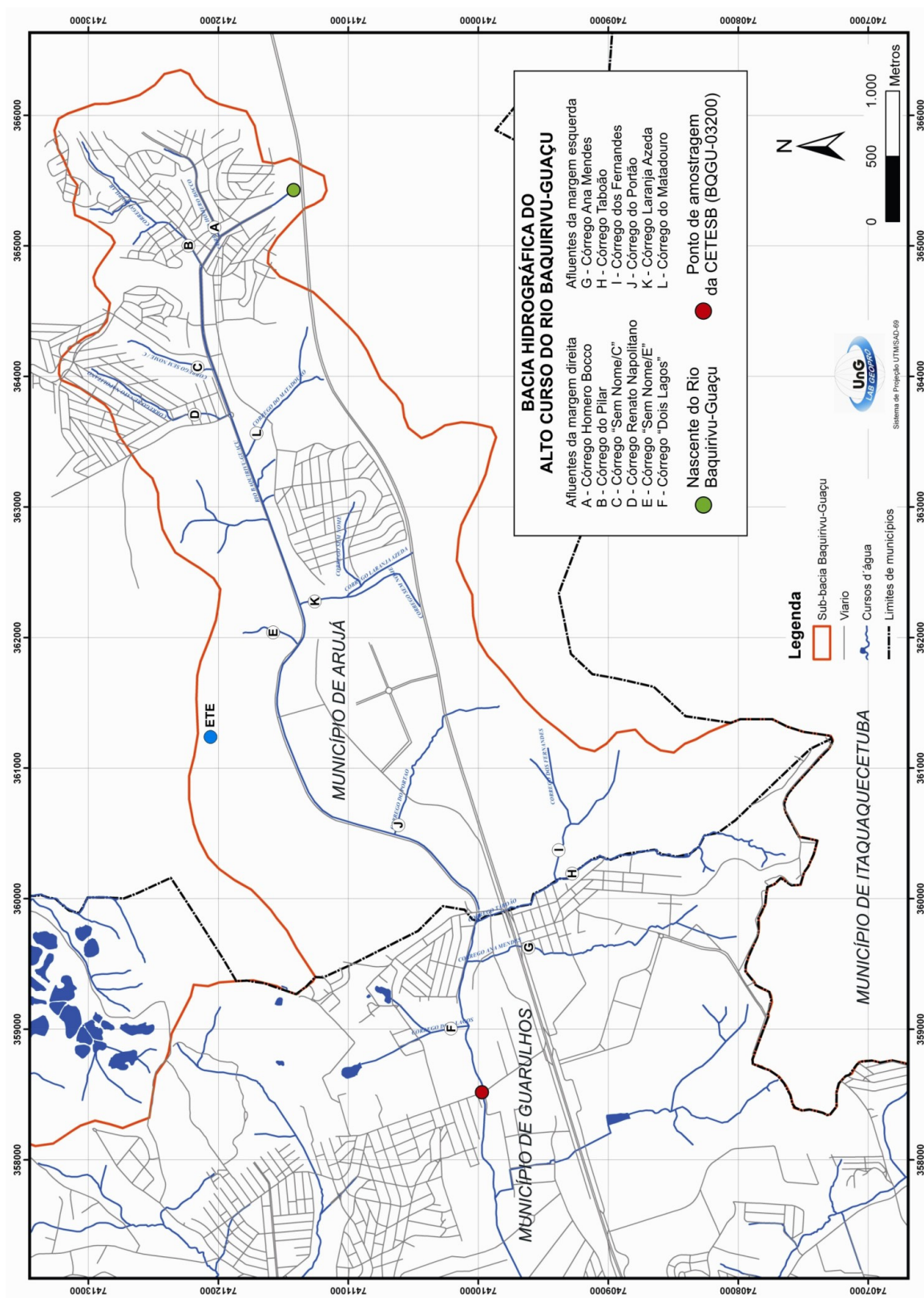


Figura 45: Localização da estação de tratamento de esgoto (ETE), no município de Arujá.

Ao interpretar-se esse cenário, tem-se, na primeira versão da PCA, que os autovalores dos vetores das variáveis pH, turbidez, temperatura e resíduo total eram muito baixos e pouco influenciaram a distribuição dos pontos, de forma que decidiu-se não considerar seus valores. Além disso, foram eliminados dois *outlayers* (coletas de outubro e dezembro/1989), que causaram um adensamento dos dados e dificultaram um pouco a visualização da distribuição dos pontos. Após esses ajustes, procedeu-se a segunda versão da PCA apenas com os valores de OD, DBO_{5,20}, fósforo total e coliformes termotolerantes, com conseqüente aumento do seu poder de explicação em relação à primeira versão. Por fim, classificou-se os pontos em quatro séries de anos para auxiliar na interpretação da variação temporal do comportamento das variáveis, sendo a primeira série temporal de 1983 a 1989, a segunda de 1989 a 1997, a terceira de 1998 a 2005 e a quarta de 2006 a 2010.

O gráfico da PCA resultante indica que houve alteração do comportamento das variáveis desde 1983 a 2010, com progressiva piora dos indicadores ao longo do tempo (Figura 46). De modo geral, há essencialmente dois cenários em termos das condições de qualidade da água: o primeiro, de 1983 a 1997, em que os valores das variáveis estão em níveis indicadores de melhores condições (IQA – regular; IET – eutrófico) e o segundo, de 1998 a 2010, em que houve sensível piora na qualidade da água (IQA – ruim; IET – hipereutrófico). A causa desta situação deve estar, sobretudo, associada à intensa expansão urbana na Bacia Hidrográfica do rio ao longo dos anos, sem o devido planejamento em termos de saneamento básico.

Como tais variáveis são indicadoras principalmente de poluição por esgoto doméstico, nota-se que as condições da qualidade da água degradaram-se significativamente com o progressivo aumento da carga de efluentes sem tratamento prévio. Embora em 2004 tenha sido concluída a implantação e iniciada a operação de uma estação de tratamento de esgoto (ETE - Arujá), distante 3.700 m a montante do ponto de monitoramento da CETESB, observa-se que o seu efeito, por enquanto, foi apenas o de desacelerar o ritmo de degradação da água, pois não há diferença significativa na distribuição dos dados na PCA entre as séries de 1998 a 2005 e de 2006 a 2010. Portanto, percebe-se que por enquanto a ação de recuperação da bacia concentrou-se apenas no tratamento do efeito da degradação da qualidade da água, e sua real causa, ou seja, a ocupação sem planejamento e o descarte de esgoto direto no rio, parece ainda não ter sido suficientemente sanada. Tendo isso

em vista, é bastante provável que se o descarte de esgoto doméstico continuar no mesmo nível atual e nenhuma outra intervenção importante for empregada, o benefício proporcionado pela ETE em operação será a manutenção do cenário de degradação sem piora nem melhora da qualidade da água.

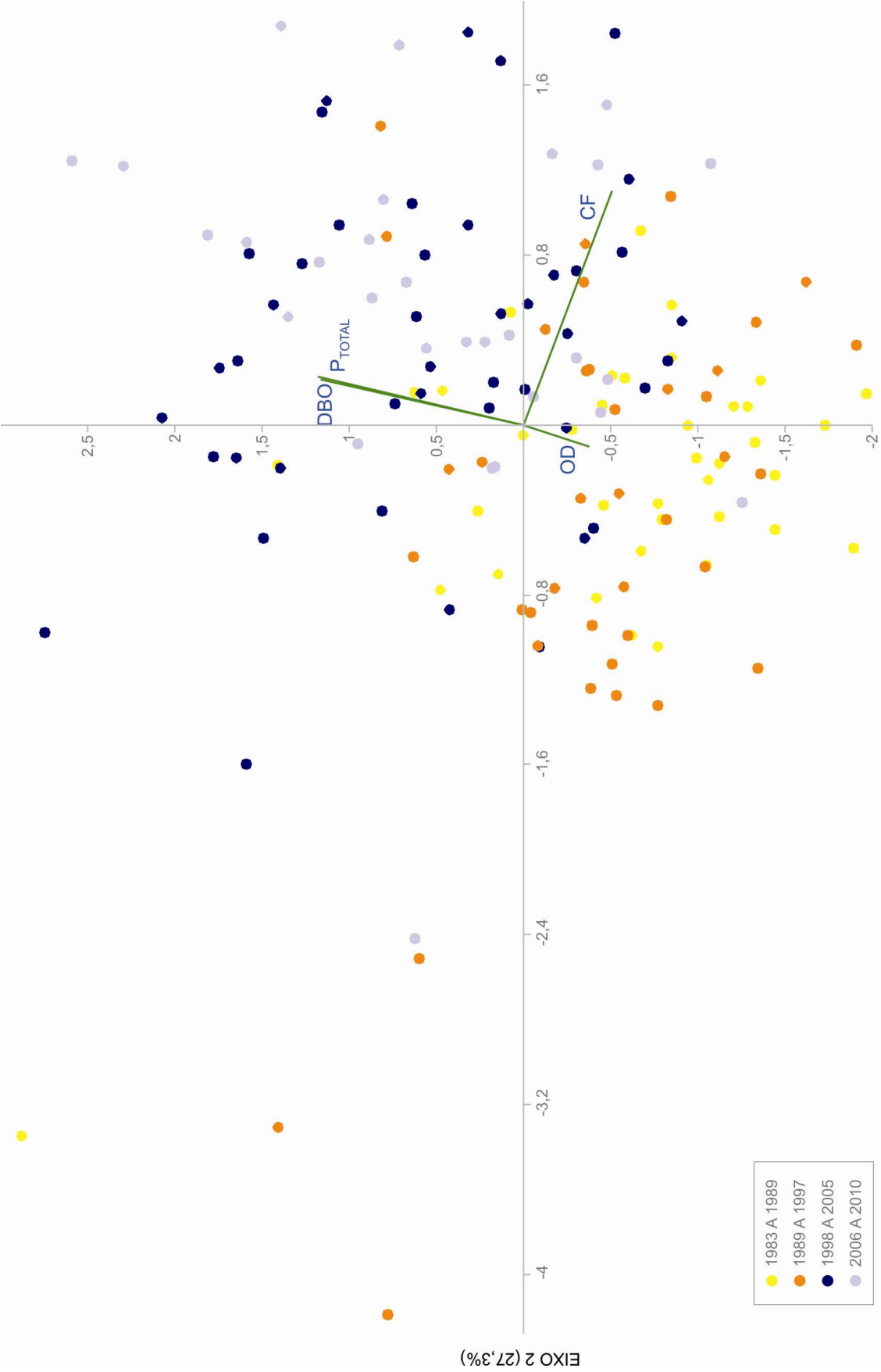


Figura 46: Análise de Componentes Principais (PCA) com a subdivisão de quatro séries temporais e valores das variáveis transformados com $\log(x)+1$.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa a respeito do comportamento da qualidade dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, no município de Arujá e parte do município de Guarulhos, frente ao processo de uso da terra, no período de 1983 a 2010, atingiu satisfatoriamente os objetivos pretendidos.

Os métodos e as técnicas empregados mostraram-se eficazes para a interpretação dos resultados obtidos, notadamente quando analisados de forma integrada, por meio de estudos estatísticos (PCA).

O Índice de Qualidade de Água – IQA e o Índice de Estado Trófico – IET, utilizados pela CETESB no monitoramento da qualidade das águas, refletiram os estágios de evolução da degradação ambiental em que a área de estudo se encontra atualmente.

De fato, a Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu é classificada como de classe 3, de acordo com os Artigos 3º e 4º inciso IV da Resolução CONAMA nº 357, de 2005. Dessa forma, em princípio, suas águas poderiam ser destinadas:

- a. ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b. à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c. à pesca amadora;
- d. à recreação de contato secundário; e
- e. à dessedentação animal.

No entanto, quando se analisa a qualidade requerida para cada um dos destinos acima mencionados (SPERLING, 2009, p. 46), percebe-se que a Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, notadamente no município de Arujá, não possui as condições mínimas exigidas, pois apresenta aspecto desagradável (cor e odor), presença de substâncias químicas e de organismos prejudiciais à saúde.

Dentre os parâmetros analisados e que se mostraram acima dos valores máximos permitidos ao longo do período abrangido (1983 – 2010), destacam-se o fósforo total, a demanda bioquímica de oxigênio e os coliformes termotolerantes. Esses parâmetros, por sua vez, têm seus altos índices relacionados às modificações do uso da terra, haja vista que, gradativamente, a classe *campo/agricultura* cedeu espaço para a classe *urbano/industrial*, sem que, na mesma velocidade a

infraestrutura sanitária contemplasse a coleta e o tratamento dos esgotos domésticos e dos despejos líquidos industriais.

A estação de tratamento de esgoto (ETE- Arujá), localizada na área de estudo, começou a operar somente no segundo semestre de 2004. Os resultados obtidos evidenciam que o processo contínuo de eutrofização verificado ao longo do período compreendido entre os anos de 1998 e 2005, teve uma desaceleração no ritmo de degradação da água a partir de 2006 e manteve-se nesse patamar pelo menos até 2010.

Finalizando, recomenda-se a continuação desses estudos, que contemple os anos de 2011 e 2012. Ao mesmo tempo, devem ser estimuladas pesquisas relacionadas à saúde pública no município de Arujá, tendo em vista que, trabalhos recentes realizados pela Universidade Guarulhos – UnG, mostram a presença de bactérias dos grupos *clostridium perfringens*, coliformes termotolerantes e estreptococos fecais em vários tributários do Rio Baquirivu-Guaçu.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Indicadores de Qualidade das Águas*. Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (<http://pnQA.ANA.gov.br/IndicadoresQA.aspx>, acessado em Maio de 2012).

BEDANI, E. F. *Paisagem Natural Paleógena da Bacia Sedimentar de São Paulo, no Município de Guarulhos, Estado de São Paulo*. 2008. 101f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

BRAILE, J.; CAVALCANTI, A. C. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias*. São Paulo: CETESB, 1993.

BRANCO, S. M. Água e o Homem. *Hidrologia Ambiental*, v. 3, 1986. p. 34 – 48.

BRASIL. *Constituição do Estado de São Paulo*, promulgada em 05 de outubro de 1989.

BRASIL. *Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934*. Institui o Código de Águas. Diário Oficial da União, Rio de Janeiro, 11 de julho de 1934, retificado em 27 de julho de 1934.

BRASIL. *Lei CONAMA nº 430*. Ministério do Meio Ambiente (www.mma.gov.br, acessado em Agosto de 2011).

BRASIL. *Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005*. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos do domínio do Estado de São Paulo, os procedimentos para fixação dos seus limites, condicionantes e valores. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 30 de dezembro de 2005.

BRASIL. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Institui o Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de setembro de 1965.

BRASIL. *Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991*. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como, ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 31 de dezembro de 1991.

BRASIL. *Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994*. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 28 de dezembro de 1994.

BRASIL. *Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976*. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. Diário Oficial do Estado de São Paulo, 08 de setembro de 1976.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.

CAMPOS, D. C. *Inundações: problemas ou fenômenos naturais? A ocupação das várzeas dos principais rios no Alto Tietê e a reprodução deste modelo urbano na Bacia do Rio Baquirivu-Guaçu, Guarulhos, SP*. 2011. 224f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2011.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. *Clima dos Municípios Paulista* (www.cpa.unicamp.br, acessado em 28/11/2012).

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, SP*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1983 – 2011.

CONFALONIERI, U.; HELLER, L.; AZEVEDO, S. Água e Saúde: aspectos globais e nacionais. In: **Águas do Brasil: análises estratégicas** (BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. organizadores). São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. P. 27 - 42.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*, 2nd ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de sensoriamento remoto. *Revista Instituto de Geociências*, UNICAMP, 1992. 170p.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

FONSECA, L. M. G. et al. *Processamento Digital de Imagens*. São José dos Campos: INPE, 2000.

GALLI, C.C.; ABE, D. S. Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas. In: Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J. G.; Schenenstuht (orgs.). *Águas do Brasil: analyses estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 165 – 178.

GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 394p.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

LAMPARELLI, M. C. *Grau de Trofia em Corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. 2004. 130f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2004.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical Ecology*. 2nd Ed., Elsevier. 2004, 853p.

MACÊDO, J. *Águas e águas*. São Paulo: Varela, 2007. 505p.

MACHADO, P. A. L. *Direito Ambiental Brasileiro*. 18ª edição. São Paulo: Malheiros Editores, 2010.

MILARÉ, E.. *Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco - doutrina, jurisprudência, glossário*. 6.ª edição. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009. 1343 p.

PIASENTIN, A. M. *Índice de Qualidade da Água – IQA da Baía Contribuinte do Reservatório Tanque Grande, Município de Guarulhos, SP*. 2008. 127f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. *Qualidade das águas e Poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo: ABES, 2005.

RIVELLI, E. A.L. Evolução da Legislação Ambiental no Brasil: Políticas de Meio Ambiente, Educação Ambiental e Desenvolvimento Urbano. In: PHILIPPI JR; A. et al. *Educação Ambiental e Sustentabilidade*. São Paulo: Manole, 2005. p. 285-302.

SÉGUIN, E. *Direito ambiental: nossa casa planetária*. 3.ª edição. Rio de Janeiro: Forense, 2006.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Belo Horizonte: DESA/UFMG. 2005. 452p.

SPERLING, M. V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. 2ª Ed. Belo Horizonte: UFMG. 1996. 243p.

STANFINI, E.; MARQUES, M. *Bioindicadores de Contaminação Fecal no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Baquirivu-Guaçu, Arujá (SP)*. 2011. 80f. Relatório Final (Iniciação Científica em Meio Ambiente) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2011.

Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

TUCCI, C.E.M. Urbanização e Recursos Hídricos In: **Águas do Brasil**: análises estratégicas (BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. organizadores). São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. P. 113 – 132.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA – TUNDISI, T. Ciência, Tecnologia, Inovação e Recursos Hídricos: oportunidades para o futuro. In: **Águas do Brasil**: análises estratégicas (BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. organizadores). São Paulo>: Instituto de Botânica, 2010. P. 179 – 200

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA – TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

ANEXO I:

Dados referentes ao IQA e IET nos períodos de
1983 a 1986 e 1990 a 2010

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3											Ano: 1983
Parâmetros/Índices	#Padrão	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	5,9	4,7	4,1	6,6	7	5,9			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	170000	130000	130000	230000	310000	330000			
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	790000	490000	330000	490000	1700000	1300000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,2	6,3	6,1	6,4	7,2	6,2			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	4	2	16	2	11	2			
Temperatura		°C	24	27	23	18	17	23			
Fósforo Total		mg/L	0,165	0,215	0,255	0,42	0,21	0,125			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	16	1,4	3,2	2,2	2,5	1,8			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,45	1	0,6	0,74	1,4	0,06			
Nitrato	máximo 1,0	mg/L	0,12	0,16	0,16	0,18	0,05	0,01			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	3,28	1,74	1,3	1,58	2,35	5,2			
Nitrogênio Total		mg/L	19,4	3,3	4,66	3,96	4,9	7,01			
Turbidez		UNT	50	120	50	170	95	150			
Sólidos totais		mg/L	232	254	166	759	230	764			
IET			60	62	63	65	62	59			
IOA			41	38	35	36	45	36			

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1983)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)	
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas	
Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1984
Parâmetros/Índices	#Padrão	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,4	0	4,7	5,4	6,5	5,9		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	70	23000	490000	70000	110000	230000		
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	1100	49000	700000	1300000	3300000	7900000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U,pH	6,3	6,1	6,7	7,1	6,4	7,7		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	27	10	11	8	5	4		
Temperatura		°C	23	25	21	21	26	25		
Fósforo Total		mg/L	2,95	6,5	0,225	0,155	0,19	0,085		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,7	1,3	4,2	3,3	3,2	6,2		
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,35	0,24	2,5	3,3	0,7	4		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,04	0,06	0,21	0,23	0,15	0,005		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,76	1,9	0,95	0,19	1,85	0,28		
Nitrogênio Total		mg/L	4,5	3,26	5,36	3,72	5,2	6,49		
Turbidez		UNT	72	1400	43	25	40	25		
Sólidos totais		mg/L	4940	8000	285	112	210	132		
IET			75	80	62	60	61	57		
IOA			38	17	39	48	45	48		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1984)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1985	
Parâmetros/Índices	#Padrão	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,4	5,1	5,5	2,6	3,5	4,9			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	330000	130000	80000	220000	230000	70000			
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	1700000	300000	500000	500000	300000	700000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7,1	5,8	7,1	7	6,8	6,5			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	15	5	6	4	23	13			
Temperatura		°C	28	25	18	21	17	24			
Fósforo Total		mg/L	0,825	0,215	0,23	0,18	0,355	0,18			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	8,5	1,2	2,5	5,7	6,5	5,1			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	1,7	1	1,9	5	4,7	3			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,09	0,13	0,2	0,02	0,09	0,08			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	1,47	4,37	1,48	0,1	0,31	1,52			
Nitrogênio Total		mg/L	10,1	5,7	4,18	5,82	6,9	6,7			
Turbidez		UNT	310	69	75	28	40	30			
Sólidos totais		mg/L	1170	298	230	144	216	209			
IET			69	62	62	61	64	61			
IOA			28	39	43	38	34	42			

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1985)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1986
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	3,8	4,2	4	4,1	3,3	2,9		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	50000	170000	900000	50000	170000	140000		
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	800000	300000	1400000	130000	800000	2300000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7,9	6	6,5	6,6	6,5	6,7		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	9	6	13	5	12	27		
Temperatura		°C	24	26	22	19	21	30		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,135	0,21	0,33	0,12	0,255	0,6		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	4	1,6	4,5	3,2	7,8	10		
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	3	0,62	2,2	2,9	5,3	4,7		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,04	0,12	0,04	0,03	0,03	0,01		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,24	8,28	0,7	0,13	0,73	0,07		
Nitrogênio Total		mg/L	4,28	10	5,24	3,36	8,56	10,08		
Turbidez	máximo 100	UNT	25	110	65	20	29	6,9		
Sólidos totais		mg/L	314	321	276	97	171	290		
IET			59	62	64	59	63	67		
IQA			42	31	33	45	34	28		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1986)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1990
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,1	4,7	4,8	3,4	3	3,8		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	230000	1300000	300000	70000	80000	500000		
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	2300000	5000000	300000	1700000	300000	8000000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,5	6,7	6,8	6,5	6,6	6,9		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	8	5	6	8	44	30		
Temperatura		°C	23	28	23	21	27	30		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,145	0,75	0,2	0,335	0,19	1,9		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	1,5	1	4,4	19	5,4	4,7		
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,1	0,77	3,4	6,4	4,2	0,14		
Nitrato	máximo 1,0	mg/L	0,15	<0,005	<0,005	0,03	<0,005	<0,005		
Nitrogênio Total	máximo 10,0	mg/L	4,8	0,3	1,66	0,25	1,4	7		
Turbidez	máximo 100	UNT	120	80	50	27	66	52		
Sólidos totais		mg/L	356	294	213	161	142	192		
IET			60	68	61	64	61	73		
IQA			31	38	40	35	27	25		
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1990)										

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrofico	59 < IET ≤ 63
Supereutrofico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrofico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1991	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	5	**	4,2	**	3,7	5,1			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	30	230000	70000	22000	23000	500000			
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	500000	800000	500000	300000	350000	3000000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,9	6,3	6,3	6,1	6,4	7			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	5	5	14	4	10	6			
Temperatura		°C	29	29	20	17	21	20			
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,188	0,17	0,9	0,13	0,15	0,165			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	0,8	2,9	5	4,9	5,5	4,1			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,09	0,57	2,3	3,3	4,3	4,1			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	<0,005	<0,005	0,04	0,05	0,07	0,05			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,24	3,04	0,96	0,91	0,47	0,41			
Nitrogênio Total		mg/L	1,05	5,95	6	5,86	6,04	4,56			
Turbidez	máximo 100	UNT	17	69	85	28	27	29			
Sólidos totais		mg/L	217	216	508	190	178	141			
IET			61	61	69	59	60	60			
IQA			71	**	29	**	41	43			
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1991)											

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	junho	julho	setembro	Ano: 1992	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	6,1	6,2	5	3,8	3	2,9	
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	50000	130000	22000	300000	80000	500000	
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	300000	800000	230000	500000	800000	2800000	
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7	6,9	6,8	6,4	6,9	6,5	
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	6	4	2	9	17	22	
Temperatura		°C	21	23	18	16	18	22	
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,115	0,14	0,125	0,85	0,105	0,26	
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	5,1	1,6	3	19	4	1,5	
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,25	0,53	0,07	4,4	0,46	0,6	
Nitrato	máximo 1,0	mg/L	0,01	0,06	0,02	0,08	0,07	0,03	
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,37	1,26	0,54	2,6	0,71	0,91	
Nitrogênio Total		mg/L	5,48	2,92	3,56	21,7	4,78	2,44	
Turbidez	máximo 100	UNT	22	68	11	230	29	200	
Sólidos totais		mg/L	157	151	101	2690	158	824	
IET			59	60	59	69	58	63	
IOA			49	45	52	23	35	24	

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1992)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1993	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,5	**	5,1	6,2	5,2	4,4			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	170000	50000	23000	13000	30000	35000			
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	3000000	500000	500000	50000	7000	170000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,4	6,9	7,6	7,1	7	6,9			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	11	6	14	6	16	6			
Temperatura		°C	21	28	21	20	16	20			
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,265	0,195	0,08	0,11	0,18	0,22			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	0,5	2,2	1,5	3,9	4,7	6,9			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,16	0,45	0,2	3,6	0,24	6,8			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,03	0,08	0,03	0,038	0,03	0,01			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,75	1,68	0,41	0,12	0,51	1,59			
Nitrogênio Total		mg/L	3,28	3,96	1,94	4,06	5,24	8,5			
Turbidez	máximo 100	UNT	210	38	30	20	25	30			
Sólidos totais		mg/L	478	168	141	126	209	195			
IET			63	61	57	58	61	62			
IQA			29	**	47	54	42	42			
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1993)											

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									Ano: 1994	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	6,1	6	6,1	0	4,7	2,8		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	8,00E+03	30000	23000	80000	13000	500000		
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	5,00E+05	230000	300000	3000000	230000	1700000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7	7,1	7,7	6,9	7,1	7,2		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	4	4	5	58	13	24		
Temperatura		°C	19	21	20	18	15	26		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,115	0,195	0,135	0,24	0,6	0,95		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,1	5,5	4,3	5,7	28	7,9		
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	0,11	0,57	0,36	0,18	0,54	0,6		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,29	0,13	0,17	<0,005	0,05	17		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	3,07	2,47	0,59	<0,02	0,61	<0,02		
Nitrogênio Total		mg/L	6,46	8,1	5,06	5,73	28,66	24,92		
Turbidez	máximo 100	UNT	19	40	24	22	25	30		
Sólidos totais		mg/L	127	407	135	164	165	264		
IET			59	61	59	62	67	70		
IQA			55	46	51	19	36	25		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1994)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									Ano: 1995	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	5,1	5,3	5,7	6,2	0,9	4,8		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	230000	500000	23000	230000	1300000	230000		
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	500000	500000	300000	800000	8000000	300000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,5	6,9	7,2	6,8	7,4	6,9		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	**	2	11	8	60	6		
Temperatura		°C	21	25	18	19	16	7		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,17	0,16	0,312	0,255	0,972	0,75		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	16	2,3	20	4,5	20	3,2		
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	11	0,26	0,8	0,84	9	3,2		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,59	0,06	<0,01	<0,01	12,4	0,06		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,23	1,26	5,8	0,54	1	1,44		
Nitrogênio Total		mg/L	16,82	3,57	25,81	5,05	33,4	4,7		
Turbidez	máximo 100	UNT	30	27	35	20	35	40		
Sólidos totais		mg/L	280	206	125	121	233	528		
IET			61	60	64	63	70	68		
IQA			**	47	40	43	16	36		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1995)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrofico	59 < IET ≤ 63
Supereutrofico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrofico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	Ano: 1996	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	3,8	5,2	5,2	8	3,4	novembro	4,3
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	800000	70000	13000	230000	170000		800
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	11000000	1300000	500000	2300000	500000		3000
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,5	6,6	7	6,9	7		6,8
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	7	4	4	11	27		13
Temperatura		°C	25	22	21	17	21		23
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,09	0,29	0,33	0,5	0,79		0,2
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	2,5	2,1	9,5	45	17		5,8
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	2,3	0,83	7,9	44	9		3,9
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	1,6	0,13	0,06	0,03	0,06		0,15
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,2	4,67	0,34	0,75	0,18		1,35
Nitrogênio Total		mg/L	6,3	6,9	9,9	45,8	17,24		7,3
Turbidez	máximo 100	UNT	28	50	12	18	5,4		22
Sólidos totais		mg/L	191	327	220	370	394		348
IET			57	63	64	66	69		61
IOA			40	41	49	34	26		49

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1996)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrofico	59 < IET ≤ 63
Supereutrofico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrofico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1997	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	2,8	5,2	4,9	7,2	4,6	5,8			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	700000	23000	17000	13000	130	140000			
Coli Total	máximo 20000	UFC/100mL	5000000	1300000	300000	50000	230	220000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,6	6,7	6,8	7	6,8	7			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	11	6	6	5	12	5			
Temperatura		°C	27	24	18	18	21	22			
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,58	0,61	0,43	0,22	0,49	0,17			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	2,5	3,3	13	14,1	3,58	9,4			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	2,3	2,9	1,3	12,2	0,08	0,02			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,065	0,066	0,023	0,039	0,033	0,093			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,63	1,49	0,51	<0,20	0,62	0,45			
Nitrogênio Total		mg/L	3,2	4,86	13,53	14,34	4,23	9,94			
Turbidez	máximo 100	UNT	78	240	20	338	15	30			
Sólidos totais		mg/L	589	1430	179	164	246	230			
IET			68	67	65	62	66	61			
IOA			29	35	43	42	54	43			
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1997)											

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1997)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1998	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	5	5,5	6,3	4,6	5,6	6			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	50000			17000	7000	220000			
Coli Total	máximo 4000	UFC/100mL	130000			500000	50000	1400000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,6	6,9	7	7,2	7,3	7,6			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	7	6	4	157	8	17			
Temperatura		°C	28	24	19	21	16	20			
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,46	0,43	0,31	2,9	0,31	0,52			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,5	5	30	25	8,08	9,93			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	3	4,5	25	23	7,07	9,85			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,14	0,07	0,03	0,07	<0,004	0,006			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,64	0,44	0,2	<0,20	<0,2	<0,20			
Nitrogênio Total		mg/L	6,64	53,46	5,24	102,81	43,55	6,18			
Turbidez	máximo 100	UNT	75	20	59	32	300	80			
Sólidos totais		mg/L	448	337	252	706	378	484			
IET			66	65	64	75	64	66			
IQA			37			47	17	28			
								32			

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1998)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)	
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas	
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 1999	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	5,3	5,4	3,4	4,3	2,9	9			
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	170000	300000	50000	50000	23000	30000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,8	7,2	7	7,1	6,5	8,1			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	20	10	80	58	47	17			
Temperatura		°C	27	**	24	21	26	26			
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,6	0,59	1,4	1,27	2	0,98			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,5	5	30	25	8,08	9,93			
Nitrogênio Amoniacal	#máximo 0,5	mg/L	3	4,5	25	23	7,07	9,85			
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,14	0,07	0,03	0,07	<0,004	0,006			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,64	0,44	0,2	<0,20	<0,20	<0,20			
Nitrogênio Total		mg/L	6,28	5,51	30,23	25,27	8,284	10,14			
Turbidez	máximo 100	UNT	15	10	102	18	26	11			
Sólidos totais		mg/L	970	208	486	342		307			
IET			67	67	72	71	73	70			
IOA			33	40	18	24	22	32			
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 1999)											

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	Ano: 2000	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	7,2	3,6	2,2	2,4	0,8	3,8	
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	300000	130000	130000	500000	1300000	500000	
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,3	6,3	7,1	6,6	6,6	7	
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	22	13	16	60	67	14	
Temperatura		°C	27	25	17	15	26	23	
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,11	0,32	0,53	1,4	1,62	0,62	
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,42	5,54	12,1	25	25,4	5,29	
Nitrogênio Amoniacal	# máximo 0,5	mg/L	2,32	5,54	8,91	17,1	23,6	4,84	
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,07	0,11	0,06	0,05	0,01	0,14	
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	1,79	1,14	<0,20	0,62	<0,20	3,2	
Nitrogênio Total		mg/L	5,28	6,79	12,36	25,67	25,61	8,63	
Turbidez	máximo 100	UNT	13	25	17	34	41	62	
Sólidos totais		mg/L	256	188	179	346	504	638	
IET			58	64	67	72	72	67	
IQA			39	34	28	18	15	29	
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2000)									

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									Ano: 2001	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	2,6	2,2	1,2	2,2	2	4,6		
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	5000000	700000	3000000	3700000	700000	1200000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7	6,9	6,8	7,5	7,3	6,6		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	16	10	24	42	37	30		
Temperatura		°C	29	27	23	18	18	24		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,65	0,39	0,98	1,08	1,09	5,8		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	11,1	6,67	13,1	25	11,8	6,55		
Nitrogênio Amoniacal	# máximo 0,5	mg/L	8,26	5,98	11,6	13,1	9,71	1,94		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,08	0,1	0,06	0,005	0,11	0,57		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	1,11	0,93	<0,20	<0,20	0,55	2,07		
Nitrogênio Total		mg/L	12,29	7,7	13,16	25,005	12,46	9,19		
Turbidez	máximo 100	UNT	46	21	22	11	12	23		
Sólidos totais		mg/L	339	232	212	264	290	512		
IET			68	65	70	70	70	79		
IQA			28	32	22	20	20	24		
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2001)										

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2001)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	Ano: 2002	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,8	3,9	2,9	3	1,7	4	
Coli Fecal	máximo 4000	UFC/100mL	260000	430000	660000	1500000	210000	1400000	
pH	entre 6,0 e 9,0	U,pH	6,9	6,8	7	7,8	7	6,9	
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	14	7	54	98	55	24	
Temperatura		°C	23	26	20	18	27	26	
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	2,37	0,28	0,44	1,71	1,98	0,25	
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	6,08	4,59	10,8	24,8	25,2	7,72	
Nitrogênio Amoniacal	máximo 1,0	mg/L	2,8	3,38	9,44	21	23,3	4,64	
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,12	0,1	0,05	0,07	0,11	0,59	
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	3,12	1,76	0,82	< 0,2	1	4	
Nitrogênio Total		mg/L	9,32	6,45	11,67	24,87	26,31	12,31	
Turbidez	máximo 100	UNT	90	8	3	62	8	31	
Sólidos totais		mg/L	386	152	242	392	438	408	
IET			74	63	66	73	73	63	
IQA			31	42	26	20	20	32	

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2002)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									Ano: 2003	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	2,8	2,4	1,6	0,2	1,4	3		
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	330000	300000	25000	100000	60000	130000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U,pH	7,2	6,9	6,9	7	7,1	7		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	135	13	54	37	104	17		
Temperatura		°C	23	22	21	19	17	21		
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,84	0,4	0,89	1,95	2	1,18		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	12,3	11,7	17,7	27,3	28,3	18,1		
Nitrogênio Amoniacal	máximo 1,0	mg/L	9,35	9,86	14,6	24,4	25,9	13,5		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,02	0,12	0,01	0,12	0,01	0,08		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	< 0,2	0,65	< 0,2	0,75	< 0,2	0,34		
Nitrogênio Total		mg/L	12,32	12,47	17,91	28,17	28,31	18,52		
Turbidez	máximo 100	UNT	31	65	75	60	83	25		
Sólidos totais		mg/L	292	236	308	362	926	400		
IET			69	65	69	73	73	71		
IOA			24	36	22	16	17	27		

Tabela 21: Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2003)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									Ano: 2004
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	1,4	3,2	2,3	3	0,8	0,9	
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	110000	17000	41000	3200	310000	46000	
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7,1	6,8	6,9	6,5	6,9	7,1	
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	24	11	25	39	52	44	
Temperatura		°C	29,6	26	21,2	21,3	25	32,2	
Fósforo Total	máximo 0,025	mg/L	0,82	0,21	0,7	0,75	2,55	2,04	
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	15,1	5,15	11,6	14,9	17,4	17,1	
Nitrogênio Amoniacal	máximo 1,0	mg/L	11,9	4,83	9,49	10,5	14,3	6,49	
Nitrato	máximo 1,0	mg/L	0,18	0,17	0,32	1,94	0,005	0,13	
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,42	3	7,27	24,7	< 0,2	3,36	
Nitrogênio Total		mg/L	17,7	8,32	19,19	41,54	17,405	20,59	
Turbidez	máximo 100	UNT	25	40	85	16	4,5	32,3	
Sólidos totais		mg/L	472	256	406	627	402	328	
IET			93,52	73,87	91,24	92,23	109,89	106,67	
IQA			20	43	26	28	17	19	
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2004)									

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2004)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 2005
Par/mês	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	6,27	6,2	2,2	3,5	5	4,2		
Coliforme Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	56000	20000	360000	450000	320000	550000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U,pH	6,59	6,8	6,8	7	7	7,1		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	8	15	17	62	25	17		
Temperatura		°C	22,5	28,5	23,1	20,2	18,1	21,8		
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	0,32	0,55	0,5	0,57	0,57	0,43		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	1,9	4,42	10,3	16,1	29,3	5,6		
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	1,25	3,61	8,35	13,5	24,9	3,72		
Nitrato	máximo 1,0	mg/L	0,04	0,19	0,11	0,19	0,5	0,13		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,97	4,56	2,66	4,77	0,73	1,9		
Nitrogênio Total		mg/L	2,91	9,17	13,07	21,06	30,53	7,63		
Turbidez	máximo 100	UNT	190	38,1	49,7	48	30	20,2		
Sólidos totais		mg/L	7,09	272	334	386	272	234		
IET			64	67	66	67	67	65		
IQA			40	46	28	24	31	32		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2005)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrofico	59 < IET ≤ 63
Supereutrofico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrofico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 2006
Par/mês	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,3	2,8	2,4	3,8	1	1,1		
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	160000	160000	94000	940	2600000	500000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,9	6,9	6,8	7,6	7,4	6,8		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	10	16	4	9	51	107		
Temperatura		°C	25,5	29,5	20,1	20,9	28,4	21,7		
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	0,33	0,38	0,11	0,31	4,84	12,3		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	5,04	5,81	10,4	31,6	62	48		
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	2,78	3,81	10,2		33,2	34,7		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,13	0,12	0,07	0,06	0,01	< 0,004		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,47	1,45	0,56	0,69	< 0,2	< 0,2		
Nitrogênio Total		mg/L	7,64	7,38	11,03	32,35	62,01	48		
Turbidez	máximo 100	UNT	4,6	3,9	8,8	1,78	17,4	138		
Sólidos totais		mg/L	168	226	352	182	516	736		
IET			64	65	58	64	78	83		
IOA			42	33	39	55	13	13		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2006)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IOA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IOA ≤ 100
Boa	51 < IOA ≤ 79
Regular	36 < IOA ≤ 51
Ruim	19 < IOA ≤ 36
Péssima	IOA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 2007
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,4	3,4	3,6	5,8	1,9	4,2		
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	220000	2600000	470000	270000	340000	550000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,8	7,2	7,3	6,9	7,7	7		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	13	22	49	22	42	85		
Temperatura		°C	24,5	28,7	18,4	18,7	27,9	22,8		
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	0,27	0,43	1,36	0,58	0,74	13,9		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	5,18	10,8	11,6	7,81	25,3	12		
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	3,17	10,5	10,3	5,93		6,26		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,19	0,25	0,21	0,13	< 0,004	0,42		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	2,38	< 0,2	0,94	3	< 0,2	1,47		
Nitrogênio Total		mg/L	7,75	11,05	12,75	10,94	25,3	13,89		
Turbidez	máximo 100	UNT	35,4	2,98	81,1	29,87	0,74	39,16		
Sólidos totais		mg/L	240	258	336	260	386	330		
IET			63,02	65,43	71,41	66,99	68,25	83,49		
IQA			40	33	21	34		22		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2007)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 2008
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro		
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L		4,6	4	1,5	5,2	5,2		
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	220000	79000	230000	340000	700000	240000		
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	6,7	7,3	7,1	7,3	7,4	6,7		
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	13	16	25	60	37	17		
Temperatura		°C	24	25	23	19	23	24		
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	2,77	0,51	0,68	4,46	2,05	0,9		
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	8,01	9,72	9,73	28,7	26	15,3		
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	6,61	8,31	8,18	24	< 0,1	7,83		
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,09	0,33	0,29	< 0,01	< 0,01	0,12		
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	0,98	2,72	< 0,2	0,88	< 0,2	1,82		
Nitrogênio Total		mg/L	9,08	12,77	10,02	29,58	26	17,24		
Turbidez	máximo 100	UNT	276	28	24	119	24	75		
Sólidos totais		mg/L	4724	258	232	256	296	230		
IET			75,11	66,32	67,81	77,58	73,55	69,27		
IQA				38	27	15	23	32		

Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2008)

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3									
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	Ano: 2009 novembro	
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,5	4,8	5,1	4,7	3,2	5,8	
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	1500000	1500000	200000	73000	280000	78000	
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7,1	7,3	7,3	6,8	7,2	7	
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	29	18	25	26	47	13	
Temperatura		°C	26	27,8	21,5	19,4	19,1	26,2	
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	0,52	0,51	1,08	1,43	1,06	0,69	
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	6,68	8,27	16,7	12,1	5,77	5,26	
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	5,97	7,26	14,7	4,66	3,36	3,83	
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,11	0,17	0,04	0,12	0,1	0,06	
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	1,2	1,11	0,29	2,01	0,73	1,77	
Nitrogênio Total		mg/L	7,99	9,55	17,03	14,23	6,6	7,09	
Turbidez	máximo 100	UNT	16,3	22,9	20,9	7,65	27,9	76,8	
Sólidos totais		mg/L	308	202	230	276	250	242	
IET			66,42	66,32	70,22	71,68	70,12	67,89	
IQA			30	32	29	31	23	41	
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2009)									

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.

Qualidade das Águas do Alto Curso do Rio Baquirivu-Guaçu - Classe 3										Ano: 2010	
Parâmetros/Índices	Padrão CONAMA	Unidade	janeiro	março	maio	julho	setembro	novembro			
Oxigênio Dissolvido	mínimo 4,0	mg/L	4,5	4,7	5,4	1,9	4,8	1,2			
Coliformes Termotolerantes	máximo 4000	UFC/100mL	1900000	250000	350000	350000	200000	2800000			
pH	entre 6,0 e 9,0	U.pH	7	7	7,4	7,3	6,9	7,7			
DBO 5,20	máximo 10,0	mg/L	8	15	50	60	98	38			
Temperatura		°C	28,7	25,6	20	21,6	23	32,2			
Fósforo Total	máximo 0,15	mg/L	0,35	0,36	2,36	3,15	1,29	1,89			
Nitrogênio Kjeldahl		mg/L	3,87	4,01	7,67	19,7	40,6	18,3			
Nitrogênio Amoniacal	máximo 13,3	mg/L	3,03	4	1,72	14,5	38				
Nitrito	máximo 1,0	mg/L	0,11	0,02	0,06	<0,1	<0,1	<0,1			
Nitrato	máximo 10,0	mg/L	1,96	<0,2	<0,2	0,35	0,35	<0,2			
Nitrogênio Total		mg/L	5,94	4,03	7,73	20,05	40,95	18,3			
Turbidez	máximo 100	UNT	18,5	14	273	40,7	29,6	48,3			
Sólidos totais		mg/L	162	172	774	290	476	278			
IET			64	65	74	76	71	73			
IQA			40	38	19	17	21	17			
Resultados dos parâmetros, indicadores e índices de qualidade das águas (CETESB, 2010)											

IET - Índice do Estado Trófico (Rios)

Ultraoligotrófico	IET ≤ 47
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	IET > 67

IQA - Índice de Qualidade das Águas

Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Padrão de qualidade estabelecido pelo Regulamento da Lei nº 997, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 08/09/1976.