

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DE RIOS E RIBEIRÕES
- MUNICÍPIO DE BRUSQUE**

LETÍCIA MINELLA

**FLORIANÓPOLIS
2005**

Leticia Minella

**ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA AO LONGO DE RIOS E
RIBEIRÕES - MUNICÍPIO DE BRUSQUE**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Química
Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
Área de Concentração em Desenvolvimento de
Processos Químicos e Biotecnológicos.

Orientadora: Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza, Dr^a.

Co-orientador: Antônio Augusto Ulson de Souza, Dr.

Florianópolis, setembro de 2005.

Minella, Letícia

Índice de qualidade da água ao longo de rios e ribeirões - município de Brusque. / Letícia Minella – Florianópolis, 2005.

116 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza
Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina.

1. Recursos hídricos. 2. IQA – Índice de Qualidade da Água. 3. Brusque.
I. Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
III. Título.

CDU 556

FOLHA DE APROVAÇÃO

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza, por sua dedicação durante a orientação deste estudo.

Ao professor Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza, pelas informações oferecidas através de sua co-orientação.

Ao SAMAE, em especial a Roberto Bolognini e Juliano Montibeller, diretores que apoiaram a realização do presente trabalho.

Ao Corpo de Bombeiros do município de Brusque, especialmente ao Sargento Vanderlei Ari dos Santos e ao Tenente José Gamba Jr, que disponibilizaram barcos e equipes para a efetivação de campanhas.

Aos meus colegas de trabalho, Felipe e Larissa, pelo auxílio nas coletas e realização das análises.

Aos membros da comissão examinadora, que aceitaram participar da avaliação.

Ao Rogério, pela ajuda especial.

À minha família, grande incentivadora dos estudos.

RESUMO

MINELLA, Letícia. **Índice de qualidade da água ao longo de rios e ribeirões - município de Brusque**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

Orientadora: Profa. Dra. Selene Maria de Arruda Guelli Ulson de Souza

Co-orientador: Prof. Dr. Antônio Augusto Ulson de Souza

Defesa: setembro de 2005

A água é não só um elemento primordial ao desenvolvimento humano, mas também um recurso essencial à vida. Até pouco tempo atrás, as preocupações com a sua quantidade eram constantes. Hoje, é a sua qualidade que tem sido foco de preocupação de diversos pesquisadores, que vêm realizando estudos visando à determinação de parâmetros que influenciam a qualidade da água. O Índice de Qualidade da Água, IQA, transforma múltiplas informações técnicas em uma linguagem simples, através de uma classificação da área de estudo em uma escala que varia de muito ruim à excelente, de acordo com a *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, que desenvolveu um índice utilizado mundialmente, através de questionamentos a 142 especialistas, que selecionaram nove parâmetros de maior importância na qualidade de água: DBO, oxigênio dissolvido, pH, temperatura, nitratos, fosfato total, sólidos totais, turbidez e coliformes fecais. No presente trabalho, o índice foi calculado para a sub-bacia do Rio Itajaí-Mirim, no município de Brusque ou, mais precisamente, na divisa entre Brusque e Botuverá até o principal ponto de captação de água do SAMAE, além dos quatro afluentes mais representativos que têm seu exutório neste segmento do rio, que são o Ribeirão do Lajeado, Ribeirão das Pedras Grandes, Rio do Cedro e Rio das Águas Claras. Esta seleção foi feita com a finalidade de se obter o grau de poluição gerado no município em questão, que vai influenciar no sistema de tratamento de água municipal, levando-se em conta, principalmente, o grande número de indústrias e a falta de uma estação de tratamento de esgoto sanitário nesta localidade. Foram realizadas oito campanhas, sendo substituídas as análises de DBO por Redução ao Permanganato e de sólidos totais por cor, além de se considerar fosfato reativo como fosfato total. Como resultado, foi obtida a classificação média para todos os pontos, sendo que o Ribeirão do Lajeado e o Ribeirão das Pedras Grandes estão muito próximos de se classificarem como bons. Dentro dos limites do estudo, constatou-se que a ocupação populacional está diretamente ligada à qualidade da água e, ainda, que, as maiores interferências sobre os resultados são os despejos domésticos e as áreas de pastagem, apesar de as indústrias também serem uma possível fonte de contaminação. Foi feita, ainda, uma análise comparativa dos resultados obtidos com a Resolução CONAMA 357, aonde foi observado que os parâmetros mais críticos são fosfato total e coliformes fecais, indicando que os pontos em estudo não são viáveis para recreação de contato direto. Desta forma, é possível concluir que a instalação de uma estação de tratamento do esgoto orgânico produzido, que é uma das grandes fontes de fósforo e microorganismos, tende a aumentar os valores do IQA e, conseqüentemente, a qualidade dos rios e ribeirões da região.

Palavras-chave: Recursos hídricos; IQA – Índice de Qualidade da Água; Brusque.

ABSTRACT

The water is not only a primordial element to the human development, but also an essential resource to the life. Until little time behind, the concerns with the amount were constant. Today, it is the quality that has been focus of several researcher's concern. Several studies have been developed seeking the determination of parameters that influence the water quality. The index WQI, Water Quality Index, transforms multiple technical information in simple language, through a classification of the study area in a scale that varies of very bad to the excellent, in agreement with National Sanitation Foundation (NSF – USA). This index has been globally used and was obtained using arguments of 142 specialists, which selected nine parameters of larger importance in the water quality: DBO, dissolved oxygen, pH, temperature, nitrates, total phosphate, total solids, turbidity and fecal microorganisms. In this present work, the index was calculated for the Itajaí-Mirim sub-basin, Brusque city, or, more exactly, between Brusque and Botuverá cities, until the SAMAE caption main point besides the four more important affluents that join the Itajaí-Mirim river in that extension of the river, which are: Ribeirão do Lajeado, Ribeirão das Pedras Grandes, Rio do Cedro and Rio das Águas Claras. This selection was made with the purpose of obtaining the pollution degree generated in the municipal district in subject, that will influence in the municipal system of water treatment, being taken into account, mainly, the great number of industries and the absence of a wastewater treatment station, in that region. Eight campaigns were accomplished, where it was substituted the analyses of DBO by Permanganate Reduction and of total solids by color, besides being considered reactive phosphate as total phosphate. As result, it was obtained the medium classification for all the points, being that the Ribeirão do Lajeado and the Ribeirão das Pedras Grandes are close to be classified as being good. According to studies, it was verifies that the men's occupation is directly connected to quality of the water, being that the biggest interferences on the results are the domestics wastes and the pastures areas, besides the industry that is also a source of contamination. It was done, still, a comparative analysis of the values obtained in this work with the Resolution CONAMA 357, where was observed that the most critical parameters are total phosphate and fecal microorganisms, showing that the points of study are not feasible or recreation of direct contact. So, it is possible to conclude that the installation of a treatment system for the organic wastewater produced, that is a big producer of phosphates and fecal microorganisms, brings an increase of the IQA values, and consequently the quality of the rivers and streams of the region.

Key-words: Hydric resources; WQI – Water Quality Index; Brusque.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bairros da área urbana do município de Brusque.....	20
Figura 2	Localização geográfica do município de Brusque.....	21
Figura 3	Distribuição geográfica das bacias hidrográficas em Santa Catarina.....	22
Figura 4	Sub-divisões da bacia do Itajaí.....	24
Figura 5	Curva para obtenção de Q para o parâmetro matéria orgânica.....	46
Figura 6	Curva para obtenção de Q para o parâmetro cor.....	49
Figura 7	Mapa hidrográfico com os pontos de coleta.....	51
Figura 8	Rio Itajaí-Mirim – IM1.....	54
Figura 9	Rio Itajaí-Mirim – IM2.....	54
Figura 10	Ribeirão do Lajeado.....	55
Figura 11	Foz do Ribeirão do Lajeado – C1.....	55
Figura 12	Ribeirão das Pedras Grandes.....	56
Figura 13	Foz do Ribeirão das Pedras Grandes – C2.....	56
Figura 14	Rio do Cedro.....	57
Figura 15	Foz do Rio do Cedro – C3.....	57
Figura 16	Rio das Águas Claras.....	58
Figura 17	Foz do Rio das Águas Claras – C4.....	58
Figura 18	Variação do IQA ao longo das coletas em IM1.....	67
Figura 19	Variação do IQA ao longo das coletas em IM2.....	67
Figura 20	Variação do IQA ao longo das coletas em C1.....	68
Figura 21	Variação do IQA ao longo das coletas em C2.....	68
Figura 22	Variação do IQA ao longo das coletas em C3.....	69
Figura 23	Variação do IQA ao longo das coletas em C4.....	69
Figura 24	Variação da turbidez durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	74
Figura 25	Variação da cor durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	75
Figura 26	Variação de fosfato total durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	77
Figura 27	Variação de nitratos durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	78
Figura 28	Variação do pH durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	80
Figura 29	Variação do oxigênio dissolvido durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	81
Figura 30	Variação da matéria orgânica durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	83
Figura 31	Variação de coliformes fecais durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	85
Figura 32	Pessoas pescando próximo à foz do Rio das Águas Claras.....	87
Figura 33	Variação da temperatura durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.....	88
Figura 34	Gráficos da NSF para obtenção dos valores Q para cada parâmetro.....	109
Figura 35	Espectrofotômetro DR-2000 da Hach.....	101
Figura 36	Autoclave FABBE.....	101

Figura 37	Estufa Fanem.....	101
Figura 38	pHmetro PG 2000 da GEHAKA.....	101
Figura 39	Turbidímetro 2100 P da Hach.....	102
Figura 40	Vista do Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 41	Vista do Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 42	Vista do Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 43	Vista do Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 44	Vista do Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 45	Erosão no Rio Itajaí-Mirim.....	104
Figura 46	Erosão no Rio Itajaí-Mirim.....	105
Figura 47	Erosão no Rio Itajaí-Mirim.....	105
Figura 48	Casas às margens do Itajaí-Mirim.....	105
Figura 49	Despejos no Itajaí-Mirim.....	105
Figura 50	Gado às margens do rio.....	105
Figura 51	Gado atravessando o rio.....	105
Figura 52	Animal morto no Rio do Cedro.....	106
Figura 53	Crianças se banhando em IM2.....	106
Figura 54	Lixo acumulado no rio.....	106
Figura 55	Pessoas se banhando em IM1.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Densidade demográfica dos bairros da área urbana municipal.....	19
Tabela 2	Caracterização de águas residuárias de alguns ramos industriais.....	29
Tabela 3	Valores Q de acordo com a quantidade de matéria orgânica da amostra.....	46
Tabela 4	Valores Q de acordo com a cor amostra.....	49
Tabela 5	Dados de tempo, temperatura e pluviosidade coletados durante as campanhas.....	58
Tabela 6	Resultados obtidos para o local IM1.....	60
Tabela 7	Resultados obtidos para o local IM2.....	61
Tabela 8	Resultados obtidos para o local C1.....	62
Tabela 9	Resultados obtidos para o local C2.....	63
Tabela 10	Resultados obtidos para o local C3.....	64
Tabela 11	Resultados obtidos para o local C4.....	65

LISTA DE SIGLAS

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EUA – Estados Unidos da América

GPS – Global Positioning System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IQA – Índice de Qualidade da Água

IQA_m – Índice Médio de Qualidade da Água

NMP – Número Mais Provável

NSF – National Sanitation Foundation

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – potencial Hidrogeniônico

RAIS – Relatório Anual das Informações Sociais

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

SP – São Paulo

WQI – Water Quality Index

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos.....	14
1.1.1	Geral.....	14
1.1.2	Específicos.....	14
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Apresentação.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	A Área de Estudo.....	18
2.2	Água.....	25
2.3	Índices de Qualidade da Água.....	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1	Seleção dos Parâmetros.....	42
3.2	Considerações para o Cálculo do IQA.....	45
3.2.1	Matéria Orgânica.....	45
3.2.2	Temperatura.....	47
3.2.3	Oxigênio Dissolvido.....	47
3.2.4	Cor.....	48
3.3	Seleção da Área de Estudo.....	50
3.4	Realização das Campanhas.....	52
3.5	Medição de Vazão.....	53
3.6	Documentação Fotográfica.....	53
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	54
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	90
	REFERÊNCIAS.....	93
	APÊNDICES.....	99
	ANEXOS.....	107

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental à vida e indispensável ao desenvolvimento humano. Apesar da grande quantidade de água existente no planeta, apenas 2,70 % refere-se à água doce, apropriada para as atividades humanas.

A quantidade de água do planeta se mantém invariável há bilhões de anos, mas a qualidade da água disponível para uso é que vem sendo severamente reduzida e os mananciais seriamente ameaçados por esgotos e outros contaminantes (LINDNER, 2005).

Alguns aspectos desta crise vêm sendo discutidos por autoridades políticas, organizações não-governamentais e outras instituições, mas a grande maioria da população ainda não percebeu a importância desta questão (BRANDINARTE, 1999).

Uma forma de levar à população em geral o conhecimento desta problemática é através de Índices de Qualidade da Água, que transformam resultados de diversos parâmetros em um simples número que, por sua vez, conceitua a área de estudo numa escala que vai de muito ruim à excelente, de acordo com a *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos.

No presente estudo, estão apresentados os Índices de Qualidade da Água para um trecho do Rio Itajaí-Mirim, no município de Brusque, e quatro de seus afluentes, os maiores colaboradores neste segmento do rio.

Com uma área de 15.500 km², a bacia do Itajaí é a maior bacia hidrográfica de Santa Catarina, estando dividida por sete sub-bacias, dentre as quais encontra-se a do Itajaí-Mirim, com 1.673 km². Drena o Rio Itajaí-Mirim todo o município de Brusque, que tem 75 % da sua água para abastecimento público captada do recurso em questão.

O crescimento populacional e industrial é diretamente proporcional à geração de efluentes industriais e domésticos, além de outros impactos associados ao meio ambiente. Em Brusque, isto

não pode ser diferente, merecendo este problema uma importância de destaque, frente aos aspectos sócio-econômicos municipais. Mas, convém ressaltar, que não é somente o abastecimento público de água que sofre as conseqüências de despejos inadequados de efluentes, devendo ser considerados todos os males causados a comunidades aquáticas ou aos recursos hídricos como um todo. Dependendo da forma como são vertidos aos meios aquáticos, os efluentes podem causar a mortandade de várias espécies e induzir ao desequilíbrio do ecossistema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Determinar e avaliar o Índice de Qualidade da Água em um trecho do Rio Itajaí-Mirim e afluentes Ribeirão do Lajeado, Ribeirão das Pedras Grandes, Rio do Cedro e Rio das Águas Claras, no município de Brusque.

1.1.2 Específicos

- Selecionar pontos de amostragem no Rio Itajaí-Mirim, entre a divisa dos municípios Brusque e Botuverá e o principal ponto de captação de água do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAÉ), como também pontos de amostragem dos principais afluentes neste trecho do rio;

- Analisar parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos pontos selecionados para posterior cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA);
- Verificar as principais interferências na área de estudo que levaram aos resultados encontrados para o IQA;
- Analisar os resultados obtidos para cada parâmetro e ponto de amostragem ao longo das campanhas, em relação aos limites estabelecidos para águas pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357.

1.2 Justificativa

O homem sempre apresentou preocupações com a quantidade de água disponível para o seu bem-estar, não havendo grandes questionamentos em relação à qualidade deste recurso, uma vez que a quantidade de resíduos descartados era capaz de ser absorvida e degradada pela natureza. Hoje a situação é diferente, a humanidade deve ter a sua atenção voltada à qualidade dos recursos hídricos para que alguns de seus usos não sejam inviabilizados.

A qualidade de um recurso hídrico é diretamente proporcional à ocupação populacional da bacia a que pertence e às atividades nela desenvolvidas. Assim, o crescimento populacional e industrial, ocorrido nos últimos tempos no município de Brusque, resultou num aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos domésticos e industriais, além de outras cargas poluidoras.

Um dos principais rios atingidos por este desenvolvimento é o Rio Itajaí-Mirim, como também alguns de seus afluentes. Para amenizar este problema, é necessário que a população em geral, leiga no assunto, tenha conhecimento da real situação ambiental da comunidade em que vive.

Do Rio Itajaí-Mirim, é proveniente 75% da água abastecida pelo SAMAE. Sendo assim, torna-se ainda mais evidente a necessidade de um estudo a respeito dos impactos causados sobre este rio e, assim, sobre o tratamento de água que vai abastecer à maioria dos brusquenses.

A delimitação da área de estudo, que inicia na divisa dos municípios Brusque e Botuverá e se estende até o ponto principal de captação de água do SAMAE, justifica-se no sentido de se ter conhecimento do grau de poluição gerado dentro do município de Brusque até o ponto de captação de água do SAMAE, sabendo que dos múltiplos usos que tem a água, o abastecimento público é o principal deles.

A escolha do IQA para analisar a poluição das águas do Itajaí-Mirim e alguns de seus afluentes foi feita para que todos, independentemente dos seus graus de conhecimento sobre impactos ambientais, saibam do atual estado dos recursos hídricos da área em estudo e, desta forma, se sensibilizem, colaborando para melhorias neste sentido.

1.3 Apresentação

A presente dissertação está dividida em 5 capítulos, conforme descrito a seguir.

Capítulo 1 – Apresenta a introdução, os objetivos e a justificativa deste trabalho, bem como a sua estruturação.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica – Neste capítulo, são apresentados e discutidos os principais trabalhos encontrados na literatura que tratam da análise da qualidade da água.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos – São apresentados os reagentes, equipamentos e metodologia experimental utilizados para a obtenção dos resultados do presente trabalho.

Capítulo 4 – Apresentação e Análise dos Resultados – Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos neste trabalho, visando à determinação do IQA em diferentes pontos de coleta.

Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões – Serão apresentadas as principais conclusões obtidas no presente trabalho, bem como sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Área de Estudo

Brusque foi fundada em 04 de agosto de 1860, sendo batizada “Colônia Itajahy”, com o desembarque dos seus primeiros colonos às margens do Rio Itajaí Mirim. Em 1881, a colônia Itajahy foi promovida a município, e passou a ser denominada de São Luiz Gonzaga. Foi assim até 1890, quando então passou a ser “Brusque”, em homenagem ao seu ilustre fundador, o então presidente da província de Santa Catarina, Francisco Carlos de Araújo Brusque (CABRAL, 1958).

Atualmente, a economia brusquense baseia-se nos setores industrial e comercial, sendo que as indústrias dividem-se basicamente em têxteis, metal-mecânicas e do vestuário (BRUSQUE, 20-?). O Relatório Anual das Informações Sociais (RAIS)/Ministério do Trabalho apresentou um total de 2.637 estabelecimentos formalmente constituídos em 2000, cadastrados junto ao Ministério do Trabalho e Emprego, sendo que destes 832 são estabelecimentos industriais, 107 são da construção civil, 1.004 são do comércio, 690 são prestadores de serviços e 4 são agropecuários (SANTA CATARINA, 2005).

O município possui atualmente 76.058 habitantes distribuídos em um total de 22.017 domicílios. Destes, 18.516 ou 84,1 % estão ligados à rede geral de água, 4.855 ou 22,1 % estão ligados à rede de esgoto e 21.704 ou 98,6 % possuem coleta de lixo (BRASIL, 2004; SANTA CATARINA, 2005). O crescimento populacional e industrial ocorrido torna o município propício para um estudo do seu potencial de poluição, levando-se em conta que o aumento no número de habitantes e de indústrias é diretamente proporcional à geração de lixo e efluentes industriais e domésticos, além de uma série de outras mudanças ligadas ao meio ambiente.

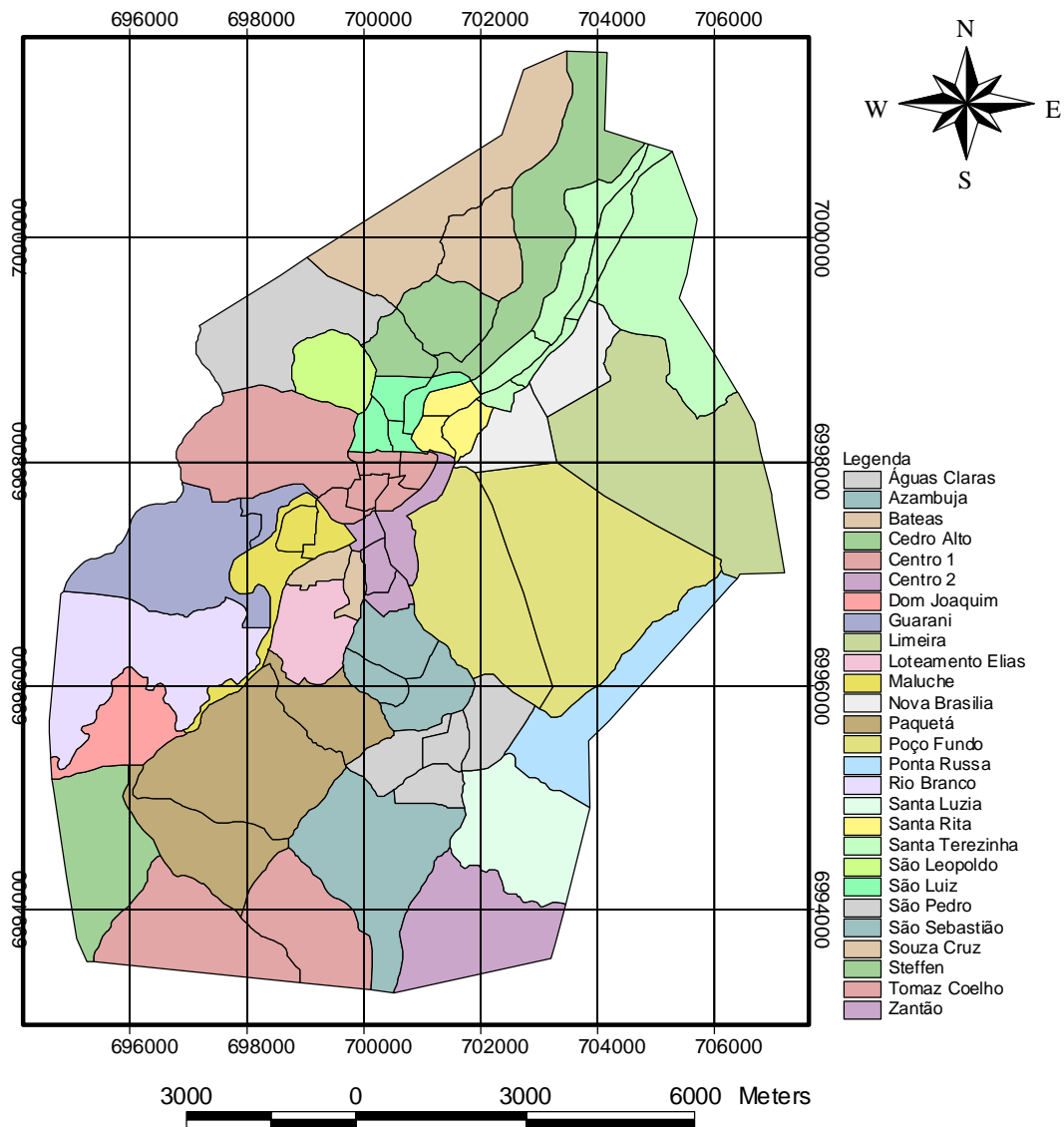
Conforme o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2004), dos 76.058 habitantes, 73.256 vivem na área urbana e 2.802 na área rural, sendo que esta divisão em áreas refere-se à Lei 1609/90, estabelecida pela Câmara de Vereadores em 1990. Convém ressaltar que, em 2000 e 2001, a Lei sofreu alterações, porém tal modificação não foi utilizada pelo IBGE nos resultados do Censo de 2000. A Figura 1 ilustra os bairros da área urbana do município de Brusque. A Tabela 1 traz a densidade demográfica dos bairros da área urbana.

Tabela 1: Densidade demográfica dos bairros da área urbana municipal.

Nome do Bairro	População	Densidade(hab/km ²)	Área (km ²)
Águas Claras	5090	47,385119	10,741769
Azambuja	3626	41,486332	8,740228
Bateas	3022	24,015360	12,583613
Cedro Alto	934	16,564539	5,638551
Centro 1	6164	44,168029	13,955796
Centro 2	3509	38,236326	9,177137
Dom Joaquim	1175	23,605332	4,977689
Guarani	2487	23,240187	10,701291
Limeira	1632	17,820738	9,157870
Loteamento Elias	1163	28,374767	4,098712
Maluche	3163	26,127415	12,106058
Nova Brasília	2585	36,286925	7,123778
Paquetá	3448	19,907719	17,319915
Poço Fundo	1693	10,790594	15,689591
Ponta Russa	1455	18,097828	8,039639
Rio Branco	1374	14,530412	9,456029
Santa Luzia	1802	32,988625	5,462489
Santa Rita	3114	57,884312	5,379696
Santa Terezinha	7325	30,392852	24,101062
São Leopoldo	1352	45,294619	2,984902
São Luiz	3641	47,125866	7,726118
São Pedro	1895	30,364872	6,240764
São Sebastião	2032	27,680782	7,340833
Souza Cruz	2359	57,659639	4,091250
Steffen	3491	21,031836	16,598646
Tomaz Coelho	1490	13,797735	10,798874
Zantão	2235	37,649397	5,936350

Fonte: IBGE (2004).

Bairros do Perímetro Urbano do Município de Brusque



Base Cartográfica Folha Brusque
(SG-22-Z-D-II-1)
IBGE - Escala Original: 1:50.000
Projeção UTM

Figura 1: Bairros da área urbana do município de Brusque.

Fonte: adaptado do IBGE (2004).

Banhada em toda a sua extensão pelo Rio Itajaí Mirim, Brusque está localizada no Vale do Itajaí a $27^{\circ}05'53''$ Sul e $48^{\circ}55'03''$ Oeste, possuindo uma área de $280,15 \text{ km}^2$. É limitada ao Norte por Itajaí e Gaspar, ao Sul por Nova Trento e Canelinha, a Leste por Itajaí e Camboriú e a Oeste por Guabiruba e Botuverá (SEIBEL et al., 2002). A Figura 2 mostra a localização geográfica de Brusque.

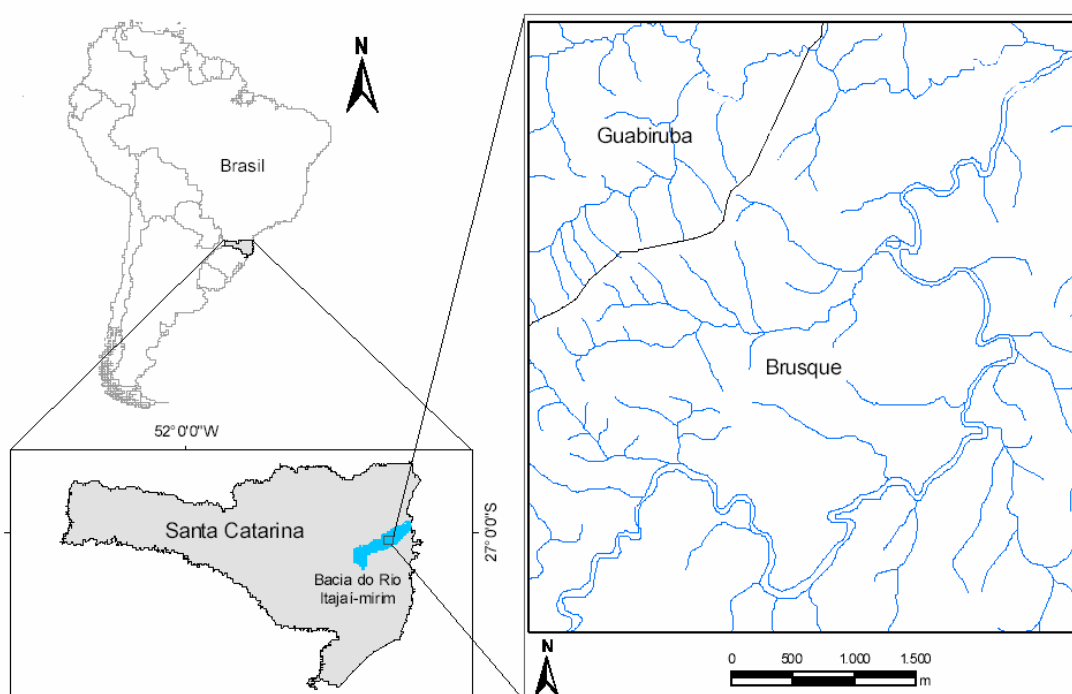


Figura 2: Localização geográfica do município de Brusque.

Fonte: adaptado do IBGE (2004).

Com um clima subtropical do tipo Cfa (mesotérmico úmido, com verão quente), conforme a classificação Koeppen, tem uma temperatura média anual de 19 a 20°C. A precipitação média anual é de 1.600 a 1.700 mm. A umidade relativa do ar média é de 84 a 86 % (SEIBEL et al., 2002). Como natural reflexo das condições climáticas e dadas à interferência de outros fatores, como por exemplo o relevo, toda a área de Brusque encontra-se no domínio da

Mata Tropical Atlântica. Brusque é um dos municípios que integram a Zona da Bacia do Itajaí, ocupando a parte média do Vale do Itajaí Mirim (LAGO, 1960).

Com uma área de 15.500 km² distribuídos entre 47 municípios, a bacia do Itajaí é a maior bacia hidrográfica de Santa Catarina, ocupando 16,15 % do território catarinense e 0,6 % do território nacional. Está localizada entre as longitudes 48°38' e 50°21'W e as latitudes 26°22' e 27°53'S. Possui um relevo bastante acentuado, elevando-se até 1.500 m do nível do mar (BUCHELE JR., 1952; COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004). A Figura 3 fornece a distribuição geográfica das bacias no Estado de Santa Catarina.

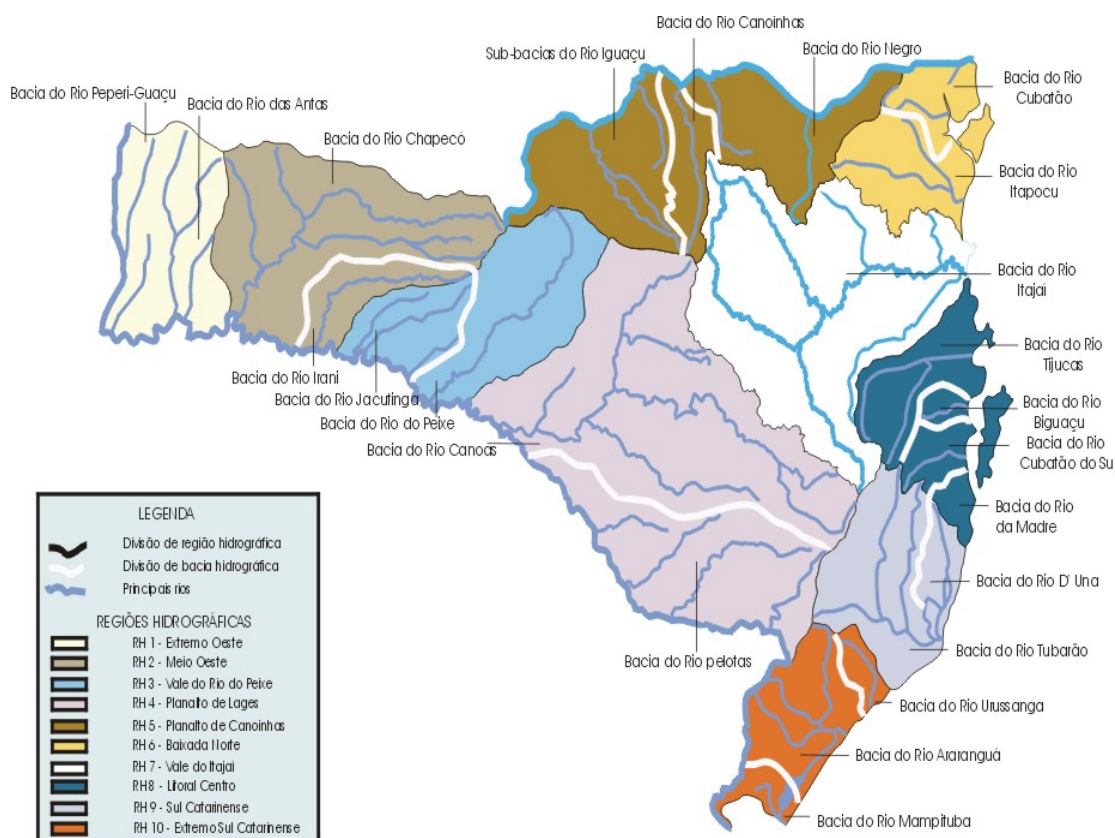


Figura 3: Distribuição geográfica das bacias hidrográficas em Santa Catarina

Fonte: Comitê do Itajaí (2004).

A população da bacia do Itajaí é de 995.727 habitantes, ou seja, 18,67 % da população do Estado de Santa Catarina, segundo a Sinopse Preliminar do Censo Demográfico do IBGE (BRASIL, 2004).

Além de Brusque, os principais centros urbanos localizados na área de drenagem da bacia são Rio do Sul, Ibirama, Timbó, Indaial, Gaspar, Blumenau e Itajaí, municípios estes que concentram grande parte do complexo industrial da região. Desta forma, além do contingente populacional, esta bacia recebe uma carga poluidora industrial considerável, proveniente de indústrias têxteis, metal-mecânicas, de papel, pasta mecânica, frigoríficos, curtumes, fecularias e extração de óleo vegetal (SANTA CATARINA, 1997).

Além disso, as águas do Itajaí estão comprometidas pelos despejos domésticos, já que, dos municípios pertencentes à bacia do Itajaí, apenas 3% da população de Blumenau têm seu esgoto tratado (LINDNER, FRANK, 2005). O que existe são sistemas individuais ou lançamentos diretos em redes pluviais (SANTA CATARINA, 1997).

O Rio Itajaí-Açu é o maior curso d'água desta bacia, sendo suprido por 54 rios e ribeirões e formado pelos rios Itajaí do Oeste e Itajaí do Sul. Estes se encontram em Rio do Sul, aonde passam a ser denominados Itajaí-Açu. O maior rio da bacia do Itajaí tem como principais tributários o Itajaí do Norte, ou Hercílio, que desemboca no Itajaí-Açu em Ibirama, o Rio Benedito, que desemboca em Indaial, e o Itajaí-Mirim, que desemboca em Itajaí. Após receber as águas do Itajaí-Mirim, o Rio Itajaí-Açu vem a ser chamado de Itajaí. A bacia do Itajaí possui as seguintes sub-bacias (BUCHELE JR, 1952; COMITÊ DO ITAJAÍ, 2004):

* Sub-bacia Itajaí do Norte: 3.315 km²;

* Sub-bacia Benedito: 1.398 km²;

* Sub-bacia Luiz Alves: 583 km²;

* Sub-bacia Itajaí-Açu: 2.794 km²;

- * Sub-bacia Itajaí-Mirim: 1.673 km²;
- * Sub-bacia Itajaí do Sul: 2.309 km²;
- * Sub-bacia Itajaí do Oeste: 2.928 km².

A Figura 4 demonstra as sub-divisões da bacia do Itajaí.



Figura 4: Sub-divisões da bacia do Itajaí.

Fonte: Comitê do Itajaí (2004).

O Rio Itajaí-Mirim tem 170 km de comprimento e uma área de drenagem de 1.487 km². Próximo à Brusque, a vazão média é de 22.380 L/s e a vazão mínima de estiagem é de 3.720 L/s, sendo esta última baseada em uma estiagem de sete dias de duração e dez anos de recorrência (SANTA CATARINA, 1997; SANTA CATARINA, 2005).

A Portaria n. 024/79, que enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina, classifica todos os cursos da bacia do Itajaí-Mirim como classe II. A classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento das

condições e padrões de lançamento de efluentes, além de outras providências, estão dispostos na Resolução CONAMA n. 357/2005. Partes desta resolução relacionadas ao presente trabalho estão disponíveis no Anexo B.

2.2 Água

Nos últimos tempos, os problemas dos resíduos das atividades humanas de origem doméstica ou industrial tornaram-se extremamente sérios. O problema é antigo, porém mudou totalmente de escala atualmente devido à intensificação das atividades do homem moderno. A situação não era tão agravante quando a velocidade com que esses detritos eram espalhados era mais ou menos proporcional à velocidade com que se degradavam, sendo possível estabelecer, assim, um certo equilíbrio.

O mesmo não acontece atualmente, pois a natureza e as suas forças de destruição já não se encontram em estado, qualitativamente, nem quantitativamente de poderem reabsorver o enorme volume de detritos que o homem continua espalhando, sem por vezes o submeter a um tratamento prévio (DORST, 1973).

A despeito do notável desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela humanidade, o que se tem assistido é o acirramento do processo de degradação da natureza, acompanhado da queda de qualidade de vida e a manutenção da maioria da população mundial à margem desse tipo de progresso, num crescente estado de pobreza. Como resultado, constata-se que a exploração desenfreada dos recursos naturais levou ao esgotamento dos recursos não-renováveis e à escassez, inclusive, dos recursos considerados renováveis (PORRÉCA, 1998).

Entre os recursos naturais que o homem possui, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. A utilização cada vez maior dos

recursos hídricos tem resultado em problemas, não só de carência dos mesmos, como também de degradação da sua qualidade (MOTA, 1995).

Brandinarte (1999), afirma que alguns aspectos dessa crise já vêm sendo discutidos na área acadêmica e por autoridades políticas e organizações não-governamentais. No entanto, o principal interessado – o grande público – ainda não percebeu a importância dessa questão e não conhece a fundo suas causas e conseqüências.

A água natural não é inteiramente pura, sendo que muitas das substâncias naturais dissolvidas contribuem para a saúde humana por proverem nutrientes essenciais. Porém, muitos contaminantes introduzidos ao sistema hidrológico natural por humanos ou por outra forma estão associados com uma larga classe de potenciais problemas de impacto ambiental.

Qualidade da Água é um termo relativo usado para conduzir a idéia da usabilidade potencial da água superficial ou subterrânea para uma finalidade em particular.

Contaminantes são todos os materiais suspensos particulados, solutos (substâncias dissolvidas), e substâncias imiscíveis que são introduzidas no sistema hidrológico (independentemente do nível de concentração). Poluente é um contaminante presente em concentração alta o suficiente para constituir risco à saúde.

Segundo Wanielista, Kersten, Eaglin (1997), a água é um forte solvente contendo quantidades de constituintes dissolvidos igualmente em um ambiente puro. O tipo e a quantidade desses constituintes determina a suscetibilidade da fonte natural da água para usos variados.

Para Tucci (1993), nos dias de hoje, em função dos progressos sociais e industriais que vem atravessando a humanidade, pode-se enumerar, entre outros, os seguintes usos múltiplos para a água:

- abastecimento público;

- consumo industrial;
- matéria-prima para a indústria;
- irrigação;
- recreação;
- dessedentação de animais;
- geração de energia elétrica;
- transporte;
- diluição de despejos;
- e, preservação da flora e fauna (fonte protéica).

Sem dúvida alguma o abastecimento público (doméstico) é um dos mais importantes usos da água, manifestando-se praticamente em todas as atividades do homem: manutenção da vida, água para beber, higiene, combate a incêndios, entre outras.

Segundo Mota (1995), outro aspecto a considerar na utilização múltipla dos recursos hídricos são os problemas que determinada atividade pode ocasionar a outros usos. Estes são os chamados conflitos de usos, com repercussões sobre a utilização da água e com conseqüências, muitas vezes, maléficas para o homem e para o meio ambiente.

Segundo Freeze e Cherry (1979), a água é um solvente de muitos sais e alguns tipos de matéria orgânica. Como a água move-se através de linhas de escoamento das áreas de carga para descarga, a composição química é alterada pelos efeitos de uma variedade de processos geoquímicos. Esses processos podem incluir muitas reações químicas, dissolução de calcário, reações de oxidação e redução, processos de troca iônica, decomposição de rochas aquíferas, transporte de produtos de despejo industrial e municipal, despejo de mineração, entre outros.

A qualidade de um corpo d'água é resultante das condições naturais da bacia a que pertence e das atividades humanas nela desenvolvidas (CERQUEIRA, SANTOS, 2005). Segundo Mota (1995), as principais fontes de poluição da água são:

- de origem natural;
- esgotos domésticos;
- esgotos industriais;
- águas de escoamento superficial;
- de origem agropastoril: excrementos de animais, pesticidas, fertilizantes, águas de drenagem de minas;
- resíduos sólidos.

A poluição resultante dos processos naturais, geralmente, não causa problemas de maior importância, a menos que sejam intensificados pelo homem. Entre estas fontes, encontram-se a decomposição de vegetais e animais mortos e a erosão das margens que, em condições normais, são, geralmente, absorvidas pelos processos naturais de equilíbrio da natureza.

Entretanto, problemas graves de alterações do meio podem acontecer como resultado da ação do homem, tais como: represamento de águas em áreas com abundante vegetação, resultando numa intensa decomposição dos vegetais e na produção de alto teor de matéria orgânica, além de outros problemas; desmatamento de margens de recursos hídricos, causando maior erosão do solo e, assim, aumentando o material carregado para as águas, provocando incremento da turbidez, assoreamento e outras conseqüências.

Outro problema a considerar é o da salinização das águas represadas, devido à evaporação. Em regiões com intenso processo de evaporação, alguns reservatórios têm acúmulo de água com salinidade elevada, havendo prejuízo a alguns usos.

Segundo Tucci (1993), dos esgotos sanitários compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção de alimentos e lavagem de utensílios. Provêm de prédios residenciais, comerciais, administrativos, hospitalares e industriais.

Os esgotos sanitários apresentam uma composição praticamente uniforme, que é constituída, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável, microorganismos, nutrientes (nitrogênio, fósforo), óleos, graxas e detergentes.

As águas residuárias industriais apresentam uma variação muito grande tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção. A Tabela 2 apresenta a caracterização de águas residuárias de alguns ramos industriais.

Tabela 2: Caracterização de águas residuárias de alguns ramos industriais.

RAMO INDUSTRIAL	POLUENTES MAIS SIGNIFICATIVOS
Curtumes	Material em suspensão, matéria orgânica, sulfetos e cromo
Têxtil	Ácidos e álcalis, cor, material em suspensão, óleos e graxas
Óleos vegetais	Matéria orgânica, nutrientes, material em suspensão, óleos e graxas
Matadouro/Frigorífico	Material em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, cor e microorganismos
Galvanoplastia	Metais pesados, cianetos, acidez, material em suspensão e dissolvido
Siderurgia	Acidez, metais pesados, fenóis, óleos e graxas

Fonte: Tucci (1993).

As águas pluviais têm um efeito de lavagem sobre o solo, conduzindo, aos cursos da água, impurezas e detritos encontrados em ruas e pavimentos. Os primeiros quinze minutos, especialmente, são uma intensa fonte de poluição. De acordo com Mota (1995), no meio rural, as águas do escoamento podem carrear para os recursos hídricos: matéria orgânica (folhas, dejetos de animais), sólidos inorgânicos, pesticidas, fertilizantes, microorganismos patogênicos.

As águas pluviais urbanas podem caracterizar-se pela presença de: sólidos, matéria orgânica, microorganismos patogênicos, defensivos agrícolas e fertilizantes, compostos químicos. Entre as fontes agropastoris de maior importância, consideram-se: os pesticidas, os fertilizantes e os excrementos animais. Os maiores problemas são causados pelos inseticidas organo-clorados devido a sua maior persistência no solo, a qual, muitas vezes, gera vários danos. Os inseticidas clorados que apresentam maior persistência no solo são, em ordem decrescente: DDT, dieldrin, lindano, clordana, heptacloro e aldrin. Já os inseticidas organo-fosforados são menos persistentes no solo, aí permanecendo somente por algumas semanas ou meses.

A aplicação de fertilizantes no solo, com o objetivo de melhorar a sua produtividade agrícola, resulta no carreamento de nutrientes – nitrogênio, fósforo e potássio – para mananciais, através do escoamento superficial ou da infiltração da água. Estes elementos, quando em teores elevados, podem provocar problemas na água. Os excrementos de animais podem conter microorganismos patogênicos e contribuir para a elevação da Demanda Bioquímica de Oxigênio da água.

Para Tucci (1993), a decomposição do lixo produz um líquido altamente poluído e contaminado, o chamado chorume. Em caso de má disposição dos rejeitos, o chorume atinge os mananciais subterrâneos e superficiais. Esse líquido contém concentração de material orgânico equivalente a 30 a 100 vezes o esgoto sanitário, além de microorganismos patogênicos e metais pesados.

De acordo com Lima (2001), a gestão das bacias urbanas tornou-se bastante complexa, pois envolve toda a rede de infra-estrutura deficitária existente que se traduz em reduzidos percentuais de cobertura de rede de esgoto, e estações de tratamento inoperantes ou com baixo desempenho operacional, bem como na gestão inadequada dos resíduos sólidos.

Segundo as previsões apresentadas em estudos técnicos, caso não haja modificação no nosso padrão de consumo e de convivência com a água, antes da metade do próximo século, o consumo de água deverá superar a quantidade disponível para uso, estando prevista para os próximos 50 anos o que se denomina Crise da Água (PORRÉCA, 1998).

Brandinarte (1999) salienta que, junto com a criação de uma legislação mais adequada sobre o uso e a preservação da água, é preciso que as pessoas tomem consciência da gravidade do problema e da necessidade de mudar a forma de utilizar os recursos hídricos. Essa conscientização tem dois aspectos fundamentais. Em primeiro lugar, cada indivíduo precisa compreender que é parte integrante do ambiente e que, através de suas ações, é um agente modificador do mesmo. Em segundo lugar, deve se sentir como participante da sociedade, interagindo e compartilhando os mesmos direitos e deveres.

A conscientização é a base para o exercício da cidadania, no qual o indivíduo entende que suas ações podem afetar os demais integrantes da sociedade. Consciência crítica e cidadania, por sua vez, estão intimamente ligadas à educação em todos os níveis: em casa, na escola e em qualquer outro local. Só assim será possível alcançar um uso mais sustentável da água, a fim de garantir esse recurso para as próximas gerações com a qualidade e a quantidade adequadas.

2.3 Índices de Qualidade da Água

O monitoramento qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos se constitui num poderoso instrumento, que possibilita a avaliação da oferta hídrica, base para decisões do aproveitamento múltiplo e integrado da água, bem como para a minimização de impactos ao meio ambiente. A história da medição de níveis dos cursos d'água e alturas de chuva se confunde com a própria história da humanidade, mas o mesmo não ocorreu com a medição da qualidade da

água. A necessidade de melhorar a qualidade de vida e a conscientização de que o recurso hídrico disponível para as atividades humanas não é um bem inesgotável, como até então era considerado, levam o homem a analisar a água em termos qualitativos uma vez que esta, quando poluída, veicula inúmeras doenças e inviabiliza uma série de usos (BRANCO et al., 1991).

Dependendo da qualidade da água na extensão do rio, este pode ser dividido de acordo com cada trecho apropriado para um uso-benefício. A designação de uma classe para uma certa distância do rio não é simples; são raros os casos em que todas as variáveis são encontradas dentro dos limites permissíveis de uma dada classe. Na maioria dos casos, os valores encontrados para cada parâmetro se encaixam em grupos diferentes de classificação. Desta forma, o apropriado é basear a classificação do rio na classe de um índice representando o efeito integrado da concentração e importância dos valores de variáveis relevantes para o uso (BHARGAVA, 1983).

De acordo com Branco et al. (1991), os IQA's são bastante úteis para transmitir informação a respeito da qualidade da água ao público em geral, podendo dar uma idéia da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo, e permitindo comparação entre diferentes cursos d'água. Apresenta a vantagem de fácil entendimento para um público leigo, mas interessado em conhecer o grau de poluição dos mananciais utilizados na comunidade em que vive.

Para Veerabhadram (2003), o principal objetivo do IQA é transformar complexos dados de qualidade da água em informações compreensíveis ao público. Índices de Qualidade da Água são baseados em alguns parâmetros de grande importância e podem gerar um simples indicador de qualidade da água. Isso dá ao público uma idéia geral dos possíveis problemas com a água em uma região em particular. Os índices estão entre os caminhos mais eficazes para informar as tendências da qualidade da água ao público ou aos órgãos gerenciadores da qualidade da água.

Veerabhadram (2003) define o índice como uma taxa que reflete a influência da composição de diferentes parâmetros de qualidade da água na qualidade global da água. Muitos índices de qualidade da água têm sido desenvolvidos. Eles se apresentam como um número graduado de 0 a 100, representativo da qualidade da água amostrada. São obtidos através de parâmetros mais representativos para a qualidade da água com seus respectivos pesos relativos (BRANCO et al., 1991).

Índices de Qualidade da Água (IQA) são aplicados em várias regiões dos Estados Unidos, na Escócia, na Polônia e em vários estados do Brasil (BALL e CHURCH, 1980; CARVALHO, 2000; OTTO, 1978). Apesar do IQA ter sido elaborado para condições regionais do hemisfério norte, no Brasil ele tem sido aplicado como índice geral de qualidade das águas em corpos de água (CARVALHO, 2000; COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB), 1989; SANTOS, 1993). Além de usado rotineiramente pela CETESB no monitoramento das águas do estado de São Paulo, o IQA é também utilizado por outras agências de proteção ambiental e em pesquisas acadêmicas (CETESB, 2002; DUARTE, 1999; MELO JÚNIOR, COSTA, CABRAL NETO, 2003).

Várias técnicas para a elaboração do índice de qualidade da água têm sido usadas, sendo a mais empregada àquela desenvolvida pela NSF, posteriormente melhorada por Brown et al. (1970) e usada em países como Estados Unidos (EUA), Brasil, Inglaterra (OLIVEIRA, 1993; OREA, 1998; TOLEDO, 2002). Outros índices foram desenvolvidos baseados em características físico-químicas da água, como o de Liebmann, Harkins; além de índices baseados em características biológicas, comumente associadas ao estado trófico dos rios.

Outro método usado na formulação de índices de qualidade baseia-se na técnica multivariada fatorial, método selecionado por Toledo (2002) em seu estudo “Índice de Qualidade de Água em microbacia sob uso agrícola e urbano” realizado em Guairá, São Paulo (SP).

Stambuk-Gilvanovic (1999) descreve que, após o desenvolvimento do IQA por Brown et al. (1970), outros muitos índices têm sido desenvolvidos, cada um com sua proposta. O determinante comum para todos os IQA's é o princípio básico de que todos devem sintetizar dados de forma a representá-los por um simples vetor de qualidade.

Pesce (2000), no seu trabalho que visava determinar o impacto da cidade de Córdoba (Argentina) analisando o IQA no Rio Suquía, tomou como base o índice proposto por Bascarón (CONESA, 1995), sendo a mesma metodologia também utilizada por Rizzi no estudo “Índices de Qualidade de Água”, aonde o autor afirma que este índice permite a introdução de maior número de parâmetros de qualidade de água, podendo-se até mesmo definir um índice básico com um número reduzido de parâmetros e outro completo com maior número de parâmetros (RIZZI, 2001).

Carvalho (2004), que utilizou o índice desenvolvido pela NSF em seu trabalho “Qualidade das águas do ribeirão Ubá”, afirma que a determinação de outros parâmetros, além dos estabelecidos pelo Índice de Qualidade da Água da NSF, é muito importante, pois eles podem indicar um grau de poluição não observado pelo IQA.

O índice mais conhecido, desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* em 1970, foi elaborado usando-se a opinião de 142 pessoas distribuídas no país que atuavam no gerenciamento dos recursos hídricos (CANTER, 1998; RIZZI, 2001). Tal pesquisa foi processada evidenciando-se três questionários que permitiram definir funções que relacionam valores de parâmetros com atributos de valoração. Identificaram-se os seguintes parâmetros de maior importância: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, Demanda Biológica de Oxigênio (DBO_5), nitratos (NO_3^{-1}), fosfatos (PO_4^{-3}), variação da temperatura ($^{\circ}C$), turbidez (NTU) e sólidos totais (ST) (RIZZI, 2001). A seguir é apresentada a definição de alguns parâmetros que interferem na qualidade da água.

a) Oxigênio consumido em meio ácido: É um indicador de matéria que mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica, biodegradável ou não, através de agente químico forte. A matéria orgânica presente na água, além de responsável pela cor, odor, turbidez e outras características, resulta no consumo de oxigênio dissolvido no líquido, devido à sua estabilização ou decomposição biológica. Aumentos na quantidade de oxigênio consumido decorrem principalmente de despejos de origem industrial.

b) Oxigênio dissolvido: É fundamental para a manutenção da vida aquática aeróbia e para a manutenção dos processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos, sendo naturalmente proveniente de processos cinéticos e fotossintéticos. A quantidade de oxigênio dissolvido na água é um índice expressivo de sua qualidade sanitária. Águas superficiais de boa qualidade devem estar saturadas de oxigênio. Uma água saturada pode ou não estar poluída, mas a saturação indicará que não está contaminada com matéria orgânica oxidável.

Às vezes a água pode estar supersaturada, isto é, pode reter (solubilizar) mais oxigênio do que a saturação. Pode ocorrer quando a água passa por uma correnteza ou uma queda, sendo comum em rios controlados por represa, mas geralmente não dura muito tempo. A supersaturação pode ser prejudicial aos peixes, já que suas brânquias podem romper ou rasgar pelo oxigênio demasiado.

A concentração do oxigênio diminui em função do aumento da temperatura, variando de 15,62 mg/L a 0°C, para soluções nulas de cloreto, a 6,13 m/L a 30°C, para soluções com concentração de cloreto da ordem de 20.000 mg/L. Quedas significativas nos teores de oxigênio dissolvido são provocadas por despejos principalmente de origem orgânica. Apesar de essencial à vida, o oxigênio é fator importante na corrosão de tubulações de ferro e aço.

c) Coliformes: As bactérias do grupo coliformes são as principais indicadoras de contaminação fecal. Os coliformes fecais são um grupo de bactérias dentro do qual se encaixam os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias do grupo coliformes são gram-negativas aeróbicas ou anaeróbicas facultativas, de hastes não esporuladas que estão associadas às fezes de animais de sangue quente, e ao solo as que são capazes de fermentar a lactose.

Os coliformes fecais reproduzem-se ativamente a 44,5°C, sendo que seu uso para indicar a poluição sanitária é mais significativo do que os coliformes “totais”, porque as primeiras estão restritas a fezes de animais de sangue quente. A determinação da presença ou ausência de coliformes é importante como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, como por exemplo a febre tifóide, a febre paratifóide e a disenteria bacilar.

d) pH: O Potencial Hidrogeniônico (pH) expressa o equilíbrio entre os íons (H^+) e (OH^-), apresentando uma variação de 0 a 14, sendo o seu valor neutro igual a 7,0. Águas com pH inferior a 7,0 são consideradas ácidas e com pH maior do que 7,0 são as básicas. Sua variação pode ocorrer naturalmente na presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos, porém grandes alterações provêm de despejos industriais e águas residuárias de minas.

O pH menor do que 5,0 ou maior do que 9,0 pode causar o desaparecimento de espécies aquáticas. Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de distribuição de água, havendo assim, uma possível extração do ferro, cobre, zinco, chumbo e cádmio, dificultando a descontaminação da água. O pH influi na coagulação química e sedimentação nas estações de tratamento de água, sendo também

importante nos processos biológicos e químicos das estações de tratamento de esgoto. Industrialmente, existem faixas adequadas de pH para utilização em cada tipo de indústria.

e) Temperatura: A temperatura influencia os processos biológicos, as reações químicas e bioquímicas, caracterizando outros parâmetros como a densidade, viscosidade, pressão de vapor e solubilidade dos gases dissolvidos na água. A solubilidade de gases dissolvidos é inversamente proporcional à temperatura e a solubilidade de sais minerais é diretamente proporcional.

Sua variação ocorre naturalmente de acordo com a variação da temperatura do ar, sendo influenciada pela latitude, altitude, estações do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Porém, grandes alterações são decorrentes de despejos de origem industrial e descargas de usinas termoelétricas.

Grandes variações causam efeitos danosos aos ecossistemas aquáticos. Temperaturas altas acarretam na redução do oxigênio dissolvido e no consumo de oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas. Nas estações de tratamento de água, influenciam nas unidades de floculação/sedimentação, deposição de lodos e estratificação térmica em reservatórios e diminuição da solubilidade do oxigênio.

O efeito da temperatura sobre as características químicas da água decorre da influência que a mesma exerce sobre as reações químicas. A velocidade da reação duplica para cada aumento em 10°C de temperatura, acelerando assim as reações que se relacionam com atividade microbiana. O seu efeito não pode ser considerado isoladamente de outros fatores ambientais.

Para a obtenção do IQA, o método propõe que seja encontrado o afastamento da temperatura. Assim, a mesma deve ser medida no ponto em estudo e a uma milha (1.609 m) rio acima, tomando-se cuidado para que esta última medição não sofra as interferências da luz solar e da profundidade do curso d'água.

f) Nitrato: Constituinte fundamental para o desenvolvimento das plantas, o nitrato é um composto estável proveniente da decomposição do nitrito pelas nitrobactérias em ambientes aeróbicos. Em condições anaeróbicas pode ser reduzido a nitrito. Estes, por sua vez, são compostos instáveis produzidos a partir da oxidação da amônia pela ação das bactérias nitrificantes.

O nitrato ocorre naturalmente nas águas por oxidação bacteriana e matéria orgânica de origem predominantemente animal, ou ainda, por dissolução das rochas, sendo a principal forma de nitrogênio configurado encontrado em águas. Concentrações altas são decorrentes do uso de fertilizantes e do lançamento de esgotos orgânicos. Sendo assim, valores superiores a 5 mg/L demonstram condições sanitárias inadequadas. Concentrações altas deste composto (>20 mg/L) podem provocar cianose em crianças. Como também o fósforo, o nitrato contribui para a proliferação de organismos aquáticos e conseqüente eutrofização do corpo d'água.

g) Fósforo: O fósforo participa dos processos de respiração e fotossíntese, sendo um importante nutriente para o crescimento e reprodução dos microorganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica presente na água. Pode ocorrer sob a forma orgânica (proteínas) ou mineral (ortofosfatos e polifosfatos).

O fósforo aparece quase exclusivamente em águas naturais e residuárias na forma de fosfato, sendo o mais importante deles o fósforo reativo, ou ortofosfato. Algumas vezes, ainda com menor frequência, o fósforo pode estar presente na água na forma de estruturas orgânicas, tais como fosfolipídios e fragmentos de cadeias peptídicas.

Em águas naturais é formado principalmente durante os processos biológicos de transformação de substâncias orgânicas em fosfato inorgânico, ou pela lixiviação do solo e minerais. Concentrações altas ocorrem, especialmente, por despejos domésticos e industriais ou, ainda, outros efluentes que contenham detergentes.

Grandes concentrações causam a proliferação de algas e conseqüente eutrofização dos corpos d'água, a qual promove a desestabilização do ecossistema, havendo muitas alterações nas características químicas da água e na comunidade aquática.

h) Cor: A cor é resultante da presença de substâncias coloridas em solução, na água. Esta característica é acentuada quando da presença de matéria orgânica, de minerais como o ferro e o manganês, de despejos coloridos contidos em esgotos industriais e outros materiais em suspensão.

A cor pode ser expressa como cor aparente ou cor verdadeira. A cor aparente inclui tanto os materiais dissolvidos como os materiais em suspensão. Por centrifugação ou filtração, removem-se os materiais suspensos, obtendo-se assim, a cor verdadeira. É pouco freqüente a relação entre cor acentuada e risco sanitário nas águas coloridas. Em geral, o problema maior de coloração na água é o estético.

i) Turbidez: A turbidez mede a resistência da água à passagem de luz, sendo uma característica normal das águas correntes. Em águas dormentes, a turbidez geralmente apresenta valores baixos, podendo aumentar em dias de chuva. É conseqüência natural do material em suspensão, plâncton, microorganismos, argilas e siltes nas águas. Sua principal fonte é o aporte de partículas do solo provenientes da superfície da bacia hidrográfica, devido a desmatamentos, processos erosivos e atividades de mineração. Também pode decorrer de despejos de efluentes que contenham materiais finos.

Afeta esteticamente a água para uso doméstico, industrial e recreacional. Se for muito alta, a turbidez pode causar alterações no ecossistema aquático devido à redução da penetração de luz. Nas estações de tratamento para abastecimento público e industrial, aumenta os custos do processo (CETESB, 1995; HACH COMPANY, 1993; LEON, 2002; MOTA, 1995; TUCCI, 1993).

Os cientistas da NSF foram designados a graficar o nível da qualidade da água, classificando de 0 (pior) a 100 (melhor) os parâmetros selecionados. As curvas foram então graficadas para obtenção de um peso para cada parâmetro. Os resultados dos nove parâmetros são comparados às curvas e os valores numéricos, ou valores “Q”, são obtidos. As curvas para obtenção dos valores de Q podem ser encontradas na Figura 34 (Anexo A).

Depois que o valor de Q é obtido, este é multiplicado por um fator-peso, baseado na importância dos parâmetros na qualidade da água. Os nove valores resultantes são então somados para se chegar ao Índice de Qualidade da Água Global. Se menos que nove testes forem executados, o Índice de Qualidade da Água Global pode ser estimado pela adição dos resultados e ajustados para o número de testes. Por exemplo, se a DBO e a temperatura não forem avaliados, os sete parâmetros restantes devem ser somados, como também os sete fatores-peso. O valor anterior é então dividido pelo último para obtenção do IQA Global. De acordo com Brown et al. (1970), as classes do IQA são assim definidas:

- 90-100: Excelente;
- 70-90: Boa;
- 50-70: Média;
- 25-50: Ruim;
- 0-25: Muito Ruim.

A CETESB (2001) coloca que, para simplificar o processo de divulgação dos dados de qualidade das águas para a população, vem utilizando, desde 1974, o IQA adaptado do índice desenvolvido pela NSF, em 1970. A companhia classificou o IQA da seguinte forma:

- 80-100: Ótima;
- 52-79: Boa;

- 37-51: Aceitável;
- 20-36: Ruim;
- 0-19: Péssima

De forma simplificada, a obtenção do IQA requer primeiramente um passo de normalização, aonde cada parâmetro é transformado em uma escala de 0 a 100 %, sendo 100 a representação da melhor qualidade. O próximo passo é aplicar os fatores de peso que refletem a importância de cada parâmetro como um indicador de qualidade da água (BOLER, 1992; CONESA, 1995; ESTEVAN, 1989; ZAGATO et al., 1998). O IQA fornece um número que pode ser associado com uma percentagem de qualidade, de fácil compreensão, e baseado em critérios científicos de qualidade (PESCE, 2000).

A seguir serão apresentados os principais equipamentos e metodologias utilizados no presente trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Seleção dos Parâmetros

Levando-se em consideração a falta de tratamento de esgoto sanitário e o grande número de indústrias na área de estudo, além das condições disponíveis para realização das atividades, os parâmetros selecionados para a análise do Índice de Qualidade da Água são:

- Matéria orgânica (Redução ao Permanganato);
- Oxigênio dissolvido;
- Coliformes fecais;
- pH;
- Temperatura;
- Nitratos;
- Fosfato total;
- Cor;
- Turbidez.

Os parâmetros foram analisados conforme metodologia estabelecida pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA WPCF) (1998), conforme segue.

a) Matéria orgânica

Esta análise foi realizada através de titulometria de redox, baseando-se na oxidação da matéria orgânica com permanganato de potássio (KMnO_4) em meio ácido, utilizando-se, neste caso, o ácido sulfúrico (H_2SO_4), pois o íon sulfato não é consumido pelo permanganato. O

objetivo é oxidar quantitativamente as substâncias oxidáveis nas condições da determinação. Sendo assim, é necessário adicionar o permanganato em excesso e trabalhar a quente.

Nesta metodologia, adiciona-se 10 mL de ácido sulfúrico 1:3 e 10 mL de permanganato de potássio N/80 a um erlenmeyer contendo 100 mL da amostra a ser analisada, seguindo com o aquecimento da solução em chapa de amianto por dez minutos após o início da fervura. Posteriormente ao devido tempo de aquecimento, acrescenta-se 10 mL de oxalato de sódio N/80 (solução redutora) ao erlenmeyer e titula-se a amostra ainda quente com o permanganato de potássio N/80. A quantidade de permanganato gasta é igual à quantidade do oxigênio ativo consumido pela mostra, sendo conveniente salientar que a matéria orgânica carbonatada é oxidada, mas não na sua totalidade, pois a matéria nitrogenada não é atacada. A análise não diferencia matéria orgânica estável de matéria orgânica instável.

b) Oxigênio dissolvido, nitratos, fosfato total e cor aparente

Estas análises foram realizadas com o espectrofotômetro DR-2000 da Hach, que pode ser visto na Figura 35 (Apêndice A), sendo que os reagentes são: *High Range Dissolved AccuVac Ampul* para oxigênio dissolvido, *NitraVer 5* para nitratos e *Molybdate Reagent* e *Amino Acid Reagent Solution* para fosfato total, não havendo necessidade da utilização de reagentes para a análise de cor. A aferição do equipamento é realizada anualmente por técnicos especializados. Utilizou-se a metodologia de fosfato reativo como sendo fosfato total, já que, conforme Leon (2002), o fósforo é encontrado quase que exclusivamente na forma de ortofosfatos.

c) Coliformes Totais

Esta análise foi realizada com a técnica dos tubos múltiplos, na qual se determina o Número Mais Provável (NMP) de coliformes a partir da combinação de resultados positivos e negativos. Faz-se, então, uma estimativa através de uma tabela estatística.

Todo o material utilizado neste ensaio (pipetas, frascos de coleta, águas de diluição, tubos de ensaio e meios de cultura) foi esterilizado em autoclave vertical para laboratório da marca FABBE, apresentado na Figura 36 (Apêndice A), com capacidade para 125 L, a 121°C por 15 minutos. O meio de cultura foi preparado numa proporção de 17 g de Fluorocult Caldo LMX da Merck diluído em 1 L de água desmineralizada e, posteriormente, distribuído em porções de 10 mL em tubos de ensaio.

Após organizar os tubos em estantes com três fileiras de três tubos, semeou-se 0,1 mL, 1mL e 10 mL nos tubos da primeira, segunda e terceira fileira, respectivamente, sempre tomando os devidos cuidados de assepsia. Após a inoculação de todos os volumes de amostra, colocou-se a estante contendo os tubos inoculados em estufa bacteriológica para culturas, da marca Fanem, apresentada na Figura 37 (Apêndice A), a $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas (+/- 2h). Após este período os tubos foram retirados para leitura dos resultados, examinando-os quanto à produção de gás, quando então há uma variação da cor de amarelo claro para verde-azulado.

Para examinar a presença ou ausência de coliformes de origem fecal, tomou-se os tubos com resultado positivo, colocando-os frente à luz ultravioleta. Os tubos que apresentaram fluorescência são os que tinham coliformes fecais no meio.

Para os casos aonde se tem indício de poluição, as amostras foram diluídas transferindo-se 10 mL da amostra para um frasco de $90\pm 2\text{mL}$ de água de diluição tamponada, preparando-se assim, a primeira diluição decimal (10^{-1}), sendo que 1 mL da mesma corresponde a 0,1 mL da amostra. Com uma pipeta, o procedimento foi seguido com a inoculação. Quando necessário, procedeu-se desta maneira nas seqüências de diluição desejadas (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} ...).

d) pH

O pH foi medido com um pHmetro Digital PG 2000 da GEHAKA, que pode ser visto na Figura 38 (Apêndice A), sendo sua calibração realizada antes de cada batelada das amostras coletadas para análise e a aferição também realizada anualmente.

e) Temperatura

A temperatura foi medida *in situ* com um termômetro da Incoterm. Este possui uma coluna de mercúrio, capilar prismático transparente e escala interna com variação de -10 a 250°C. Sabendo que a área em estudo não sofre interferências que causem consideráveis variações de temperatura, a medida deste parâmetro a uma milha acima dos pontos de coleta não foi realizada.

f) Turbidez

A Turbidez foi medida com o turbidímetro 2100 P da Hach, apresentado na Figura 39 (Apêndice A), sendo sua aferição realizada anualmente por técnicos especializados.

3.2 Considerações para o Cálculo do IQA

3.2.1 Matéria Orgânica

Como a NSF considera DBO para a análise de matéria orgânica e, neste caso, utilizou-se a metodologia de Redução ao Permanganato, foi feita uma curva baseada no índice de Bascarón (PESCE, 2000; RIZZI, 2001), que apresenta seus dados baseados nesta metodologia. Os valores de Bascarón e a curva obtida estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 5, respectivamente.

Tabela 3: Valores Q de acordo com a quantidade de matéria orgânica da amostra.

Redução Permanganato (mg/L)	Valor Q
<0,5	100
1	90
2	80
3	70
4	60
5	50
6	40
8	30
10	20
12	10
>15	0

Fonte: adaptado de Pesce (2000) e Rizzi (2001).

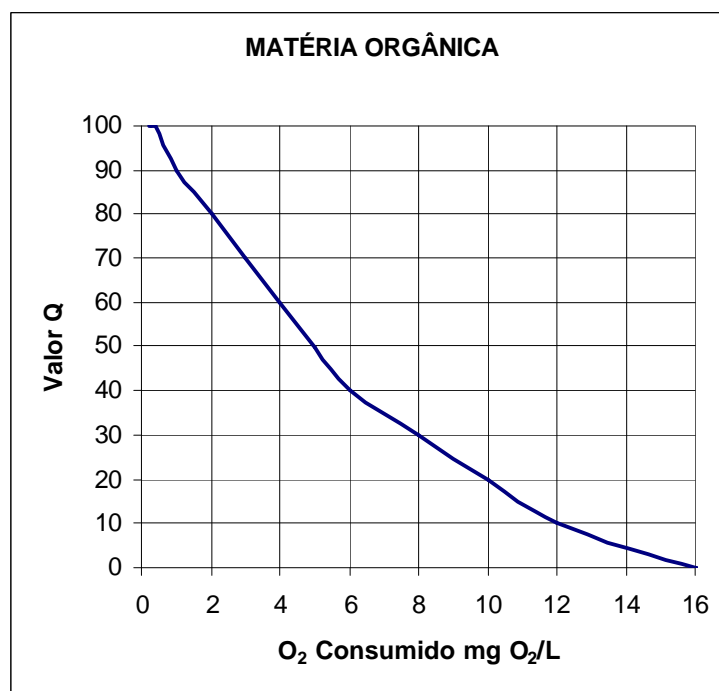


Figura 5: Curva para obtenção de Q para o parâmetro matéria orgânica.

Fonte: adaptado de Pesce (2000) e Rizzi (2001).

3.2.2 Temperatura

Para o parâmetro temperatura atribuiu-se Q igual a 94 para todos os casos porque os cursos d'água selecionados para análise não apresentam grandes variações de temperatura à montante ou à jusante do ponto de coleta, procedimento este também adotado pelo Ministério Do Meio Ambiente (BRASIL, 2005).

3.2.3 Oxigênio Dissolvido

O resultado da análise Oxigênio Dissolvido é obtido em mg/L. Para a obtenção do valor Q, fez-se necessária a sua transformação para % de Oxigênio saturado. Para tanto, utilizou-se a Equação Geral para o Cálculo de Oxigênio Dissolvido, considerando a temperatura e a altitude, assim descrita em Brasil (2005):

$$C_5 = (14.62 - (0.3898 B_5) + (0.006969 B_5^2) - (0.00005896 (B_5^3))) \times ((1 - 0.0000228675 B_6))^{5.167}$$

Onde:

C_5 = equação geral para cálculo de oxigênio dissolvido considerando a temperatura e a altitude (mg/L);

B_5 = temperatura (°C);

B_6 = altitude (m).

A seguir utilizou-se a seguinte equação:

$$C_6 = B_4 \times 100/C_5$$

Onde:

B_4 = valor medido de oxigênio dissolvido em mg/L de O_2 ;

C_5 = equação geral para O_2 considerando temperatura e altitude; e

C_6 = equação geral para o cálculo de oxigênio dissolvido envolvendo a temperatura, altitude e o valor medido de oxigênio dissolvido em mg/L de O_2 (% oxigênio saturado).

Para a altitude considerou-se 24 m, de acordo com o descrito em Seibel et al. (2002). Para os casos em que a temperatura não foi determinada, utilizou-se a média dos valores obtidos nas demais ocasiões naquele ponto de coleta.

3.2.4 Cor

Em substituição a sólidos totais, parâmetro utilizado pela NSF, analisou-se cor aparente, atribuindo-se a este o mesmo peso, já que quando se lê cor aparente estão sendo inclusos os materiais dissolvidos e os materiais em suspensão, ou seja, os sólidos totais. Porém, não foi utilizada a mesma curva para a obtenção de Q. Neste caso, utilizou-se a correlação entre cor e valores Q proposta por Rizzi (2001), que é direcionada a um IQA para fins de abastecimento público de água, quando o autor acrescenta outros parâmetros além dos estabelecidos pela NSF para a obtenção do índice. Os valores sugeridos na correlação estão descritos na Tabela 4:

Tabela 4: Valores Q de acordo com a cor da amostra.

Cor (mg Pt-Co/L)	Valor Q
0	100
7	95
14	90
20	85
27	80
34	75
40	70
47	65
54	60
62	55
80	50
100	45
120	40
135	35
155	30
160	25
200	20
250	15
>250	10

Fonte: adaptado de Rizzi (2001).

A curva obtida através dos dados da Tabela 10 é apresentada na Figura 6.

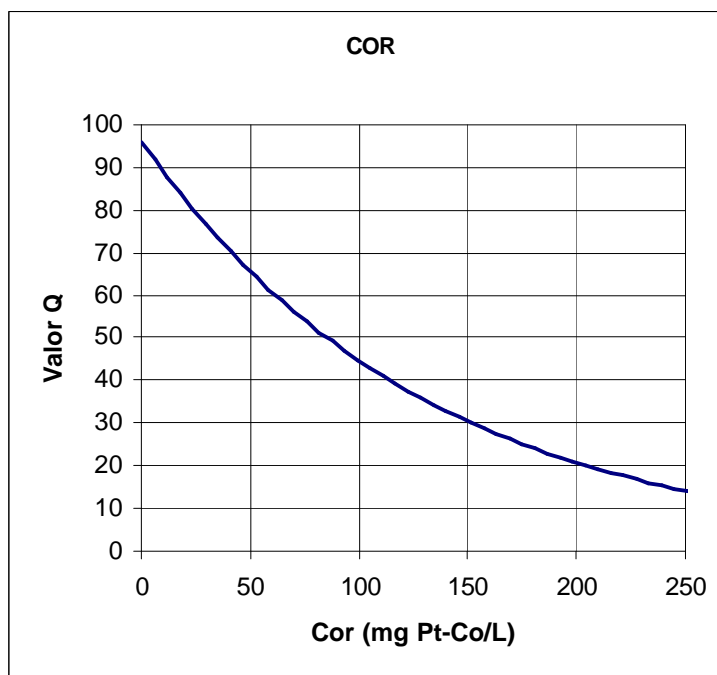


Figura 6: Curva para obtenção de Q para o parâmetro cor.

Fonte: adaptado de Rizzi (2001).

3.3 Seleção da Área de Estudo

O monitoramento foi realizado na bacia do Rio Itajaí Mirim, em Brusque –SC, a partir de um ponto localizado próximo à divisa dos municípios Brusque e Botuverá, identificado como IM1, até um ponto onde está localizado o principal ponto de captação de água para abastecimento público do município, sendo este caracterizado como IM2.

A seleção dos pontos (Figura 7) foi feita de modo a ter-se uma referência para posterior verificação do potencial de poluição hídrico, analisando-se a qualidade da água na entrada de Brusque até o ponto de captação de água do SAMAE. Desta forma, busca-se avaliar as interferências naturais e antropogênicas entre os dois pontos selecionados e quais as suas influências sobre o sistema de tratamento de água municipal.

Além desses, foram selecionados mais quatro pontos (Figura 5), sendo estes colaboradores do Rio Itajaí Mirim entre IM1 e IM2. São eles: Ribeirão do Lajeado (C1), Ribeirão das Pedras Grandes (C2), Rio do Cedro (C3) e Rio das Águas Claras (C4). Estes podem ser considerados como as maiores contribuições quantitativas entre os dois primeiros pontos selecionados.

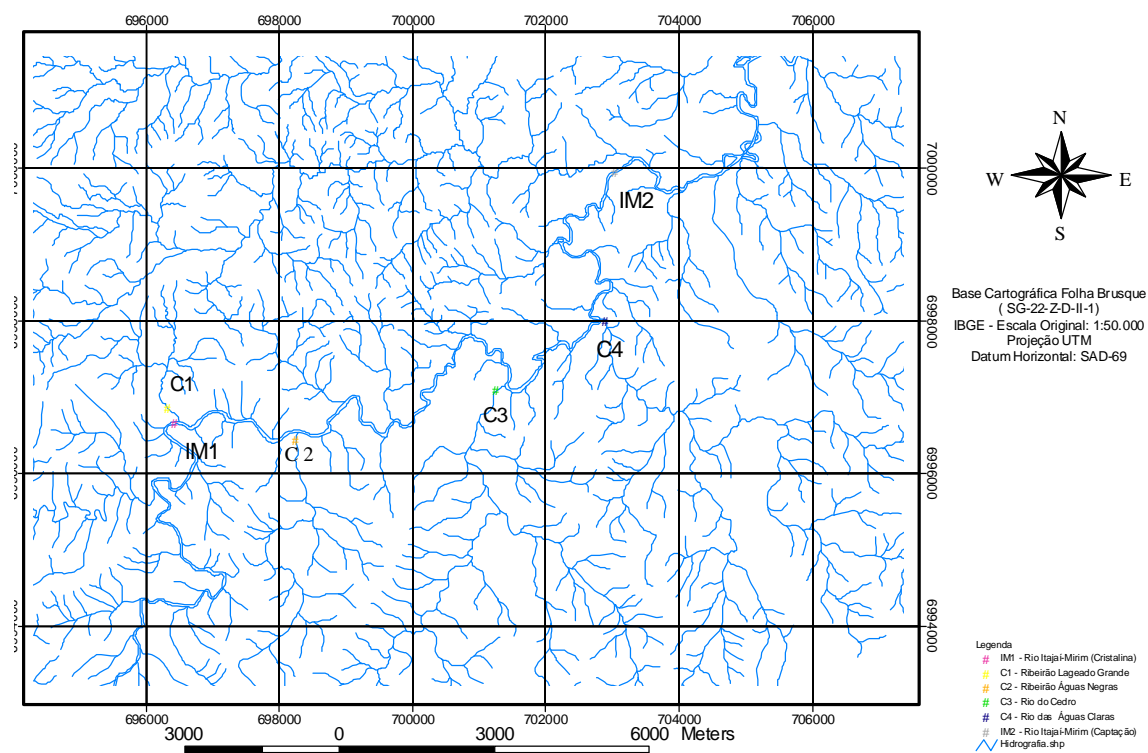


Figura 7: Mapa hidrográfico com os pontos de coleta

Fonte: adaptado do IBGE (2004).

Com um navegador pessoal, o *Global Positioning System* (GPS), modelo Garmin eTrex Vista, foi encontrada a distância entre os pontos de estudo. Assim, o Ribeirão do Lajeado (C1) encontra-se a uma pequena distância de IM1 (aproximadamente 5m). O Ribeirão das Pedras Grandes (C2) está a 2,86 km de IM1. Rio do Cedro e Rio das Águas Claras estão a 10,12 e 13,12 km, respectivamente, em relação à IM1. E, finalmente, IM2 distancia 18,32 km de IM1, sendo esta a distância que limita a área de estudo no Itajaí-Mirim.

A seleção dos pontos ocorreu através de uma campanha de reconhecimento da área de estudo, em 02 de dezembro de 2004, quando então se percorreu o Rio Itajaí Mirim entre os

pontos IM1 e IM2 com barcos do Corpo de Bombeiros de Brusque e acompanhamento de representantes deste grupo.

3.4 Realização das Campanhas

Além da campanha de reconhecimento, foram realizadas mais oito campanhas entre dezembro de 2004 e abril de 2005. Entre estas, uma foi realizada percorrendo-se o trajeto com barcos do Corpo de Bombeiros de Brusque, além da presença da diretoria do SAMAE e representantes de um jornal local, O Município, que divulgou o ocorrido. Além de objetivar as coletas do presente estudo, o fato comemorou o Dia Internacional da Água, em 22 de março. As demais coletas foram realizadas utilizando-se uma vestimenta impermeável, adentrando-se transversalmente ao curso do rio.

As coletas seguiram uma das metodologias sugeridas por Branco (1991), a qual se pode denominar Amostragem Simples, em um ponto central da seção transversal do rio, na superfície (15 a 30 cm de profundidade). Em IM1 e IM2, quando as campanhas não ocorreram com os barcos, as coletas realizaram-se a aproximadamente 1,5 m da sua margem, já que estes são pontos de maior profundidade e largura. Assim, em uma das ocasiões, para comprovar a pequena variação dos parâmetros entre IM1 e IM2 ao longo da seção transversal, esta foi dividida em cinco partes. Os parâmetros físico-químicos foram, então, analisados a cada 10 m, sendo que para o cálculo do IQA foram utilizadas as médias dos valores obtidos.

As amostras foram coletadas em frascos de polietileno ou vidro, posteriormente armazenados em caixas térmicas sob baixa temperatura. Na maioria dos casos, as análises foram realizadas imediatamente após a chegada ao laboratório e estabilização da temperatura das

amostras, porém, quando necessário, a preservação e o tempo máximo de permanência foram realizados de acordo com Hach Company (1993).

3.5 Medição de Vazão

Devido à falta de materiais a respeito da área de estudo, em uma das campanhas foi medida a vazão dos afluentes do Rio Itajaí-Mirim. Para tanto, foram medidas a largura e a profundidade média próximo à foz, obtendo-se, a partir da multiplicação destes valores, a área de seção transversal do afluente. Prosseguiu-se medindo a velocidade da água nestes pontos, sendo que esta foi obtida a partir da divisão de uma distância pré-determinada, no sentido do curso d'água e próximo à foz dos afluentes, pelo tempo que um objeto flutuante qualquer leva para percorrer o referido espaço. A velocidade da água dividida pela área da seção transversal do afluente resulta na sua vazão.

3.6 Documentação Fotográfica

Para colaborar com a caracterização do campo de estudo, uma documentação fotográfica foi reunida no decorrer das campanhas. Assim, algumas características foram descritas no item Resultados e Discussões. Parte das fotos estão apresentadas através das Figuras 40 a 55, no Apêndice B. A seguir são apresentados os resultados obtidos no presente trabalho e discussões.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados alguns detalhes observados a respeito da área de estudo, incluindo os ribeirões contribuintes ao Itajaí-Mirim.

O Rio Itajaí-Mirim é um rio que se apresenta com suas águas aparentemente mais turvas e escuras do que os seus afluentes. Em dias que sucedem a situações de alta pluviosidade, observam-se grandes aumentos nessas características, demonstrando a falta de proteção das suas margens.

O ponto que fica próximo à divisa de Brusque e Botuverá, apesar de também apresentar diferenças visíveis nas ocasiões pós-chuva, não passa por locais com grandes interferências, destacando-se apenas o município de Vidal Ramos, que tem 6.279 habitantes distribuídos em uma área de 339 km² e Leoberto Leal, com 3.739 habitantes em uma área de 291 km² (BRASIL, 2004). A parte do Itajaí-Mirim que fica próxima à principal captação de água do SAMAE sofre as interferências dos seus colaboradores, do esgoto doméstico de áreas com 14,53 a 57,65 hab/km², das indústrias, das áreas de pastagens, das extratoras de areia em leito, entre outras menos expressivas. Para demonstrar os pontos de coleta deste rio, tem-se as Figuras 8 e 9.



Figura 8: Rio Itajaí-Mirim – IM1.



Figura 9: Rio Itajaí-Mirim – IM2.

O Ribeirão do Lajeado tem seu percurso principalmente pelo município de Guabiruba, vindo a desembocar no Itajaí-Mirim em Brusque, no perímetro rural. Como também o Ribeirão das Pedras Grandes, passa, em sua maioria, por regiões pouco povoadas. Grandes interferências não foram identificadas. A vazão medida foi de 433,92 L/s. Algumas imagens apresentam-se nas Figuras 10 e 11.



Figura 10: Ribeirão do Lajeado.

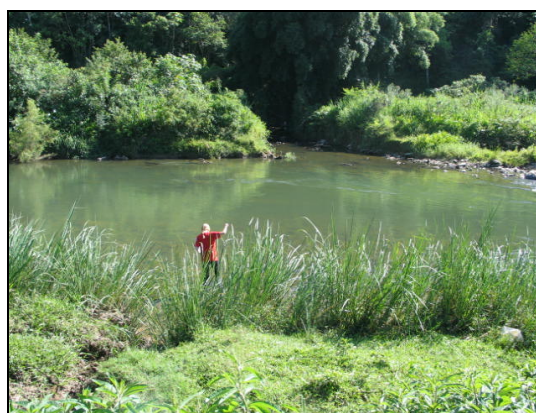


Figura 11: Foz do Ribeirão do Lajeado – C1.

Dos colaboradores estudados, o Ribeirão das Pedras Grandes (C2) é o de menor interferência, em termos de volume de água, sobre o Rio Itajaí-Mirim, sendo que a vazão medida foi de 204,10 L/s. A região por onde passa este ribeirão não pertence ao perímetro urbano, sendo pouco ocupada por residências e indústrias. O que pode interferir sobre as características deste ribeirão são algumas áreas de pastagem e de agricultura ali presentes.

Há de se ressaltar que, apesar da baixa ocupação, o esgoto doméstico, na maioria dos casos, é diretamente lançado neste curso d'água. Assim, devido à pequena vazão, algumas interferências podem ocorrer. Alguns documentos fotográficos estão apresentados nas Figuras 12 e 13.



Figura 12: Ribeirão das Pedras Grandes. Figura 13: Foz do Ribeirão das Pedras Grandes – C2.

O bairro mais densamente povoado pelo qual passa o Rio do Cedro, onde situa-se o ponto C3, é o Dom Joaquim, com 23,6 hab/km². Antes disso, passa por outros bairros aonde a densidade é menor, mas que tem expressivas áreas de pastagem às suas margens. As áreas de pastagem levam ao desaparecimento da mata ciliar e, assim, ao carreamento das encostas de barranco, com conseqüentes açoreamentos e aumento de turbidez, entre outras alterações nas características naturais da água.

As águas deste rio não têm um aspecto agradável, sendo que em algumas situações são encontrados, inclusive, animais mortos em decomposição. A vazão medida foi de 1.119,96 L/s. Algumas imagens deste rio podem ser vistas através das Figuras 14 e 15.



Figura 14: Rio do Cedro.



Figura 15: Foz do Rio do Cedro – C3.

O Rio das Águas Claras, onde se situa o ponto C4, passa, ao final do seu percurso, pelo bairro Águas Claras, o terceiro mais densamente povoado da cidade de Brusque, com 47,38 hab/km². Ao longo do seu percurso podem ser observadas, em substituição à mata ciliar, várias residências nas encostas dos barrancos, que, na maioria dos casos, têm o seu esgoto lançado diretamente no rio. Porém, o problema da densidade populacional não se restringe só a isto, já que, em algumas situações, não só os efluentes líquidos têm como destino o Rio das Águas Claras, ocorrendo o mesmo com os resíduos sólidos.

Além disso, são encontradas também indústrias localizadas próximo às margens e, em alguns casos, extratoras de areia em leito que, apesar da baixa vazão, adentram ao Águas Claras. Todas estas interferências tendem a influenciar na qualidade da água deste rio, o que já pôde ser identificado durante as coletas através dos odores similares aos de esgoto orgânico, presenciados no local. A vazão medida foi de 1.216 L/s. Algumas imagens deste rio estão apresentadas nas Figuras 16 e 17.



Figura 16: Rio da Águas Claras.



Figura 17: Foz do Rio das Águas Claras – C4.

Dados de tempo, temperatura e pluviosidade que foram coletados durante as campanhas são relevantes para o estudo. A apresentação está na Tabela 5.

Tabela 5: Dados de tempo, temperatura e pluviosidade coletados durante as campanhas.

Data	Tempo	Temperatura do ar (°C)	Pluviosidade (mm) – acumulado em 7 dias
21/12/2004	Nublado	21	33,9
06/01/2005	Ensolarado	ND ¹	29,7
19/01/2005	Nublado	ND ¹	51,2
10/02/2005	Ensolarado	32	3,2
03/03/2005	Nublado com chuva	26	13,8
19/09/2005	Ensolarado	37	29,3
31/03/2005	Nublado	30	27,3
15/04/2005	Ensolarado	32	6,8

1– ND: Não Determinado.

Fonte: Epagri (Estação de Blumenau – SC).

Caracterizados os locais e coletadas e analisadas as amostras, tem-se os resultados apresentados nas Tabelas de 6 a 11. Cada tabela refere-se a um determinado ponto e às coletas nele realizadas, apresentando-se, ainda, a importância de cada parâmetro, representada através

dos pesos determinados pela *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos. O valor Q para os parâmetros oxigênio dissolvido, pH, nitratos, fosfato total, turbidez e coliformes fecais foi obtido das curvas também propostas pela NSF.

Tabela 6 – Resultados obtidos para o local IM1.

LOCAL: Rio Itajai-Mirim, Próximo à divisa entre Brusque e Botuverá		CLASSE: II															
CÓDIGO DO LOCAL: IM-1		21/12/04		06/01/05		19/01/05		10/02/05		03/03/05		19/03/05		31/03/05		15/04/05	
Parâmetros	Unidade	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q
Matéria orgânica	mg/L	56	ND ²	89	89	ND ²	82	82	ND ²	82	82	72	72	70	70	76	76
Oxigênio Dissolvido	mg/L	99	8,3	9,9	89	9,8	9,4	94	89	8,6	99	10,0	83	99	9,38	92	92
PH		92	7,55	7,41	93	7,57	7,47	93	92	7,51	92	7,31	93	7,32	7,26	92	92
Temperatura água	°C	94	ND ²	ND ²	94	ND ²	25,0	94	94	23,5	94	30,0	94	27,0	94	27,1	94
Nitrato	mg/L	97	0,5	0,5	97	0,7	0,2	97	96	1,3	96	0,7	96	0,3	97	0,48	97
Fosfato total	mg/L	33	1,37	2,09	26	1,54	3,41	19	31	4,38	15	1,36	33	2,21	26	3,12	20
Cor	mg Pt-Co/L	40	111	108	42	231	36	72	16	139	32	198	20	38	70	52,8	64
Turbidez	NTU	60	21,2	17,3	64	44,0	3,57	89	43	23,8	58	34,5	49	4,15	88	6,20	84
Coliformes fecais	NMP/100 mL	8	23.000	Zero	99	9.300	43.000	6	10	700	25	15.000	9	2.100	18	4.300	14
Valor do IQA		64		80		60	69		66		61		71		69		
Desvio padrão		6,39															
Desvio Relativo Máximo		18,51 %															

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Tabela 7 – Resultados obtidos para o local IM2.

LOCAL: Rio Itajai-Mirim, Próximo à captação de água do SAMAE		CLASSE: II															
CÓDIGO DO LOCAL: IM-2		21/12/04		06/01/05		19/01/05		10/02/05		03/03/05		19/03/05		31/03/05		15/04/05	
Parâmetros	Unidade	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q
Matéria orgânica	mg/L	2,35	75	3,4	ND ²	9,2	94	10,1	87	0,64	96	3,73	64	2,71	71	2,91	70
Oxigênio Dissolvido	mg/L	9,3	94	9,8	89	7,09	90	7,09	90	6,53	73	7,15	91	7,00	88	7,04	89
PH		7,09	94	7,31	94	7,11	94	7,09	94	6,53	94	7,15	94	7,00	94	7,04	94
Temperatura água	°C	26	94	ND ²	94	ND ²	94	27,0	94	26,0	94	27,0	94	27,0	94	26,7	94
Nitrato	mg/L	0,6	96	0,6	96	0,6	96	0,3	97	0,7	96	0,8	96	0,4	97	0,5	97
Fosfato total	mg/L	1,25	35	3,63	18	1,62	30	3,21	20	3,40	19	1,26	35	2,63	23	2,83	22
Cor	mg Pt-Co/L	124	37	132	34	159	28	59	60	154	30	204	19	71	56	100,4	44
Turbidez	NTU	22,3	59	21,3	60	27,1	55	6,23	84	25,6	57	34,2	50	9,02	78	14,5	68
Coliformes fecais	NMP/100 mL	24.000	8	2.300	18	2.300	18	4.300	14	15.000	9	2.100	18	2.300	18	4.300	14
Valor do IQA		65		63		64		68		63		63		68		66	
Desvio padrão		2,14															
Desvio Relativo Máximo		4,61 %															

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Tabela 8 – Resultados obtidos para o local C1.

LOCAL: Ribeirão do Lajeado, Próximo à foz no rio Itajaí-Mirim		CLASSE: II												
CÓDIGO DO LOCAL: C-1		21/12/04	06/01/05	19/01/05	10/02/05	03/03/05	19/03/05	31/03/05	15/04/05	Valor	Valor	Valor	Valor	
Parâmetros	Unidade	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	Valor Q	
Matéria orgânica	mg/L	1,29	87	-	1,22	87	ND ²	-	3,26	67	2,70	71	2,52	73
Oxigênio Dissolvido	mg/L	10,0	90	83	10,5	88	9,2	98	10,9	81	9,0	97	9,2	96
PH		7,00	88	85	7,52	92	7,63	92	7,41	93	7,30	93	7,35	93
Temperatura água	°C	ND ²	94	94	24,0	94	23,0	94	27,0	94	25,0	94	25,0	94
Nitrato	mg/L	1,4	96	1,1	1,0	96	1,4	96	1,6	95	1,4	96	1,6	95
Fosfato total	mg/L	2,00	27	4,29	16	3,70	17	1,98	1,38	33	3,05	21	5,29	12
Cor	mg Pt-Co/L	70	56	48	60	71	60	60	74	53	51	65	61	60
Turbidez	NTU	8,88	78	6,63	83	4,53	87	5,8	5,41	85	4,16	88	5,46	85
Coliformes fecais	NMP/100 mL	23.000	8	15.000	20	400	31	2.300	1.500	30	Zero	99	400	31
Valor do IQA		68	62	65	71	70	69	83	71	83	69	83	71	71
Desvio padrão		6,15												
Desvio Relativo Máximo		18,79 %												

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Tabela 9 – Resultados obtidos para o local C2.

LOCAL: Ribeirão das Pedras Grandes, Próximo à foz no rio Itajai-Mirim		CLASSE: II															
CÓDIGO DO LOCAL: C-2		21/12/04		06/01/05		19/01/05		10/02/05		03/03/05		19/03/05		31/03/05		15/04/05	
Parâmetros	Unidade	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q
Matéria orgânica	mg/L	1,76	83	ND ²	-	ND ²	-	1,54	84	ND ²	-	2,05	78	2,42	74	1,59	83
Oxigênio Dissolvido	mg/L	9,8	92	10,1	89	10,6	86	8,0	97	11,4	83	7,1	93	8,9	96	8,6	99
PH		7,30	93	7,17	91	7,22	92	7,22	92	7,27	92	7,18	92	7,05	89	7,11	90
Temperatura água	°C	ND ²	94	ND ²	94	ND ²	94	23,5	94	23,0	94	27,0	94	26,0	94	25,0	94
Nitrato	mg/L	0,3	97	0,4	97	0,3	97	0,3	97	0,9	96	0,4	97	0,3	97	0,4	97
Fosfato total	mg/L	1,78	29	6,83	8	1,42	32	3,24	20	1,34	33	1,01	40	1,57	30	4,39	15
Cor	mg Pt- Co/L	40	70	52	64	41	70	42	70	44	67	41	70	33	75	37	70
Turbidez		4,91	86	6,81	82	4,43	87	3,75	89	5,9	84	4,22	88	3,39	89	3,96	88
Coliformes fecais	NMP/ 100 mL	150.000	2	93.000	4	23.000	8	4.300	14	2.300	18	93.000	4	4.300	14	9.300	10
Valor do IQA		69		64		68		71		68		70		71		70	
Desvio padrão		2,29															
Desvio Relativo Máximo		3,09 %															

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Tabela 10 – Resultados obtidos para o local C3.

LOCAL: Ribeirão do Cedro, Próximo à foz no rio Itajaí-Mirim		CLASSE: II																
CÓDIGO DO LOCAL: C-3		21/12/04		06/01/05		19/01/05		10/02/05		03/03/05		19/03/05		31/03/05		15/04/05		
Parâmetros	Unidade	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	
Matéria orgânica	mg/L	1,96	79	ND ²	ND ²	ND ²	-	1,39	86	ND ²	86	-	8,73	26	4,3	56	4,07	59
Oxigênio Dissolvido	mg/L	8,2	99	9,9	90	10,6	85	11,4	82	8,0	97	8,1	99	6,8	90	7,6	96	
PH		7,43	93	7,01	88	6,91	86	6,89	85	6,98	88	7,00	88	6,84	84	6,86	85	
Temperatura água	°C	ND ²	94	ND ²	94	ND ²	94	24,0	94	23,0	94	29,0	94	27,0	94	25,0	94	
Nitrato	mg/L	0,8	96	0,7	96	0,5	97	0,5	97	0,5	97	0,4	97	0,6	96	0,5	97	
Fosfato total	mg/L	1,98	15	3,86	18	2,11	26	4,52	15	1,52	31	1,39	33	2,88	22	5,70	11	
Cor	mg Pt-Co/L	81	52	139	32	70	56	59	60	67	58	79	52	72	56	74	53	
Turbidez	NTU	9,58	77	21,4	60	8,68	79	6,09	84	6,89	82	8,15	80	5,32	85	6,59	83	
Coliformes fecais	NMP/100 mL	>2.400.000	2	93.000	4	23.000	8	23.000	8	24.000	8	24.000	8	46.000	6	43.000	6	
Valor do IQA		66	60	60	64	64	66	66	66	68	68	63	63	64	64	64	64	
Desvio padrão		2,39																
Desvio Relativo Máximo		5,63 %																

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Tabela 11 – Resultados obtidos para o local C4.

LOCAL: Ribeirão Águas Claras, Próximo à foz no rio Itajaí-Mirim		CLASSE: II																	
CÓDIGO DO LOCAL: C-4		21/12/04		06/01/05		19/01/05		10/02/05		03/03/05		19/03/05		31/03/05		15/04/05		Valor	
Parâmetros	Unidade	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q	Valor	Q
Matéria orgânica	mg/L	41	ND ²	ND ²	-	ND ²	-	2,37	75	1,8	81	7,44	33	8,04	29	6,61	36		
Oxigênio Dissolvido	mg/L	90	5,7	75	7,9	99	8,2	99	9,1	97	8,6	95	9,13	93	6,5	86			
pH																			
Temperatura água	°C	7,23	ND ²	92	7,28	92	7,26	92	7,42	93	6,86	85	7,37	93	7,15	91			
Nitrato	mg/L	94	ND ²	94	ND ²	94	24,5	94	24,0	94	30,0	94	28,0	94	26,0	94			
Fosfato total	mg/L	96	1,1	96	1,0	96	1,7	95	1,1	96	0,7	96	1,3	96	1,0	96			
Cor	mg Pt- Co/L	7	6,29	9	2,87	22	4,16	16	1,66	30	1,23	40	3,37	19	8,06	7			
Turbidez	NTU	44	101	44	102	44	114	40	97	45	191	22	95	48	120	38			
Coliformes fecais	100 mL	66	14,0	69	9,12	68	13,00	70	10,3	75	29,6	53	9,1	78	12,6	71			
		2	21.000	8	15.000	9	39.000	6	43.000	6	460.000	2	93.000	4	93.000	4			
Valor do IQA		58	59	65	65	65	65	68	58	60	57								
Desvio padrão		4,13																	
Desvio Relativo Máximo		11,02 %																	

1- Peso do parâmetro baseado no IQA desenvolvido pela NSF.

2- ND: Não Determinado.

Obtidos os valores Q, foram então calculados os Índices de Qualidade para cada ponto e para cada dia de coleta, os quais são encontrados na última linha das Tabelas de 3 a 8. A fórmula utilizada foi a seguinte:

$$IQA = \sum_{i=1}^n Q_i W_i$$

Onde:

Q_i = nota ou número positivo entre 0 e 100, relativo aos parâmetros do IQA;

W_i = Peso do parâmetro;

n = número de parâmetros analisados.

Vale salientar que para os casos onde não se tinham os valores Q para matéria orgânica, utilizou-se a metodologia proposta em *Boulder Area Sustainability Information Network* (2005), que sugere a soma dos valores Q obtidos e a sua divisão pelos fatores-peso cujos valores Q foram encontrados.

Em Lutz (2005) tem-se a mesma sugestão, que possui também um programa auxiliar para o cálculo do IQA.

As Figuras 18, 19, 20, 21, 22 e 23 demonstram o comportamento do Índice de Qualidade durante o tempo de estudo para os pontos IM1, IM2, C1, C2, C3 e C4, respectivamente. Estão apresentados, ainda, em cada Figura, os Índices Médios de Qualidade para cada caso do estudo em questão.

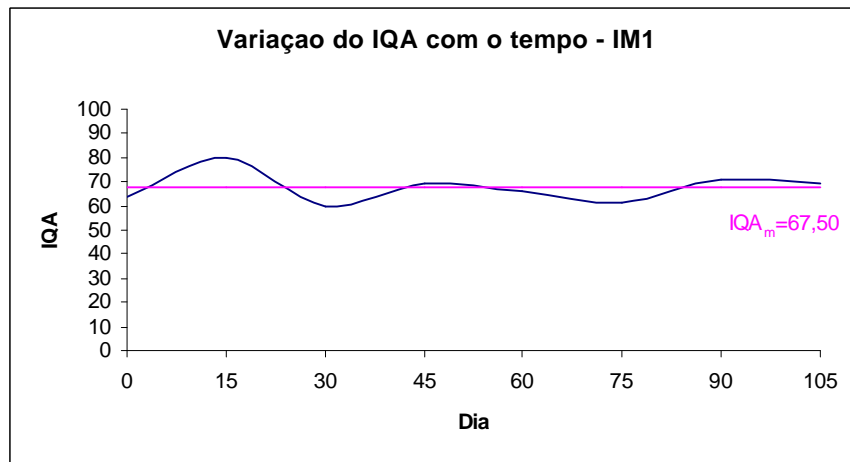


Figura 18: Variação do IQA ao longo das coletas em IM1.

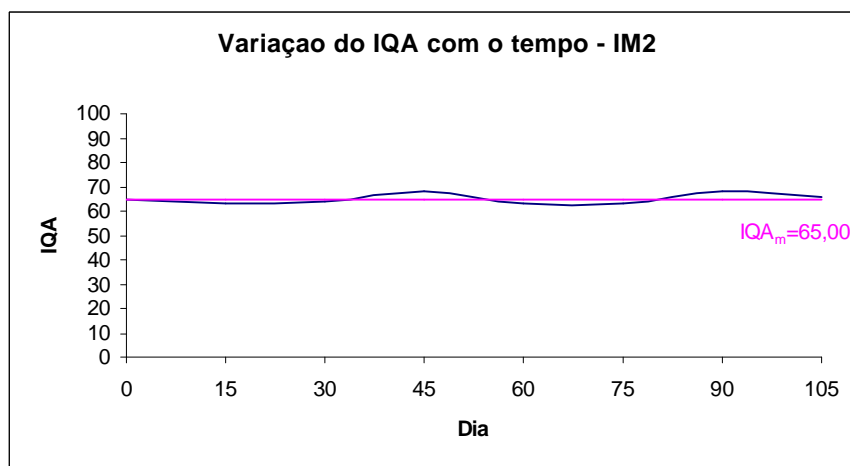


Figura 19: Variação do IQA ao longo das coletas em IM2.

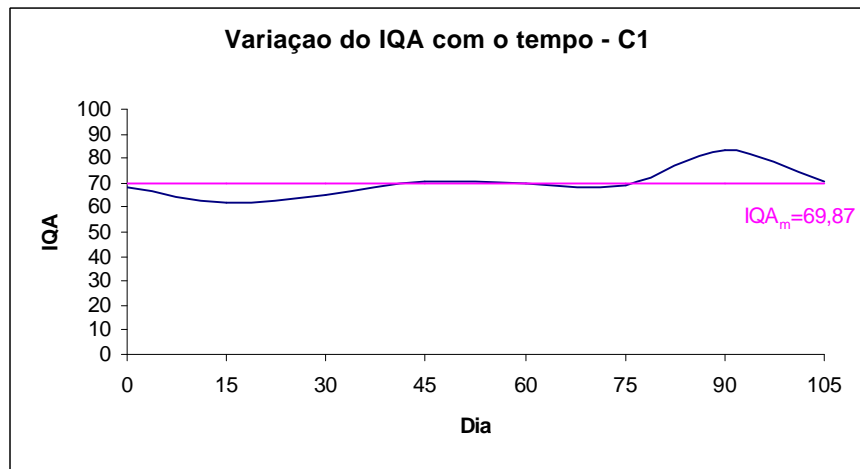


Figura 20: Variação do IQA ao longo das coletas em C1

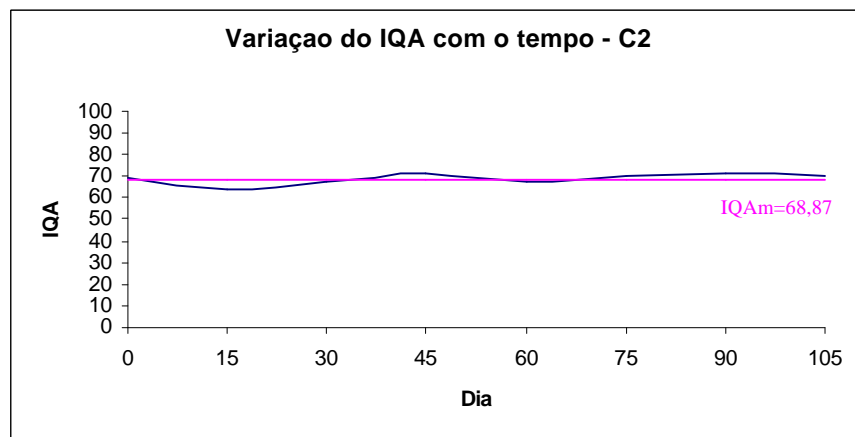


Figura 21: Variação do IQA ao longo das coletas em C2.

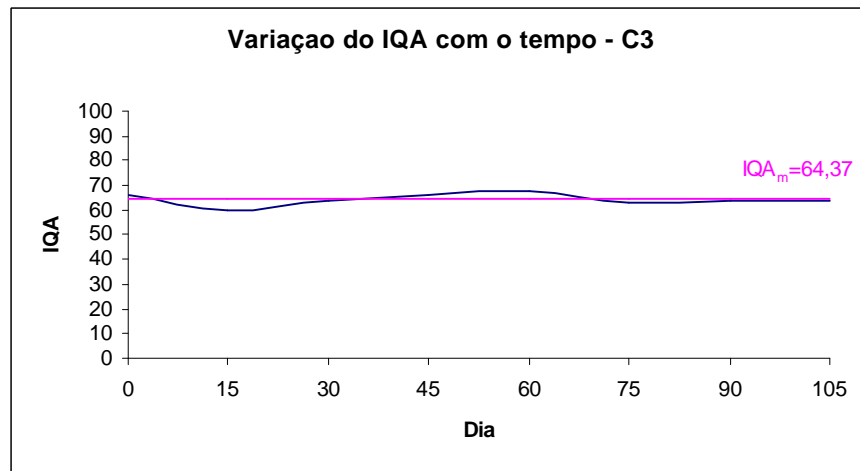


Figura 22: Variação do IQA ao longo das coletas em C3.

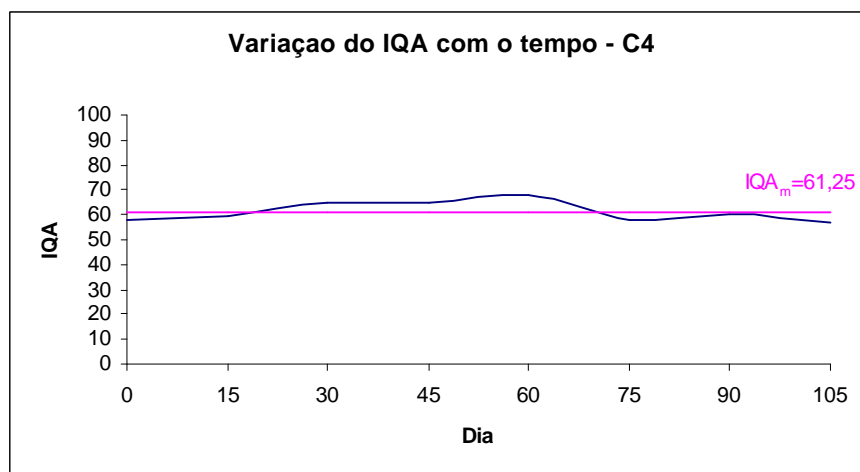


Figura 23: Variação do IQA ao longo das coletas em C4.

Na última coleta, quando os pontos IM1 e IM2 foram subdivididos ao longo da sua seção transversal, foram obtidos os seguintes desvios padrões, respectivamente: 1,04 e 1,59 para oxigênio dissolvido, 0,14 e 0,17 para oxigênio consumido, 0,39 e 0,20 para fósforo total, 0,04 e 0,00 para nitrato, 3,65 e 3,01 para cor, 0,58 e 0,82 para turbidez e 0,06 e 0,04 para pH.

No primeiro caso (IM1), o menor valor obtido para o IQA foi de 60, o que resulta em uma qualidade média, de acordo com as classes da NSF, que vão de muito ruim à excelente. Para o maior valor, que foi de 80, obtém-se um índice considerado bom. Porém, dos valores obtidos para o IQA em IM1, somente o da segunda e o da sétima coleta podem ser considerados bons, sendo que as seis coletas restantes caracterizam o local como de qualidade média. O Índice Médio de Qualidade da Água resultou em 67,50, classificando o ponto como sendo qualidade média.

Observa-se que, na ocasião em que se obteve um IQA igual a 80, não foi encontrada presença de coliformes fecais na água, parâmetro este de grande peso para o cálculo do Índice.

No segundo caso (IM2), o IQA_m calculado foi de 65,00, obtendo uma classificação média, de acordo com o índice mais utilizado mundialmente, o da NSF. Tanto o menor (63) quanto o maior valor (68) do IQA obtidos neste período caracterizam o local como sendo de classe média.

Na primeira colaboração estudada (C1), obteve-se um IQA mínimo igual a 62, demonstrando uma classificação média. O IQA máximo foi de 83, classificando este colaborador como Bom. O IQA_m encontrado foi de 69,87, o que resulta em um índice médio de qualidade, estando muito próximo ao bom. Das oito campanhas, a metade apresenta classificação boa e a outra metade caracteriza-se como média. Assim, pode-se admitir que este colaborador (C1) pertence à classificação média, estando muito próximo de se classificar como bom.

Novamente pode-se observar que na ocasião em que o local apresentou a melhor caracterização (IQA=83), o Número Mais Provável de coliformes fecais em 100 mL foi igual a zero.

O segundo colaborador (C2) apresentou o IQA mínimo de 64 e o máximo de 71, com um índice médio de 68,87. Como em C1, das oito campanhas, tem-se quatro resultados bons e quatro médios. Desta forma, pode-se classificar o local como sendo de qualidade média, tendendo à boa, ainda de acordo com a NSF.

O terceiro colaborador (C3), que apresenta um IQA_m de 64,37, com um índice mínimo de 60 e máximo de 68, caracteriza-se com a classificação média.

O quarto colaborador (C4) também se caracteriza como sendo de média qualidade, apresentando IQA_m de 61,25, IQA mínimo de 57 e máximo de 68.

Analisando-se de uma forma mais ampla, observa-se uma queda no índice de IM1 à IM2, apesar da sua permanência na classe média. Não se pode deixar de destacar que a queda no valor do IQA é pequena neste trecho, principalmente quando comparada com o IQA_m obtido para o primeiro ponto analisado, que foi de 67,50. Sendo Brusque considerada como o único centro urbano da bacia do Itajaí-Mirim, seria esperado um melhor valor para o IQA no ponto IM1. Subentende-se assim que, acima de Brusque, a qualidade da água do Rio Itajaí-Mirim e seus contribuintes precisam ser recuperadas. Desta forma, sugere-se que seja realizado um estudo desde a sua nascente até o limite entre os municípios de Brusque e Botuverá para que sejam identificadas as interferências sobre a qualidade da água nesta região.

Os pontos C1 e C2 apresentaram qualidade um pouco melhor quando comparados ao Rio Itajaí-Mirim e aos demais colaboradores. Convém ressaltar que C1 e C2 tem seu percurso numa região aonde a densidade demográfica é pequena, sendo os dois ribeirões pertencentes ao perímetro rural do município. C3 passa por áreas com 23,6 hab/km² e C4, com 47,38 hab/km², conforme anteriormente foi informado.

O trajeto do Rio Itajaí-Mirim, entre IM1 e IM2, recebe os rejeitos de áreas com densidades que variam de 14,53 a 57,65 hab/km², o que leva a induzir que a densidade demográfica está diretamente ligada ao Índice de Qualidade da Água em Brusque. Desta forma, é válido salientar que de IM2 para frente, dentro deste município, a densidade demográfica aumenta, variando de 10 a 57,88 hab/km², com vários bairros apresentando densidades acima de

40 hab/km². Esta afirmação é evidenciada quando se tem a informação de que Brusque não possui tratamento de esgoto sanitário.

Tanto o esgoto sanitário proveniente das residências ou das empresas, como também as áreas de pastagem, observados durante as campanhas, podem contribuir para o acréscimo na concentração de matéria orgânica, de coliformes de origem fecal, de fosfatos, nitratos, aumento da turbidez e cor, além no decréscimo do pH e na quantidade de O₂ dissolvido. A temperatura não sofre grandes influências.

As indústrias, também presentes na área de estudo, também podem ser causadoras de alterações nas características naturais da água. No caso de Brusque, a grande maioria das indústrias pertence ao setor têxtil, que gera um efluente com tendências à elevação do pH, da cor, de fosfatos, da turbidez e, em algumas situações, da temperatura. Nitratos, coliformes e o material orgânico não têm influências expressivas destes efluentes.

Os resultados obtidos demonstraram, de forma geral, baixos valores de cor e turbidez e alta concentração de fosfatos e de coliformes fecais. Nitratos, pH e O₂ dissolvido deram bons resultados para o valor Q, se este for analisado especificamente para cada parâmetro.

Isto significa que as influências sobre as características do rio podem ser oriundas tanto de despejos domésticos e pastagens, como de indústrias. Convém ressaltar que as altas concentrações de coliformes encontradas na maioria dos casos indicam que, certamente, há contribuições de efluentes orgânicos, ou seja, de resíduos provenientes de residências ou das áreas de pastagem de gado.

Salienta-se ainda que, em nenhuma das campanhas, detectou-se despejos industriais ao longo do percurso e nem odores característicos destes efluentes. Da mesma forma, em nenhum momento foi observado algum ponto que apresentasse uma coloração distinta da cor natural do rio, que é amarelo-esverdeada.

Para melhor compreensão do comportamento dos parâmetros analisados, das suas origens e influências sobre a qualidade da água, é interessante a observação dos gráficos apresentados através das Figuras 24 à 31 e da Figura 33.

Considerando as definições e as interferências sobre os parâmetros turbidez e cor de uma água, estes podem ser analisados conjuntamente. Assim, observando as Figuras 24 e 25 e comparando os pontos IM1 e IM2, observa-se o mesmo comportamento das curvas, com picos no 30º e no 75º dia de estudo. Convém salientar que após uma semana do 30º dia, fortes chuvas ocorreram na região, tendo o mesmo ocorrido na noite anterior ao 75º dia do estudo. Isto tende a induzir que no percurso das águas do Itajaí-Mirim não se tem mata ciliar suficiente para proteção das margens do rio, já que o mesmo é fortemente influenciado pela cor e pela turbidez em dias de chuva.

Conforme já afirmado, observa-se constantemente, ao longo das margens, área de pastagens de gado, de residências e, ainda, barcos para extração de areia do rio. Estes, juntos, causam a destruição da mata ciliar, havendo erosão e conseqüente arraste do solo das margens do rio, além do açoreamento no curso.

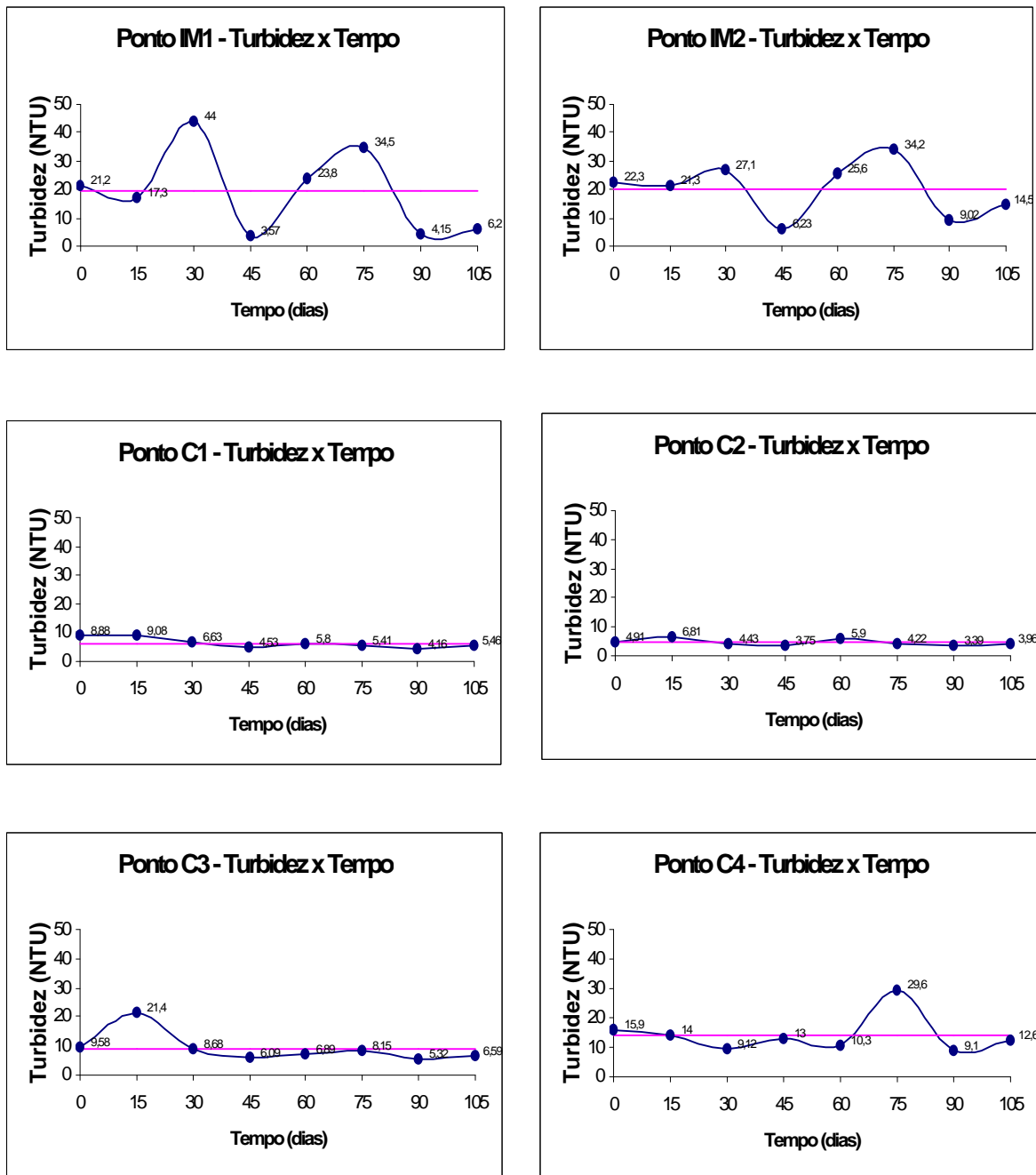


Figura 24: Variação da turbidez durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

C1 e C2 não apresentam grandes variações de cor e turbidez, demonstrando uma maior proteção das margens destes ribeirões.

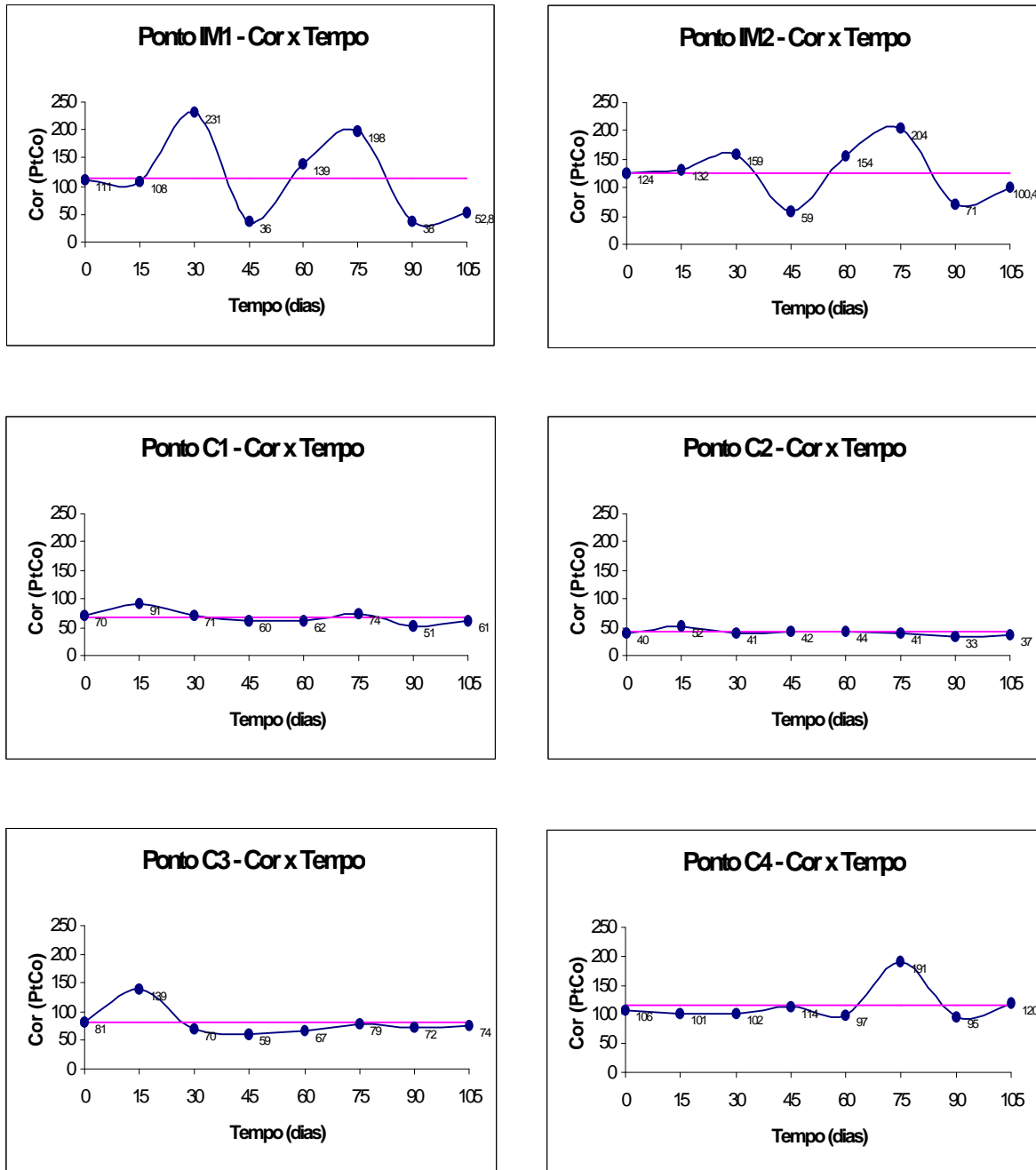


Figura 25: Variação da cor durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

C3 apresentou uma interferência não identificada no 15º dia de coleta. Como também IM1 e IM2, C4 apresentou uma variação no 75º dia do estudo e, portanto, também sofreu as conseqüências da chuva do dia anterior.

De acordo com a Portaria nº 024/79, o Rio Itajaí-Mirim, assim como os seus afluentes, é classificado como Classe II. Desta forma, consultando a Resolução CONAMA nº 357/2005, constata-se que o limite de turbidez para estes casos é de 100 NTU. As análises de turbidez, para os pontos IM1, IM2, C1, C2, C3 e C4, demonstram que a referida classificação é válida, já que em nenhuma das análises para o citado parâmetro obteve-se valores superiores ao limite estabelecido. A mesma comparação não pode ser feita para cor, pois no presente estudo foi analisada a cor aparente e a Resolução CONAMA 357/2005 estabelece limites apenas para cor verdadeira.

As variações para fosfato total durante o período de estudo são encontradas na Figura 26. Este parâmetro causou queda no Índice de Qualidade da Água, obtendo-se valores Q nunca acima de 35. As curvas de IM1 e IM2 apresentaram comportamentos semelhantes, com médias de 2,43 e 2,47. Além dos efluentes têxteis, que contêm detergentes, os despejos domésticos também são responsáveis pelo aparecimento de fosfato em águas. Assim, pode-se atribuir a um destes ou a ambos os altos valores encontrados. Pelo mesmo motivo, tem-se a alta concentração dos colaboradores C1, C2, C3 e C4.

A Resolução CONAMA 357/2005 não impõe limites para fosfato total, mas afirma que a quantidade máxima permitida para fósforo total é 0,10 mg/L.

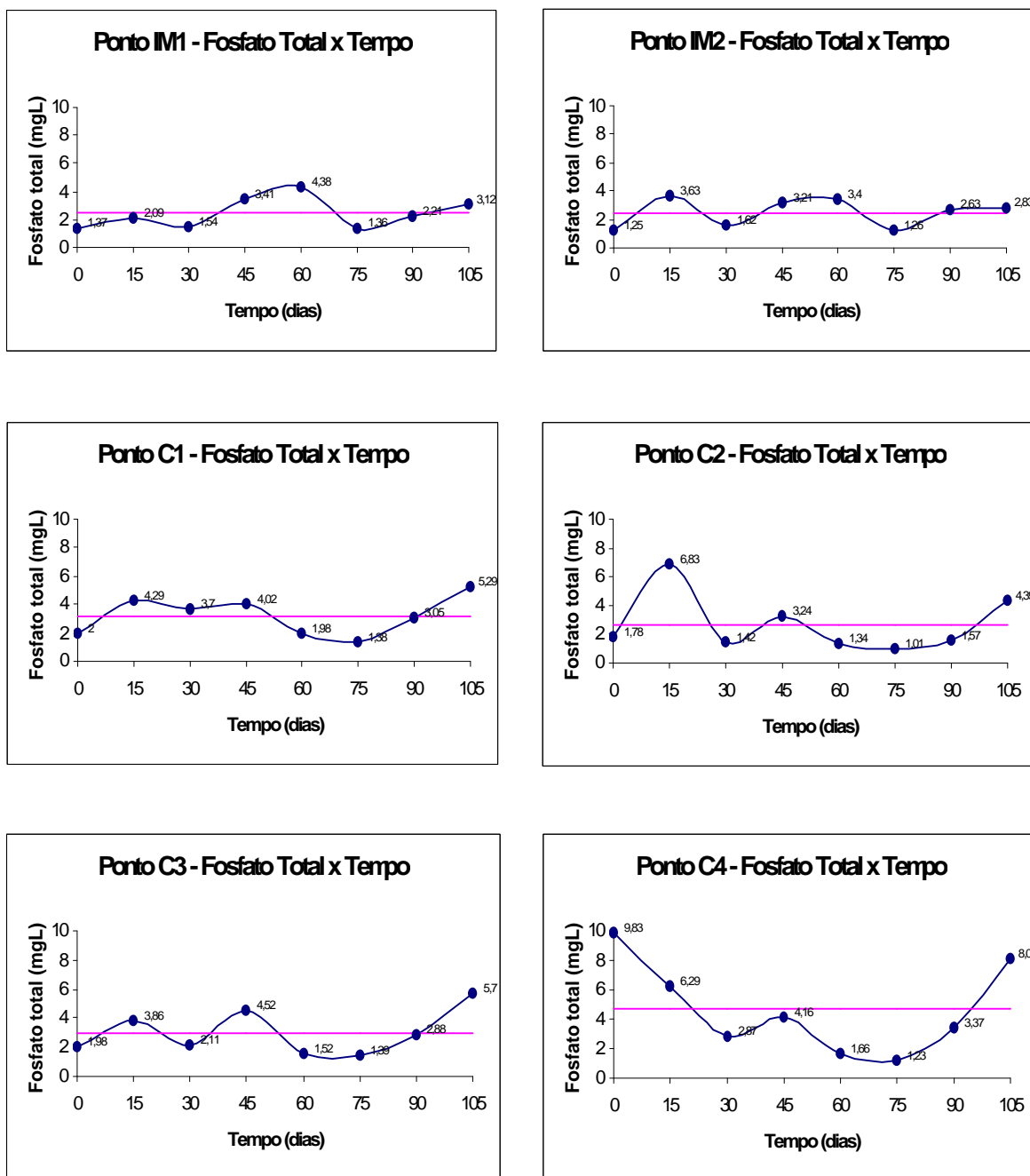


Figura 26: Variação de fosfato total durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

De acordo com, Hach Company (1993) e Brasil (2005), divide-se o valor obtido para fosfato por 3,07 para obtenção de fósforo total. Fazendo este cálculo, o menor valor encontrado dentro de toda a área de estudo resultou em 0,3 e o maior em 3,20 mg/L de fósforo. Desta forma,

nenhum dos pontos se enquadra na classe II, como também não estão em conformidade com a classe III, que impõe um limite de 0,15 mg/L.

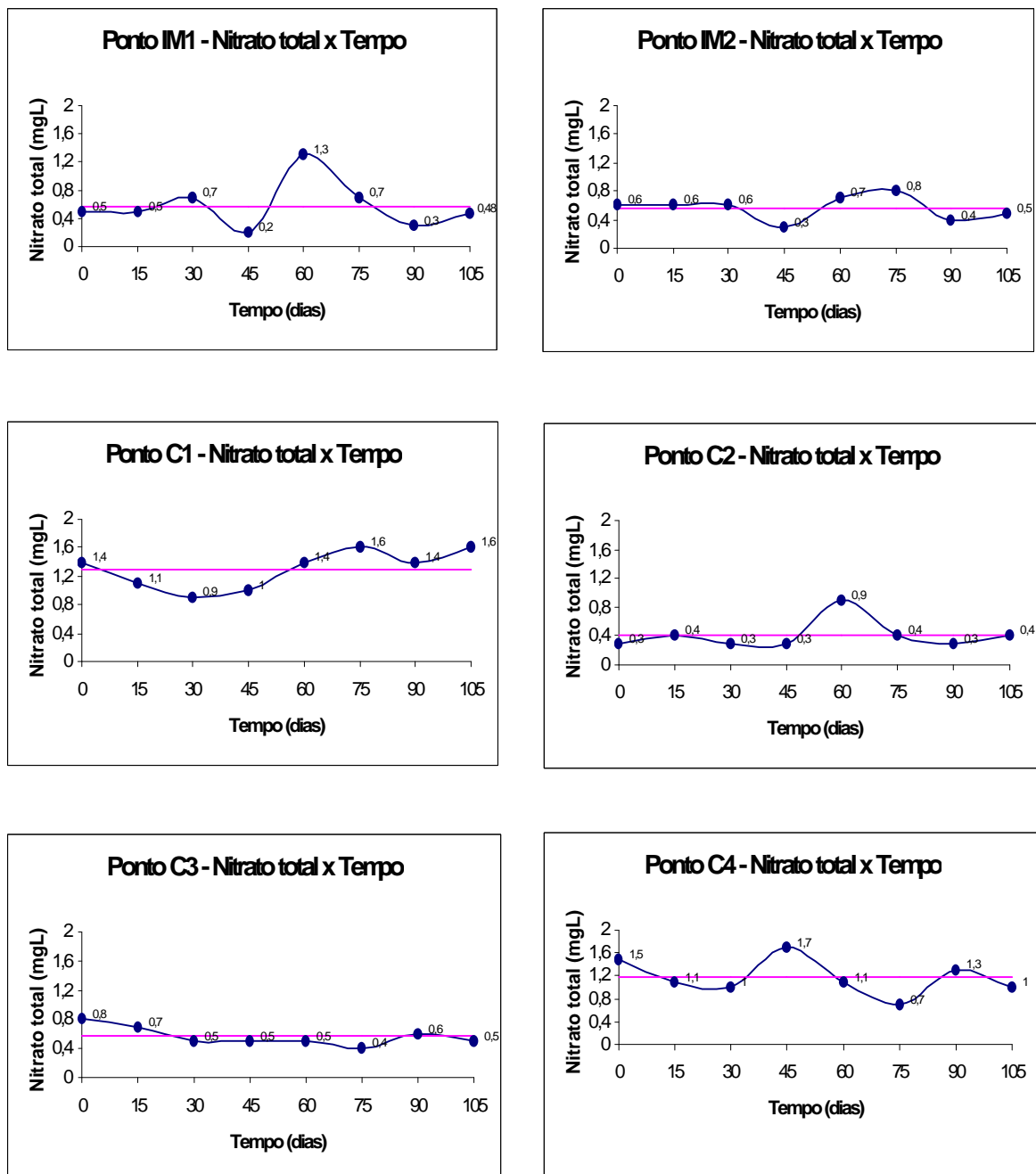


Figura 27: Variação de nitratos durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

A Figura 27 apresenta os valores do parâmetro nitrato ao longo do tempo e em cada um dos pontos em estudo. A principal fonte de nitratos decorre do uso de fertilizantes e do lançamento de esgotos orgânicos. Apesar da falta de tratamento do esgoto doméstico do município e das áreas de pastagem de gado nas margens dos rios e ribeirões da região, a quantidade de nitrato encontrada pode ser considerada baixa, já que a Resolução CONAMA anteriormente citada estabelece um limite de até 10,0 mg/L de nitrato e a quantidade máxima encontrada na área de estudo foi de 1,7 mg/L, sendo o valor Q igual a 95.

Apesar do nitrato ser a principal forma de nitrogênio configurado em águas, a CETESB, em seus relatórios anuais, substitui a curva de nitratos pela de nitrogênio total, afirmando que no estado de São Paulo os rios se mostram comprometidos por esgotos domésticos, que são ricos em outras formas de nitrogênio, tais como o nitrogênio orgânico e o amoniacal.

Observando-se os valores obtidos para o cálculo do IQA, principalmente para fosfato total e coliformes fecais, verifica-se a influência do esgoto orgânico sobre as análises. Assim, ao invés de nitratos, poder-se-ia ter analisado nitrogênio total. A falta de conhecimento das várias formas de nitrogênio, que não os nitratos, pode ser um motivo para os baixos números encontrados na análise em questão. Este fato torna-se mais evidenciado ao se fazer a comparação com os números encontrados para fosfato, sabendo-se que estes parâmetros têm praticamente as mesmas origens.

A Figura 28 apresenta o comportamento do pH durante o tempo de estudo para os pontos em análise. Apesar das variações apresentadas nas curvas, estas oscilações não chegam a causar preocupações, já que ocorrem dentro de uma faixa estreita de pH. O menor pH obtido foi igual a 6,53, com um Q de 73 e o maior valor de pH obtido foi igual a 7,63, com um Q de 92. Baseando-se nas curvas da NSF, o valor ideal para pH é 7,5, mas, quimicamente, a neutralidade é atingida em um pH igual a 7,0. As médias obtidas para cada ponto estão entre estes dois valores (7,0 e

7,5) ou, muito próxima a isto, já que em C3 a média foi de 6,99. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece uma faixa de 6,0 a 9,0 para o pH. Todos os valores encontrados encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

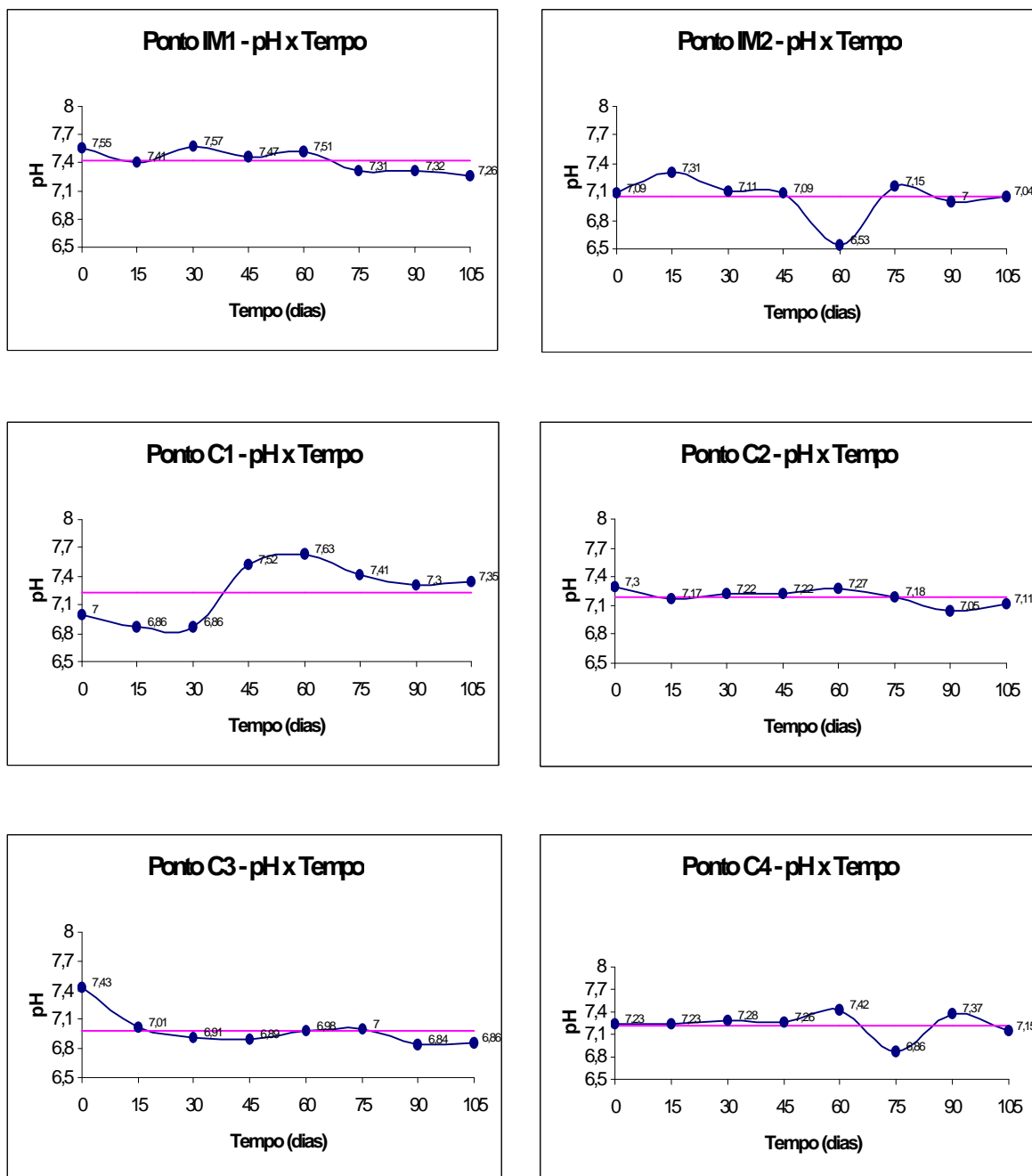


Figura 28: Variação do pH durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

A Figura 29 apresenta as variações da quantidade de O_2 dissolvido na água para o presente estudo. Os valores estão apresentados em % de O_2 saturado, já que a quantidade de oxigênio dissolvido na água é dependente da temperatura e da altitude no ponto de coleta.

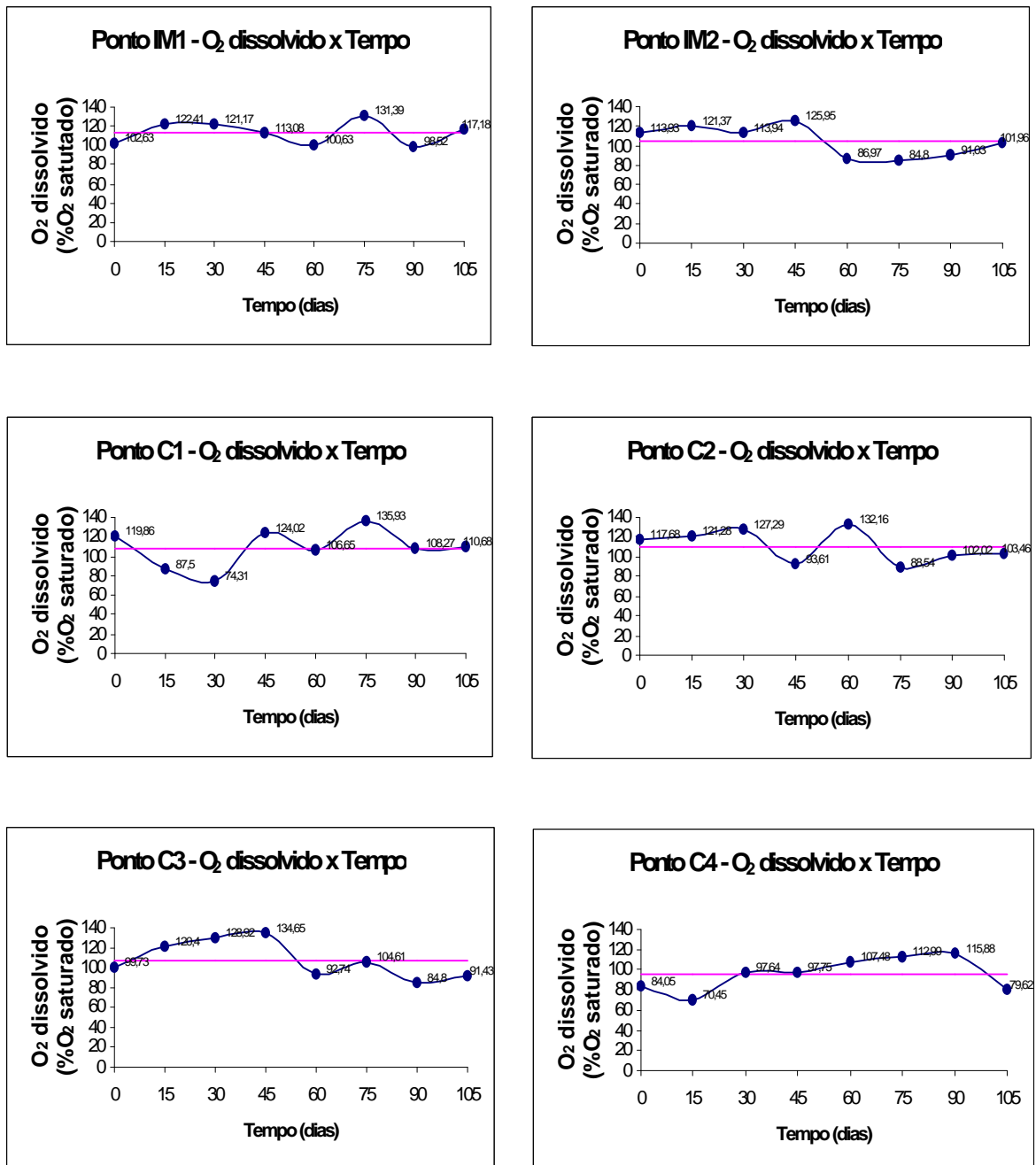


Figura 29: Variação do oxigênio dissolvido durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

O menor valor encontrado foi de 70,45% de oxigênio saturado, o que corresponde a um valor Q de 75. No caso de oxigênio supersaturado, o maior valor foi de 135,93% com um valor Q de 81. Dada a sua importância para o cálculo do IQA ($W = 0,17$) e os valores Q obtidos, pode-se afirmar que o parâmetro em questão contribuiu para uma elevação no Índice de Qualidade da Água.

A supersaturação encontrada pode ser atribuída aos diversos obstáculos (pedras) e, conseqüentemente, às quedas existentes em diversos trechos do Rio Itajaí-Mirim e seus afluentes. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um limite mínimo de 5 mg/L de oxigênio dissolvido para qualquer amostra. O menor valor encontrado no estudo foi de 5,7 mg/L, confirmando a classificação II para o Rio Itajaí-Mirim e seus contribuintes, conforme a Portaria nº 024/79.

A Figura 30 apresenta o comportamento da matéria orgânica no estudo, sendo que não está apresentado através de linhas e, sim, por pontos, devido à não realização destas análises em algumas ocasiões.

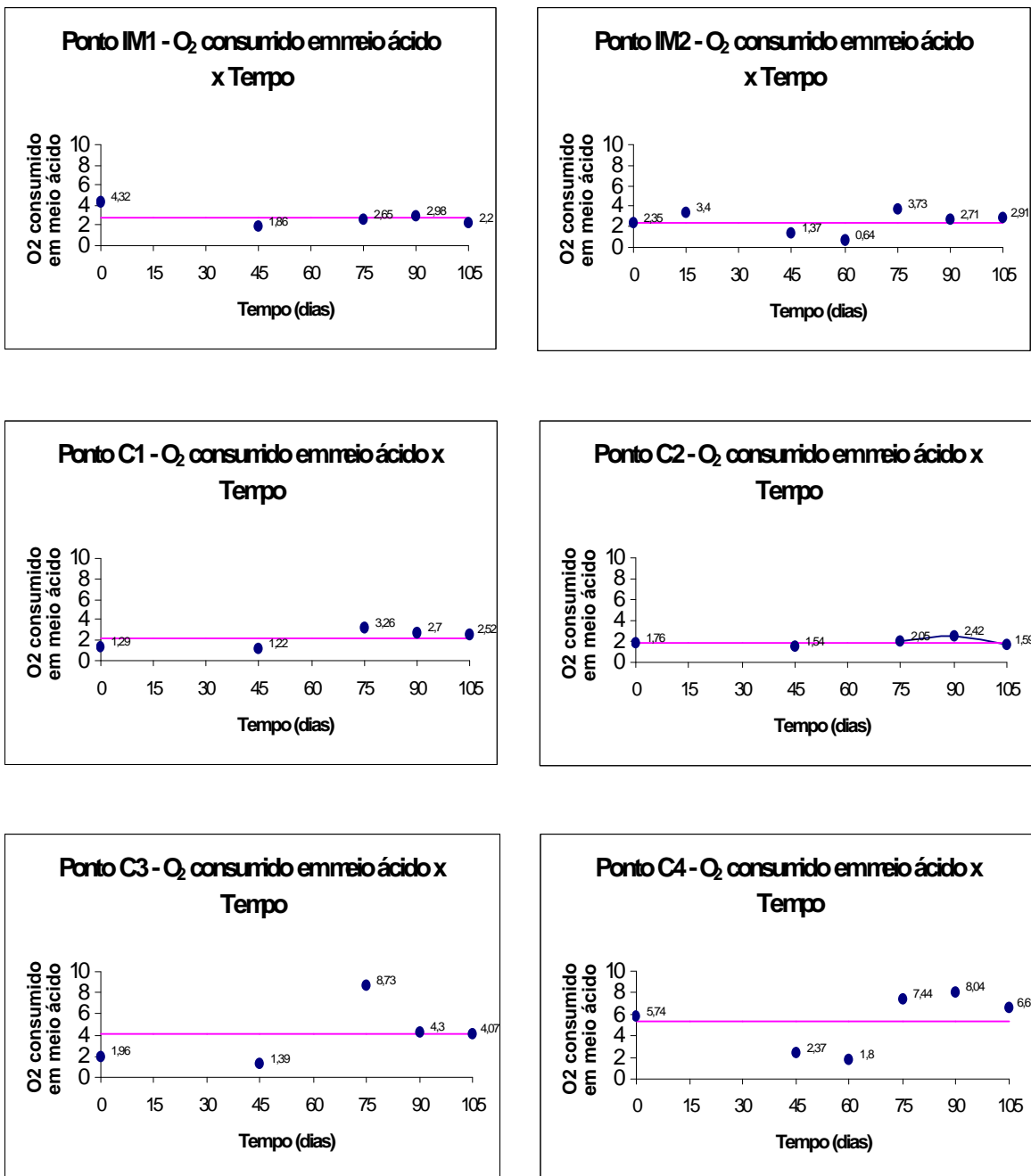


Figura 30: Variação da matéria orgânica durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

O menor valor encontrado foi de 0,64 e o maior foi de 8,73 mg/L, com um Q correspondente a 96 e 26, respectivamente. Os pontos IM1, IM2, C1 e C2 apresentaram valores médios semelhantes, com valores aproximados a 2,0 mg/L. Os pontos C3 e C4 têm médias

maiores, com 4,09 e 5,33 mg/L de matéria orgânica, respectivamente, pontos estes aonde as áreas de pastagens e residenciais são muito marcantes ao longo dos cursos d'água.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um valor máximo para DBO igual 5 mg/L, para águas de classe II. Ao comparar o valor estabelecido para DBO com as quantidades de material orgânico encontradas no estudo, pode-se perceber que IM1, IM2, C1 e C2 ainda são capazes de absorver o material orgânico presente nestes locais, sendo pertencentes à classe II. C3 e C4 apresentam valores superiores ao estabelecido para a referida classe em vários dias de coleta, pertencendo, então, à classe III.

Sabe-se que DBO e Redução ao Permanganato são técnicas diferentes de obtenção de matéria orgânica. Porém, quando comparadas às curvas da NSF, relacionada a DBO, e de Rodriguez Bascarón, relacionada à Redução ao Permanganato, nota-se certa semelhança, com a obtenção de valores Q muito parecidos. Por este motivo, a comparação dos resultados de matéria orgânica aos limites da Resolução CONAMA 357 pôde ser feita.

Para a análise de um dos parâmetros que mais contribuiu para a redução do IQA, frente ao seu peso ($W = 0.16$) e aos valores encontrados, tem-se a Figura 31, representando os resultados de coliformes fecais.

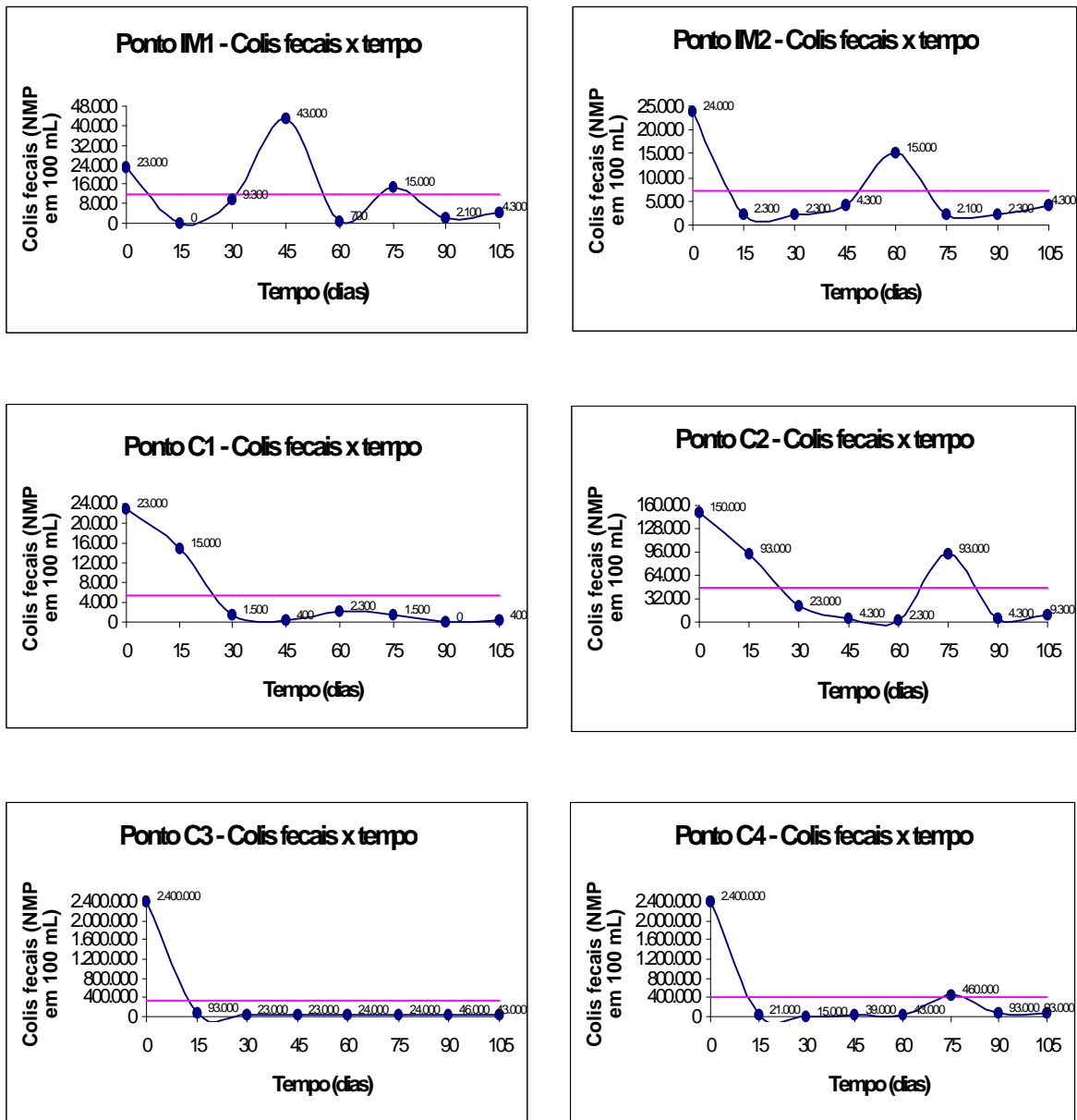


Figura 31: Variação de coliformes fecais durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

Como é possível observar, foram obtidos valores que resultaram no maior valor Q possível, como também em um menor Q possível. As curvas características de IM1 e IM2 apresentam comportamento similar, com valores que variam de 0 a 43.000 e 2.100 a 24.000, respectivamente. C1 e C2 têm seus resultados alternando de 0 a 23.000 e 2.300 a 150.000, respectivamente. C3 e C4 apresentam as quantidades mínimas de 23.000 e 15.000,

respectivamente, e quantidades máximas superiores a 2.400.000, valores estes que, de forma geral, são mais altos que os outros pontos analisados.

A Resolução CONAMA 357/2005 impõe que, para águas de classe II, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais em 100 mL em 80% ou mais de pelo seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. No presente estudo as amostras não foram analisadas com a frequência exigida pela Resolução, porém, foram analisadas mais de seis amostras. Assim, desconsiderando a frequência bimestral, pode-se afirmar que nenhum dos casos estudados se encaixa nesta classe e, que, C1 está na classe III, que estabelece um limite de 2.500 coliformes fecais para a mesma frequência de análises e o mesmo número de amostras impostas para a Classe II. Os pontos IM1, IM2, C2, C3 e C4, neste caso, estão classificados como sendo da IV Classe, classe esta que não estabelece limites para coliformes fecais.

É importante saber que águas de Classe II são as destinadas ao consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquíicultura e à atividade de pesca. As águas de Classe III podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançadas; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais. À classe IV estão classificadas as águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

É comum a visualização de pessoas pescando ao longo dos rios e ribeirões da região, como mostra a Figura 32. A imagem apresentada foi fotografada em uma das campanhas realizadas às margens do Rio das Águas Claras (C4), classificado como classe II conforme a Lei 024/79, mas que, devido ao grande número de coliformes de origem fecal, passa a pertencer à Classe IV, de acordo com o presente estudo.



Figura 32: Pessoas pescando próximo à foz do Rio das Águas Claras.

Da mesma maneira que as curvas dos valores de material orgânico, a variação de temperatura é demonstrada através de pontos pela Figura 33. Em nenhuma das campanhas, os testes de temperatura demonstraram sofrer influências que não a temperatura do ar e o período do ano, entre outros fenômenos naturais.

Não foram encontrados valores estabelecidos para o parâmetro temperatura na Resolução CONAMA 357/2005.

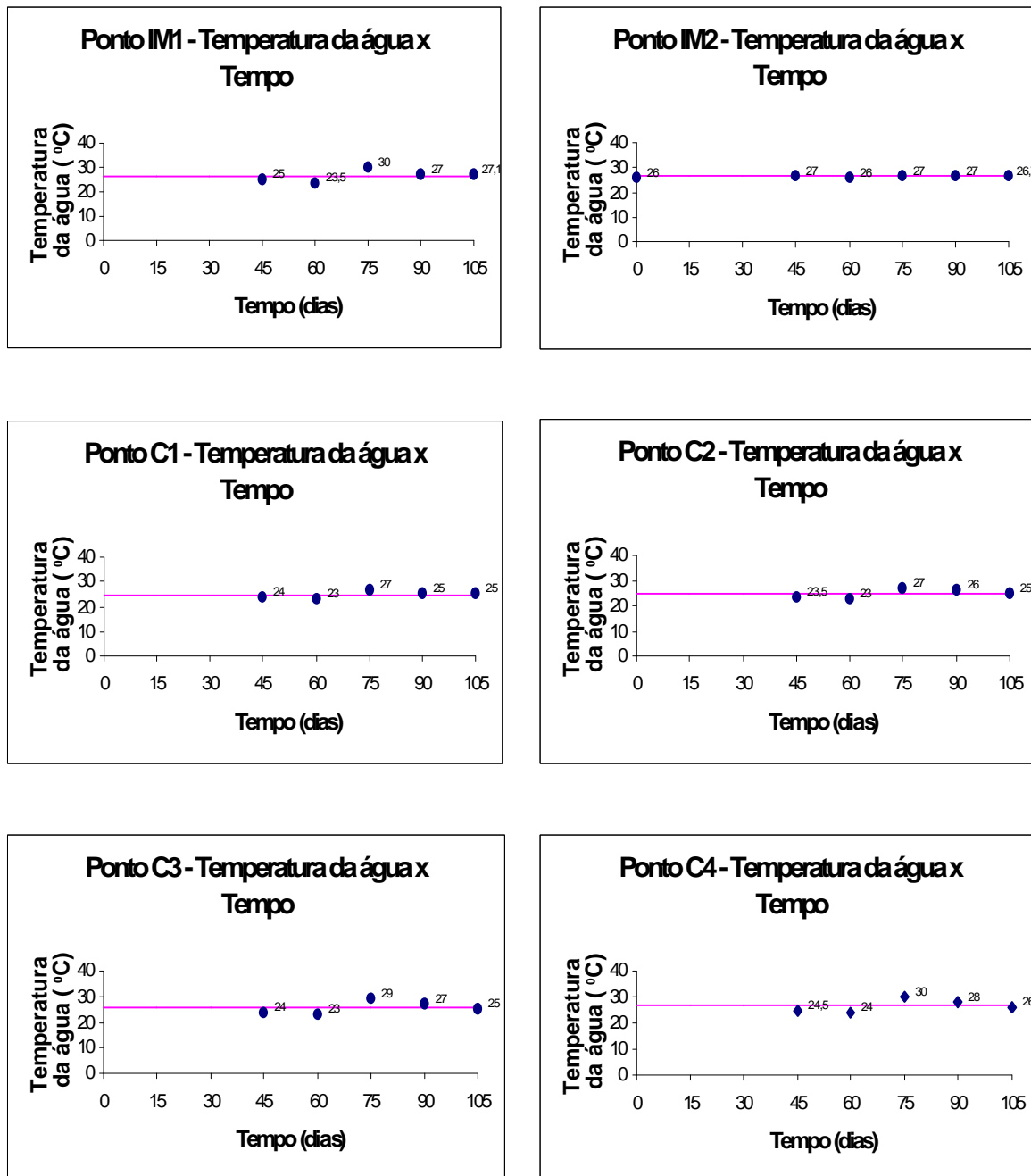


Figura 33: Variação da temperatura durante o tempo de estudo para cada ponto de coleta.

Analisando, de forma geral, as Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 33, vale afirmar que a área de estudo sofre diferentes influências a cada campanha, nos mais diversos locais, como por exemplo, variações na vazão de água e de despejos, pluviosidade, funcionamento ou não de

extrações de areias em leito, entre muitas outras. Dessa forma, torna-se difícil discutir cada resultado obtido ou cada variação da curva. O que se fez foi analisar os resultados de uma forma geral, enfatizando os valores mínimos, médios e máximos encontrados na área de estudo. Também por este motivo, foi interessante o cálculo do IQA que forneceu uma classificação através de análises de vários parâmetros, indicando, ainda, quais as principais influências que induziram ao resultado encontrado.

A seguir serão apresentadas as principais conclusões obtidas neste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Em meio à falta de informações devido aos poucos estudos na área ambiental relativo ao município de Brusque e, com o intuito de colaborar com a análise dos resultados, uma sucinta descrição dos cursos d'água em discussão foi realizada.

Feitas as observações e calculados os IQA's, verificou-se que todos os pontos estudados são classificados como sendo de média qualidade. O Ribeirão do Lajeado e o Ribeirão das Pedras Grandes estão muito próximos ao bom, de acordo com a classificação da NSF, dos Estados Unidos.

Analisando-se os valores dos Índices Médios de Qualidade da Água, observou-se que o Ribeirão do Lajeado (C1) e o Ribeirão das Pedras Grandes (C2) são os que apresentaram os melhores resultados, com IQA's de 69,87 e 68,87, respectivamente. Estes foram qualitativamente seguidos pelo Itajaí-Mirim, próximo à divisa Brusque-Botuverá (IM1) e próximo à captação (IM2), com 67,50 e 65,00, respectivamente, demonstrando uma pequena queda de qualidade neste trecho do rio. Diz-se pequena queda devido ao alto valor do IQA em IM1, considerando a baixa ocupação populacional à montante deste ponto. O Rio do Cedro (C3), com 64,37, e o Rio das Águas Claras (C4), com 61,25, apresentaram os piores valores para o Índice.

Constatou-se, a partir dos dados obtidos, que a ocupação populacional está diretamente ligada à qualidade da água dentro dos limites de estudo e, ainda, que, as maiores interferências sobre os resultados são os despejos domésticos e as áreas de pastagem, apesar de as indústrias também serem uma possível fonte de contaminação.

Diante disto, espera-se que a partir do momento em que o município tiver uma estação de tratamento de esgoto sanitário, melhores valores para o IQA sejam encontrados. O "excelente" poderá ser atingido no dia em que a população tomar conhecimento e se conscientizar das

conseqüências dos impactos ambientais por ela causados, como, por exemplo, a constante destruição que assola as margens do Itajaí-Mirim e tantos outros cursos d'água.

Avaliando os resultados de cada parâmetro, em cada ponto e a cada campanha, em relação aos parâmetros de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, algumas observações merecem destaque. A cor não pôde ser comparada, mas a turbidez apresentou todos os valores dentro da classe II da citada Resolução, destacando-se a necessidade de maior proteção às margens do Rio Itajaí-Mirim, evidenciados pelos picos de turbidez em dias de alta pluviosidade. Os parâmetros pH e O₂ dissolvido também se apresentaram sempre dentro da classificação II do CONAMA.

O parâmetro fosfato apresentou todos os valores fora das classificações II e III, pertencendo, desta forma, à classe IV. O parâmetro nitrato sempre esteve dentro da classificação proposta pela Portaria 024/79. Os resultados de matéria orgânica induzem que IM1, IM2, C1 e C2 são pertencentes à classe II, e, que, C3 e C4 pertencem à classe III.

Os índices de coliformes fecais confirmam a classificação III para o Ribeirão Lajeado e IV para os demais pontos de coleta. Assim, conclui-se que fosfato e coliformes fecais são os parâmetros que mais contribuem para a diminuição da qualidade da água na área de estudo, podendo-se afirmar que os pontos estudados não são indicados para recreação de contato direto, como foi observado em algumas das campanhas.

Alcançados os objetivos técnicos, espera-se que a população, sabendo da atual circunstância do seu ambiente, inicie um trabalho de conscientização em busca de uma sociedade sustentável. Salienta-se, assim, a importância da consolidação de uma estrutura para monitoramento do IQA, a fim de se criar um histórico das características desta bacia.

Sugere-se, para desenvolvimento de trabalhos futuros, para comprovar a gravidade da questão ambiental, que seja feito um estudo onde as coletas sejam realizadas nos períodos matutino, vespertino e noturno.

Sugere-se, ainda, a realização de ensaios de nitrogênio total em estudos futuros, em virtude dos altos valores encontrados para fosfato, tendo estes dois parâmetros praticamente a mesma origem.

Outra sugestão apresentada é aumentar o número de pontos de coletas, bem como o tempo total de coleta, visando à obtenção de uma maior precisão no cálculo do IQA. E, para melhor avaliação do impacto ambiental gerado no município de Brusque, é importante a inclusão de um ponto após o centro da cidade.

Com o intuito de avanços nos estudos de qualidade da água, fica sugerido o desenvolvimento de modelos para a simulação da dispersão de poluentes em rios ribeirões.

REFERÊNCIAS

APHA: standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington: American Publish Health Association, 1998.

BALL, R. O. e CHURCH, R. L. Water quality indexing and scoring. **Journal of the Environ Engineer**, n. 4, p. 757-771, jul./ago. 1980.

BHARGAVA, D. S. Use of water quality index for river classification and zoning of ganga river. **Environmental Pollution**, Roorkee, 1983. (Series B).

BOLER, R. Surface water quality, Hillsborough county, Florida, 1990-1991. **Hillsborough County Environmental Protection Commission**, Tampa, set. 1992.

BOULDER area sustainability information network. Disponível em: <http://bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqi_nsf.html>. Acesso em: 08 abril 2004.

BRANCO, M. S. et al. **Hidrologia ambiental**. São Paulo: USP/ABRH, 1991. v. 3.

BRANDINARTE, A L. Crise da água: modismo, futurologia ou uma questão atual?. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 154, p. 36-42, out. 1999.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Decreto n. 99.274 de 6 de junho de 1990. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Sinopse preliminar do censo demográfico de 2000 (2000a)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo demográfico de 2000 (2000b)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Base de informações municipais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento da qualidade da água como instrumento de controle ambiental e gestão de recursos hídricos do estado de Pernambuco.** Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov/downloads/pnma2/qualidadeagua/selecaoIndiceIndicadores.pdf>>. Acesso em 08 abr. 2005.

BROWN, R. M. et al. A water quality index – do we dare? **Water and Sewage works**, v. 117, p. 339-343, out. 1970.

BRUSQUE: 1860-2000. Brusque: [s. n.], [20-?].

BUCHELE JÚNIOR, C. A bacia do Itajaí. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Conselho Nacional de Geografia - Diretório Regional do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, n. 2, série 1, p. 75, 1952.

CABRAL, O. R. **Brusque:** subsídios para a história de uma colônia nos tempos do império. Brusque: Sociedade dos Amigos de Brusque, 1958.

CANTER, L. W. **Manual de evaluación de impacto ambiental:** técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Madrid: McGrawHill, 1998.

CARVALHO, A. R.; SCHITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L.. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. **Quím. Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, set./out. 2000.

CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá – MG. **Rev. Esc. Minas**, v. 57, n. 3, p. 165-175, jul./set. 2004.

CERQUEIRA, É. C.; SANTOS, J. M. dos. **Plano de monitoramento de recurso hídrico superficial – Bacia hidrográfica do rio Paraguari.** Disponível em: http://www.lead.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_114.htm. Acesso em: 28 fev. 2005.

COMITÊ do Itajaí. Disponível em: <http://www.comiteitajai.org.br>. Acesso em: 06 ago. 2004.

COMPANHIA de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo.** 1988. Relatório. São Paulo, 1989. (Série Relatórios).

COMPANHIA de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. 1994. Relatório. São Paulo, 1995. (Série Relatórios).

COMPANHIA de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. 2001. Relatório. São Paulo, 2002. (Série Relatórios).

CONESA F. V. **Methodological guide for environmental impact evaluation**. 2. ed. Madrid: Mundi Prensa, 1995.

DORST, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

DUARTE, M. A. C. **Utilização dos índices de estado trófico (IET) e de qualidade da água (IQA) na caracterização limnológica e sanitária das lagoas de Bonfim, Extremóz e Jiqui-RN**. 1999. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 1999.

ESTEVAN B. M. T. **Environmental impact evaluation**. 2. ed. Madrid: MAPFRE, 1989.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. **Groundwater**. London: Prentice Hall, 1979.

HACH company. Spectrophotometer DR/2000: procedures manual. 8 ed. Estados Unidos: Hach Company, 1993.

LAGO, P. F. Brusque: aspectos geográficos das paisagens rurais. In: _____. **Álbum do centenário de Brusque**. Brusque: Sociedade Amigos de Brusque, 1960.

LEON, J. A. C. **Cualidad de águas para estudantes de ciências ambientais**. Bogotá: Ed. Universidad, 2002.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água da bacia do rio Cuiabá**. 2001. 184 f.. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LINDNER, N.; FRANK, B. Do rio que você suja, vem a água que você bebe. In: COMITÊ do Itajaí. **Cartilha Educativa e Informativa**. Blumenau: Nova Letra, 2005.

LOHANI, B. N.; MUSTAPHA, N. Indices for water quality assessment in river: a case study of the Linggi river in Malaysia. **Water Supply and Management**, v. 6, p. 545-555, 1982.

LUTZ, D. S. **Water quality index**. Disponível em: [www.cce.iastate.edu/research/lutz/dmrwqn/water quality index calc.htm](http://www.cce.iastate.edu/research/lutz/dmrwqn/water%20quality%20index%20calc.htm). Acesso em: 20 mar. 2005.

MELO JÚNIOR, G.; COSTA, C. E. F. de S; CABRAL NETO, I. Avaliação hidroquímica e da qualidade das águas de um trecho do Rio Açu, Rio Grande do Norte. **Revista de Geologia**, v. 16, n 2, p. 27-36, 2003.

MOTA, S. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

OLIVEIRA, S. **Relatório de qualidade ambiental no Estado de São Paulo – 1993**. São Paulo: CETESB, 1994. (Série Relatórios).

OREA, D. G. **Evaluación de impacto ambiental**. Madrid: Agrícola Española, 1998.

OTTO, W. R. **Environmental indices: theory and practice**. Michigan: Ann Arbor Science, 1978.

PESCE, S. F.; WUNDERLIN, D. A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquia River. **Water Res**, v. 34, n. 11, p. 2915-2926, 2000.

PORRÉCA, L. M. **ABC do meio ambiente: água**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998.

REZENDE, D. M. M. et al. Análise da qualidade de água na bacia do Pariveado. **Boletim de Geografia**, 1999.

RIZZI, N. E. Índices de qualidade de água: SANARE. **Revista Técnica da SANEPAR**, Curitiba, v. 15, n. 15, p. 11-21, 2001.

SANTA CATARINA. Brusque. Lei Municipal n. 1609 de 31 de outubro de 1990. Estabelece os limites do perímetro urbano Municipal de Brusque. **Prefeitura Municipal de Brusque**, Brusque, 1990.

SANTA CATARINA. Portaria n. 024 de 24 de setembro de 1979. Enquadra os cursos d'água de Santa Catarina. DOSC, 1979.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral**. Florianópolis: Secretaria de Estado, 1997.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado e Desenvolvimento Regional – SDR. **Brusque: caracterização regional**. Disponível em: <www.icepa.com.br/Publicacoes/diagnostico/BRUSQUE.pdf>. Acesso em 17 jan. 2005.

SANTOS, M. F. **Subsídios para o planejamento conservacionista da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão**. 1993. 223 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Curso de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1993.

SEIBEL, N. T. et al. **Perfil cultural e turístico de Brusque**. [S. l.]: Ana Paula, 2002.

SHOJI, H.; YAMANOTO, T.; NAKAMURA, T. Factor analysis on stream pollution of the Yodo River systems. **Air and Water Pollution**, v. 10, p. 291-299, 1996.

STAMBUK-GILJANOVIC, N. Water quality evaluation by index in Dalmatia. **Water Res**, v. 33, n. 16, p. 3423-3440, 1999.

STREAM monitoring. Disponível em: <<http://pathfinderscience.net/stream/cp4dops.cfm>>. Acesso em: 04 jun. 2005.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 1, p. 181-1869, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1993.

VEERABHADRAM, K. **Mapping of water quality index (WQI) using geographical information system (GIS) as decision supporting system tool.** Visakhapatnam: College of Engineering, 2003.

WANIELISTA, M. P.; KERSTEN, R.; EAGLIN, R. **Hydrology: water quantity and quality control.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ZAGATTO, P. A. et al. Proposal for a new water quality index. **Verh. Int. Ver. Theor. Angew,** n. 26, p.2449-2451, 1998.

ZUMACH, R. **Enquadramento de curso e água: Rio Itajaí-Açú e seus principais afluentes em Blumenau.** 2003. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE – A: Figura 35: Espectrofotômetro DR-2000 da Hach, Figura 36: Autoclave FABBE, Figura 37: Estufa Fanem, Figura 38: pHmetro PG 2000 da GEHAKA, Figura 39: Turbidímetro 2100 P da Hach



Figura 35: Espectrofotômetro DR-2000 da Hach.



Figura 36: Autoclave FABBE.



Figura 37: Estufa Fanem.



Figura 38: pHmetro PG 2000 da GEHAKA.



Figura 39: Turbidímetro 2100 P da Hach.

APÊNDICE – B: Figura 40: Vista do Rio Itajaí-Mirim, Figura 41: Vista do Rio Itajaí-Mirim, Figura 42: Vista do Rio Itajaí-Mirim, Figura 43: Vista do Rio Itajaí-Mirim, Figura 44: Vista do Rio Itajaí-Mirim, Figura 45: Erosão no Rio Itajaí-Mirim, Figura 46: Erosão no Rio Itajaí-Mirim, Figura 47: Erosão no Rio Itajaí-Mirim, Figura 48: Casas às margens do Itajaí-Mirim, Figura 49: Despejos no Itajaí-Mirim, Figura 50: Gado às margens do rio, Figura 51: Gado atravessando o rio, Figura 52: Animal morto no Rio do Cedro, Figura 53: Crianças se banhando em IM2, Figura 54: Lixo acumulado no rio, Figura 55: Pessoas se banhando em IM1



Figura 40: Vista do Rio Itajaí-Mirim.



Figura 41: Vista do Rio Itajaí-Mirim.



Figura 42: Vista do Rio Itajaí-Mirim.



Figura 43: Vista do Rio Itajaí-Mirim.



Figura 44: Vista do Rio Itajaí-Mirim.



Figura 45: Erosão no Rio Itajaí-Mirim.



Figura 46: Erosão no Rio Itajaí-Mirim.



Figura 47: Erosão no Rio Itajaí-Mirim.



Figura 48: Casas às margens do Itajaí-Mirim.



Figura 49: Despejos no Itajaí-Mirim.



Figura 50: Gado às margens do rio.



Figura 51: Gado atravessando o rio.



Figura 52: Animal morto no Rio do Cedro.



Figura 53: Crianças se banhando em IM2.



Figura 54: Lixo acumulado no rio.



Figura 55: Pessoas se banhando em IM1.

ANEXOS

ANEXO – A: Gráficos da NSF para Obtenção dos Valores Q para cada Parâmetro

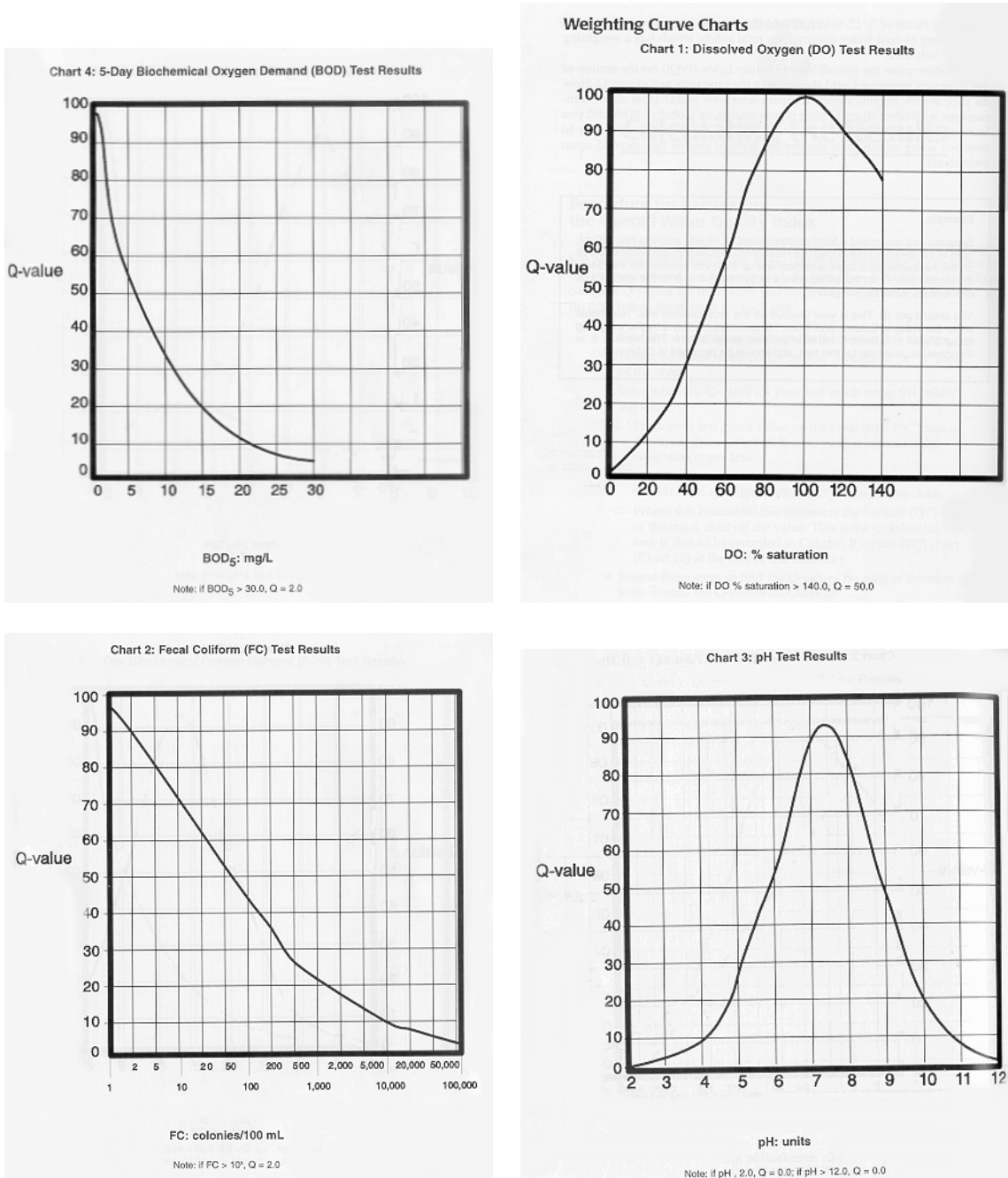


Figura 34: Gráficos da NSF para obtenção dos valores Q para cada parâmetro.

Fonte: Lutz (2005).

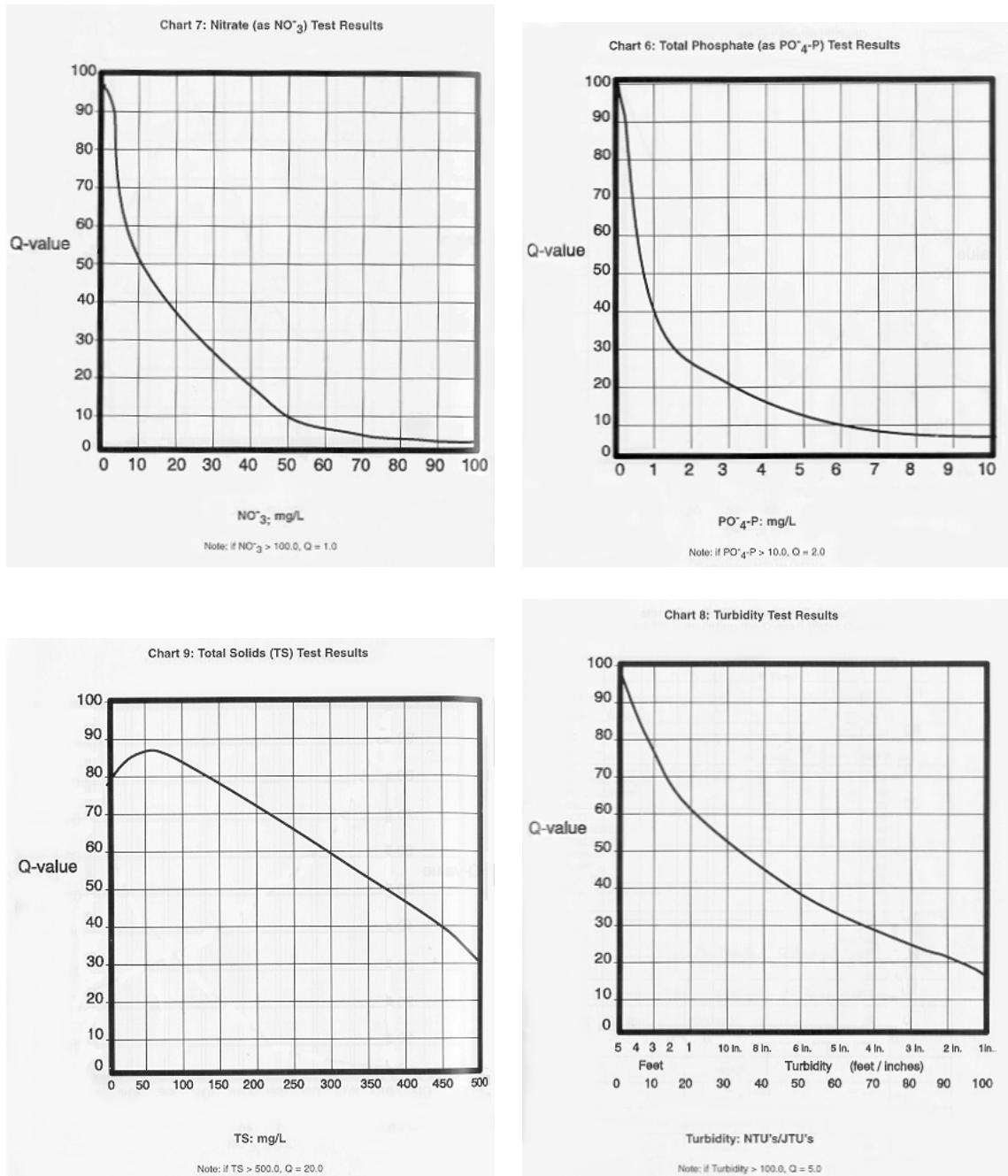


Figura 34: Gráficos da NSF para obtenção dos valores Q para cada parâmetro (continuação).

Fonte: Lutz (2005).

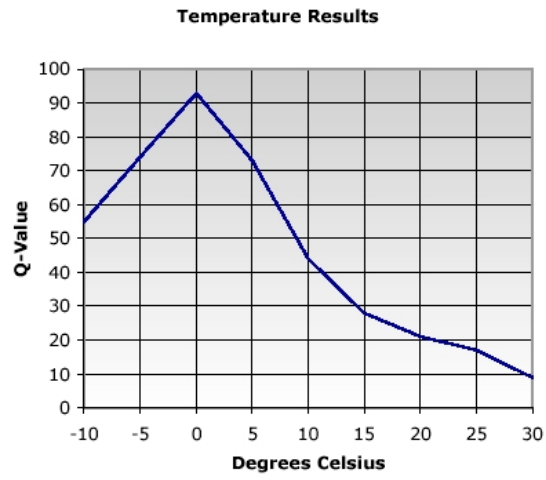


Figura 34: Gráficos da NSF para obtenção dos valores Q para cada parâmetro (continuação).

Fonte: Lutz (2005).

ANEXO B - Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005

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, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CAPÍTULO III DAS CONDIÇÕES E PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Seção II Das Águas Doces

Art. 14 - As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000.

Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;

i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;

j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);

l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e

m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA I - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES

PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila a	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS VALOR MÁXIMO	
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercurio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH < 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D	4,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,003 mg/L C6H5OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano (g-HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroetano	0,03 mg/L
2, 4, 6 – Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

III - Nas águas doces onde ocorrer pesca ou cultivo de organismos, para fins de consumo intensivo, além dos padrões estabelecidos no inciso II deste artigo, aplicam-se os seguintes padrões em substituição ou adicionalmente:

TABELA II - CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES

PADRÕES PARA CORPOS DE ÁGUA ONDE HAJA PESCA OU CULTIVO DE ORGANISMOS PARA FINS DE CONSUMO INTENSIVO

PARÂMETROS INORGÂNICOS

Arsênio total

VALOR MÁXIMO

0,14 µg/L As

PARÂMETROS ORGÂNICOS

Benzidina

0,0002 µg/L

Benzo (a) antraceno

0,018 µg/L

Benzo (a) pireno

0,018 µg/L

Benzo (b) fluoranteno

0,018 µg/L

Benzo (k) fluoranteno

0,018 µg/L

Criseno

0,018 µg/L

Dibenzo (a,h) antraceno

0,018 µg/L

3,3-Diclorobenzidina

0,028 µg/L

Heptacloro epóxido + Heptacloro

0,000039 µg/L

Hexaclorobenzeno

0,00029 µg/L

Indeno(1,2,3-cd)pireno

0,018 µg/L

PCBs - Bifenilas policloradas

0,000064 µg/L

Pentaclorofenol

3,0 µg/L

Tetracloroeto de carbono

1,6 µg/L

Tetracloroetano

3,3 µg/L

Toxafeno

0,00028 µg/L

2,4,6-triclorofenol

2,4 µg/L

Art 15 - Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16 - As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;

d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;

e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;

g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;

i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;

j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;

l) turbidez até 100 UNT;

m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,

n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

TABELA III - CLASSE 3 - ÁGUAS DOCES**PADRÕES****PARÂMETROS**

Clorofila a	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm ³ /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L

VALOR MÁXIMO**PARÂMETROS INORGÂNICOS**

Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be
Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Merúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L N, para pH < 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH < 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH < 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO ₄
Sulfeto (como H ₂ S não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn

VALOR MÁXIMO

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Aldrin + Dieldrin	0,03 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 µg/L
Carbaril	70,0 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,3 µg/L
2,4-D	30,0 µg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 µg/L
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan (a + b + sulfato)	0,22 µg/L
Endrin	0,2 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,01 mg/L C ₆ H ₅ OH
Glifosato	280 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (g-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroetano	0,03 mg/L
2, 4, 6 – Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17 - As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C₆H₅OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.