

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA PARA A BACIA DO RIO
FORMOSO: UMA PROPOSTA**

Luiz Mário Ferreira

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira

**Campo Grande-MS
Dezembro/2005**

(Ficha catalográfica a ser prepara pela Coordenadoria da Biblioteca Central da UFMS)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Luiz Mário Ferreira

Título: Índice de Qualidade de Água para a Bacia do Rio Formoso: uma proposta

Dissertação defendida e aprovada em / / , pela comissão julgadora:

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

Coordenador

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais
que sempre me incentivaram a estudar
e a lutar pelos meus ideais.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares pela paciência que tiveram comigo durante todo o período de estudo e realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Onofre Salgado Siqueira pela orientação na elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Carlos Nobuyoshi Ide pela colaboração e sugestões.

A todos os colegas do IMAP, em especial à bióloga Eni Garcia de Freitas pelo apoio e incentivo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE QUADROS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 NECESSIDADE DO USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA	1
1.2 Objetivo geral	4
1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
1.3.1 Indicadores de qualidade de água utilizados no índice IQA-NSF (modificado pela CETESB)	5
1.3.2 Critérios para elaboração de Índices de Qualidade de Água	15
1.3.3 Estruturação de subíndices de Qualidade de Água	17
1.3.4 Agregação de subíndices de Qualidade de Água	21
1.3.5 Equações Polinomiais das curvas das variáveis subíndices do IQA-NSF	31
1.3.6 Índices de Qualidade de Água	37
1.3.6. 1 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation, modificado pela CETESB – IQA _{NSF}	37
1.3.6. 2 Índice de Qualidade de Água de Smith – IQA _{smith}	41
1.3.6. 3 Índice de Qualidade de Água de Horton – IQA _{Horton}	42
1.3.6. 4 Índice de Qualidade de Água de Prati – IQA _{PRATI}	43
1.3.6. 5 Índice de Poluição de Rios de McDuffie – IPR _{MD}	45
1.3.6. 6 Índice de qualidade de água de Dinius – IQA _{Dinius}	46
1.3.6. 7 Índice de qualidade de água de Harkins – IQA _{Harkins}	48
1.3.7 Aspectos Legais	49
1.3.7. 1 Legislação federal	49
1.3.7. 2 Legislação estadual	50
2 METODOLOGIA	51
2.1 ÁREA DE ESTUDO	51
2.1.1 Pontos de Coleta	54
2.1.2 Medidas de Vazão	55
2.1.3 Campanhas de Coletas nos Pontos de Controle	54
2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS	54
2.3 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE QUALIDADE DE ÁGUA	56
2.4 Bacia do rio formoso	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
4 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS	92
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXO A	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.3.1 - Tipos de sólidos presentes na coluna d'água.....	7
Figura 1.3.2 – Modelo para estruturação de índices ambientais. (Fonte: modificado de Bollmann & Marques, 2003).....	16
Figura 1.3.3 – Exemplos de determinações de subíndices por meio de funções lineares. (Fonte: Modificado de Bollmann & Marques, 2000).....	18
Figura 1.3.4 – Função não linear segmentada aplicada a variação do pH no IQA de Prati. Fonte: modificado de Bollmann & Marques, 2000.	19
Figura 1.3.5 – Uso de função exponencial para determinação de subíndice.....	21
Figura 1.3.6 – Gráfico de $I = \text{Máx}\{I_1, I_2\}$, no plano (I_1, I_2)	24
Figura 1.3.7 – Exemplo do Operador Mínimo com escala decrescente.	25
Figura 1.3.8 – Gráfico de soma linear.	26
Figura 1.3.9 – Gráfico de soma linear ponderada.....	28
Figura 1.3.10 – Gráfico da função de agregação raiz de soma de potências.....	29
Figura 1.3.11 – Curvas médias de qualidade de água do IQA _{NSF}	38
Figura 2.1 – Visão geral da metodologia do trabalho.....	51
Figura 2.2 – área de estudo, bacia do rio Formoso.....	52
Figura 2.3 – Medição da descarga líquida no rio Formoso a jusante da foz do córrego Bonito.	55
Figura 2.4 – Medição da descarga líquida no rio Formoso no ponto P1.....	54
Figura 2.5 – Medição da descarga líquida no córrego Bonito no ponto P3.	54
Figura 2.6 – Medição da descarga líquida no córrego Bonito no ponto P5.	54
Figura 2.7 – Bacia do rio Formoso em Mato Grosso do Sul. Fonte: IMAP-MS.....	62
Figura 2.8 – Rio Formoso a montante do ponto P1.....	64
Figura 2.9 – Característica do Córrego Bonito, próximo a sua foz.	64
Figura 2.10 – Característica do Rio Formoso com baixa turbidez.	65
Figura 2.11 – Vista aérea do Rio Formoso a montante do ponto P1.....	65
Figura 2.12 – Detalhe da vegetação subaquática do Rio Formoso.....	66
Figura 2.13 – Panorâmica da área do Rio Formoso, a montante do P1.....	66
Figura 2.14 – Formações calcárias e corredeiras no Rio Formoso.....	66
Figura 2.15 – Quedas d'água no Rio Formoso.....	67
Figura 3.1- Variabilidade da Temperatura da água do rio Formoso, série 96-2002.....	71
Figura 3.2 - Variabilidade dos coliformes fecais no rio Formoso, série 96-2002.	72
Figura 3.3 - Variabilidade da Temperatura da água do córrego Bonito, série 96-2002.	73
Figura 3.4 – Panorâmica do ponto BO2014, baixa lâmina de água do córrego Bonito.	74
Figura 3.5 - Variabilidade dos coliformes fecais no córrego Bonito, série 96-2002.....	74
Figura 3.6 - Variabilidade do IQA no rio Formoso e córrego Bonito, série 96-2002.	75
Figura 3.7– Nova curva proposta para o pH na bacia do rio Formoso.....	82
Figuras 3.8 e 3.9 – Variação espacial longitudinal e temporal do pH médio no rio Formoso, 1996-2002.....	81
Figuras 3.10 e 3.11 – Variação espacial longitudinal e temporal do pH médio no córrego Bonito, 1996-2002.....	80

Figura 3.12 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do rio Formoso no ponto P1, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.	81
Figura 3.13 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do rio Formoso no ponto P2, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.	82
Figura 3.14 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P3, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.	84
Figura 3.15 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P4, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.	85
Figura 3.16 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P5, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.	86
Figura 3.17 – Variação espacial longitudinal do IQA médio (CETESB e NOVO), no rio Formoso, 2000.	89
Figura 3.18 – Variação espacial longitudinal do IQA médio (CETESB e NOVO), no córrego Bonito, 2000.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.3.1 – Descritores e cores utilizadas pelo IQA_{NSF}	39
Tabela 1.3.2 – Descritores e qualificação da qualidade das águas.	40
Tabela 1.3.3 – Parâmetros e pesos que entram no cálculo do IQA_{NSF}	40
Tabela 1.3.4 – Classes e descritores utilizadas no IQA_{Smith}	42
Tabela 1.3.5 – Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do IQA_{Horton}	43
Tabela 1.3.6 – Equações das variáveis subíndices para o Índice de Prati	44
Tabela 1.3.7 – Sistema de classificação das águas de Prati, para águas superficiais.	45
Tabela 1.3.8 – Funções de subíndices para o IPR_{MD}	46
Tabela 1.3.9 – funções e subíndices para o IQA_{Dinius}	47
Tabela 1.3.10 – Pesos para cada variável do índice de Dinius.	47
Tabela 2.1.1 – Relação de pontos com a respectiva localização geográfica.	54
Tabela 2.2.1 – Metodologia analítica utilizada no laboratório	54
Tabela 2.3.1 – Pesos de cada parâmetro que compõem o IQA_{NSF}	58
Tabela 2.3.2 – Localização dos pontos de coleta monitorados pelo IMAP/MS.	59
Tabela 2.3.3 – Descritores de qualidade de água, conforme o valor do IQA	60
Tabela 1 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1996.	98
Tabela 2 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1997.	99
Tabela 3 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1999.	100
Tabela 4 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2000.	101
Tabela 5 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2001.	102
Tabela 6 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2002.	103
Tabela 7 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1996.	104
Tabela 8 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1997.	105
Tabela 9 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1998.	106
Tabela 10 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1999.	107
Tabela 11 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2000.	108
Tabela 12 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2001.	109
Tabela 13 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2002.	110
Tabela 14 – Dados de qualidade de água do Rio Formoso, ano 2000.	115
Tabela 15 – Dados de qualidade de água do Córrego Bonito, ano 2000.	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Resultados do ponto de controle, P1 no Rio Formoso.	68
Quadro 3.2 – Resultados do ponto de controle P2 no Rio Formoso.	69
Quadro 3.3 – Resultados do ponto de controle P3 no Córrego Bonito.	69
Quadro 3.4 – Resultados do ponto de controle P4 no Córrego Bonito.	70
Quadro 3.5 – Resultados do ponto de controle P5 no Córrego Bonito.	70
Quadro 3.6 – IQA (CETESB/NSF; NOVO) do rio Formoso, ano 2000.	77
Quadro 3.7 – IQA (CETESB/NSF; NOVO) do córrego Bonito, ano 2000.	77
Quadro 3.8 – Série histórica do pH na bacia do rio Formoso, 1996-2002.	80
Quadro 3.9 – Proposta de novos valores para o subíndice pH, na bacia do rio Formoso.	81
Quadro 3.10 – Proposta de novos valores para os pesos dos subíndices.	80
Quadro 1 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2073.	112
Quadro 2 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2065.	112
Quadro 3 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2047.	112
Quadro 4 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2000.	113
Quadro 5 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2014.	113
Quadro 6 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2010.	113
Quadro 7 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2008.	114
Quadro 8 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2000.	114
Quadro 9 – Valor do subíndice temperatura para o Rio Formoso, ano 2000.	118
Quadro 10 – Valor do subíndice oxigênio dissolvido para o Rio Formoso, ano 2000.	118
Quadro 11 – Valor do subíndice DBO para o Rio Formoso, ano 2000.	118
Quadro 12 – Valor do subíndice nitrogênio total para o Rio Formoso, ano 2000.	119
Quadro 13 – Valor do subíndice fosfato total para o Rio Formoso, ano 2000.	119
Quadro 14 – Valor do subíndice sólido total para o Rio Formoso, ano 2000.	119
Quadro 15 – Valor do subíndice pH para o Rio Formoso, ano 2000.	120
Quadro 16 – Valor do subíndice coliforme fecal para o Rio Formoso, ano 2000.	120
Quadro 17 – Valor do subíndice turbidez para o Rio Formoso, ano 2000.	120
Quadro 18 – Valor do subíndice temperatura para o Córrego Bonito, ano 2000.	120
Quadro 19 – Valor do subíndice oxigênio dissolvido para o Córrego Bonito, ano 2000.	121
Quadro 20 – Valor do subíndice DBO para o Córrego Bonito, ano 2000.	121
Quadro 21 – Valor do subíndice nitrogênio total para o Córrego Bonito, ano 2000.	121
Quadro 22 – Valor do subíndice fosfato total para o Córrego Bonito, ano 2000.	122
Quadro 23 – Valor do subíndice sólidos totais para o Córrego Bonito, ano 2000.	122
Quadro 24 – Valor do subíndice pH para o Córrego Bonito, ano 2000.	122
Quadro 25 – Valor do subíndice coliforme fecal para o Córrego Bonito, ano 2000.	122
Quadro 26 – Valor do subíndice turbidez para o Córrego Bonito, ano 2000.	123
Quadro 27 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2000.	124
Quadro 28 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2010.	124
Quadro 29 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2014.	125
Quadro 30 – Descarga líquida medida no Rio Formoso, ponto FO2055.	126
Quadro 31 – Descarga líquida medida no Rio Formoso, ponto FO2065.	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CO₂ - Gás Carbônico

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

FT – Fósforo total

IMAP – Instituto de Meio Ambiente Pantanal

IQA - Índice de Qualidade da Água

kW - Produto iônico da água

NSF - *National Sanitation Foundation*

NT – Nitrogênio total

OMS - Organização Mundial de Saúde

OD - Oxigênio Dissolvido

pH - Potencial Hidrogeniônico

PNMA- Programa Nacional de Meio Ambiente

RESUMO

FERREIRA, L. M. (2005). *Índice de qualidade de água para a bacia do rio formoso: uma proposta*. Campo Grande, 2005. 120 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A bacia hidrográfica do Formoso, localizada no Estado de Mato Grosso do Sul, possui como seu principal formador o próprio rio Formoso com aproximadamente 73 km de extensão. Este rio nasce na Serra da Bodoquena e tem como principais afluentes o rio Sucuri e córrego São João, pela margem direita; e os rios Mimoso, Formosinho e os córregos Bonito e Retiro, todos pela margem esquerda. O rio Formoso é conhecido mundialmente pela sua beleza cênica e a preservação da qualidade de suas águas é de vital importância para a manutenção do turismo contemplativo e de contato primário. Diante disto foi proposto este trabalho com o objetivo de adequar à realidade regional, o índice IQA-NSF modificado pela CETESB, utilizado pelo Estado de Mato Grosso do Sul na gestão de recursos hídricos. Para a consecução desse objetivo foi utilizada a série histórica de dados do monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Formoso, bem como levantamento em campo nos pontos definidos como controle distribuídos no Rio Formoso e Córrego Bonito. Como principais resultados foi demonstrado que o pH das águas da bacia do rio Formoso varia sempre na faixa alcalina, sendo, portanto, ajustado a curva deste subíndice à realidade local, foram também ajustado os subíndices dos parâmetros turbidez e temperatura da água, subsidiando assim a criação do índice da bacia do Rio Formoso.

Palavras-chave: IQA, Rio Formoso, Qualidade de água.

ABSTRACT

FERREIRA, L. M. (2005). Water Quality Index to the formoso river basin:*a proposal*. Campo Grande, 2005. 120 p. Master Dissertation – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil.

The Formoso river basin, localized in the Mato Grosso do Sul State, possess as they main shaped proper Formoso river with aproximated 73 km of extension. This river born in the Bodoquena mountain and had as mains tributary the Sucuri river and São João stream, as right border; and the Mimoso, Formosinho rivers and the Bonito and Retiro stream as left border. The Formoso river is know around the world as they beauty, and the preservation of water quality is very important to the maintenance of contemplation turism and primary contact. Before was proposed this work with the goal objective of proportioned regional reality, the NSF-WQI modified by CETESB, utilized as Mato Grosso do Sul State in the water resources management. To the obtain this objective was utilized the historical set of data of net monitoring water quality of formoso basin river, well as survey at country in the determined point as control, distribuited in the Formoso river and Bonito stream. As principal result was demonstrated that pH of water Formoso basin river vary ever in the alkaline range, hence, adjusted to curve of this subindex to place reality, so to do adjusted the subindex in the parameters turbidez and temperature of water, subsiding as the creation of index Formoso basin river.

Keywords: WQI, Formoso River, water quality.

1 INTRODUÇÃO

1.1 NECESSIDADE DO USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA

A ocupação humana, tanto no ambiente urbano quanto no ambiente rural, provoca a alteração da paisagem natural. O consumo dos recursos naturais desenvolve-se em um ciclo que se completa com a geração de resíduos, e os efeitos desses resíduos são perceptíveis no meio ambiente, principalmente na água que reflete todas as intervenções feitas na bacia hidrográfica.

A avaliação da qualidade ambiental exige fundamentalmente a discussão integrada das intervenções humanas sobre os componentes ambientais, ar, solo e água, originando daí uma gama imensa de dados e informações que torna quase inexecutável a análise individual dos mesmos. Para minimizar essa dificuldade de análise e até mesmo otimizar a utilização dos dados e informações geradas, tem-se buscado a agregação desses indicadores transformando-os em índices de qualidade ambiental.

Os índices de qualidade de água têm a intenção de representar, de uma maneira simples e compreensível, a qualidade da água para gerentes e tomadores de decisão, inclusive sobre os possíveis usos de um dado recurso hídrico e, também, para o público em geral.

De acordo com Miller (1986) *apud* Bordalo (2001), basicamente um índice de qualidade de água (IQA) é uma tentativa de criar um mecanismo, através de uma derivada cumulativa ou uma expressão numérica que define um certo nível da qualidade da água.

Conforme Bordalo (2001), o primeiro IQA foi desenvolvido nos Estados Unidos da América por Horton em 1965 e aplicado na Europa desde os anos de 1970, inicialmente no Reino Unido. Conforme Shoji (1966); Handa (1981), Suki (1988), Bhargava (1987), Al-Ami (1987), Zou (1988), Sahu (1991), Erandu & Nduka (1993) e Palupi (1995) *apud* Bordalo (2001), os índices também têm encontrado aplicação na África e Ásia.

House & Ellis (1980) *apud* Almeida *et al.* (2003) apontam três grupos diferentes de IQA, quais sejam: índice de qualidade geral, índices relacionados aos usos e índices de poluição sanitária.

Para Couillard & Lefebvre (1985) *apud* Almeida *et al.* (2003) há seis tipos diferentes de índices: nos anos sessenta foram criados dois, o IQA geral e o biológico; na década seguinte foram criados um índice para uso específico, outro para planejamento e um baseado em abordagem estatística; e finalmente nos anos oitenta foram criados os índices de estado trófico.

Segundo Harrison *et al.* (2000), tem havido uma crescente aceitação dos índices nas últimas décadas, devido à necessidade de uma prática que compare sucintamente a qualidade global da água em diferentes localizações. E, o que é mais importante, o IQA é uma escala numérica simples, objetiva, consistente e reproduzível que representa a informação da qualidade da água.

Para Junior *et al.* (2003), os índices são informações comunicadas a partir da mensuração de elementos e fenômenos da realidade. A quantificação dessas informações, com base em padrões de referência, pode tornar o seu significado mais claro e facilitar a comunicação.

Ainda de acordo com Junior *et al.* (2003), os índices não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais, espacial e temporalmente, e cuja integração e evolução permite o acompanhamento dinâmico da realidade ambiental.

Bollmann & Marques (2001) afirmam que as práticas existentes de mensuração da influência das atividades antrópicas no meio ambiente são controversas e raramente conseguem realizar ligações diretas entre a socioeconomia e os fatores ambientais. Ainda de acordo com os mesmos autores, a ação de medir, como um instrumento indispensável para operacionalizar a implementação de políticas norteadoras do desenvolvimento humano, auxilia tanto aos decisores quanto ao cidadão comum, na tarefa de conceitualizar objetivos, estudar alternativa, fazer escolhas e ajustar dinamicamente as políticas e objetivos, baseando-se na avaliação do estado atual do meio ambiente. Diante disto, mesmo que se possam contestar os valores absolutos obtidos dos índices, não se podem negar os benefícios obtidos da análise e interpretação destes mesmos resultados, quando se conhecem as limitações intrínsecas à medição efetuada. Ainda de acordo com os autores, cabe ao gestor ambiental a escolha criteriosa daquele índice que melhor representa as peculiaridades da bacia

hidrográfica em estudo, e somente a partir da aplicação contínua de métodos de avaliação da qualidade ambiental, será possível uma análise científica da evolução dos padrões de uso e ocupação do solo e suas relações com a qualidade da água.

No Brasil, por meio do Programa Nacional do Meio Ambiente - Segunda Fase (PNMAII), vem ocorrendo desde o ano 2000, uma grande discussão do sistema de monitoramento da qualidade da água e dos indicadores utilizados na avaliação, bem como da forma de disponibilização das informações aos diversos usuários de recursos hídricos e aos tomadores de decisão. Esta discussão culminou com um diagnóstico da situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil. Em 2001 o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do PNMA II, promoveu dois cursos de Gestão Ambiental e Monitoramento da Qualidade da Água com o objetivo de integrar o sistema de monitoramento e avaliação da qualidade da água, em nível nacional. Ainda em 2001, o Ministério do Meio Ambiente, promoveu uma oficina intitulada “Definição de Indicadores Mínimos para a Qualidade da Água”, realizada em Brasília, com a participação de todos os Estados da Federação e o Distrito Federal. Nesta oficina evidenciou-se a necessidade da proposição tanto de indicadores quanto de um índice que facilitasse o entendimento da qualidade da água.

No Estado de Mato Grosso do Sul, desde 1993, utiliza-se o índice IQA-NSF modificado pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo, para aferir a qualidade da água das bacias hidrográficas, onde são analisados todos os nove parâmetros (pH, OD, DBO_{5,20}, Fósforo total, Sólidos totais, Turbidez, Nitrogênio total, Temperatura e Coliformes fecais) que compõem este IQA. A escolha deste índice deveu-se, principalmente, ao fato da CETESB ser um órgão de referência na América Latina no que se refere ao controle e monitoramento ambiental e ter prestado consultoria ao Estado de Mato Grosso do Sul para implantação da metodologia de uso deste IQA.

No entanto, em trabalho sobre avaliação comparativa da sensibilidade do IQA-NSF, IQA-SMITH e IQA-HORTON, aplicados ao Rio Miranda, MS, Ferreira & Ide (2000) mostraram a necessidade de adequação do índice utilizado à realidade regional.

Assim, as conclusões do trabalho de Ferreira & Ide (2000), bem como a busca de um índice mínimo que represente a qualidade dos recursos hídricos no nível nacional, justificam o desenvolvimento desta proposta.

1.2 OBJETIVO GERAL

Adequar, à realidade da bacia do Rio Formoso, o índice IQA-NSF modificado pela CETESB e utilizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Mato Grosso do Sul na gestão de recursos hídricos.

1.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.3.1 Indicadores de qualidade de água utilizados no índice IQA-NSF (modificado pela CETESB)

Como a análise e a avaliação da qualidade da água através de todos os parâmetros de qualidade ambiental é uma atividade praticamente inexeqüível do ponto de vista financeiro e operacional, então será feita uma abordagem genérica sobre aqueles principais parâmetros que entram no cálculo do IQA-NSF (modificado pela CETESB), destacando a sua importância na avaliação da qualidade ambiental.

Temperatura

A temperatura é uma característica física da água, uma medida da intensidade de calor. Este calor se propaga na água de molécula em molécula, num processo lento, conhecido por condução. Nos corpos d'água, no primeiro metro de profundidade há uma forte absorção de radiação solar, aumentando a temperatura. Abaixo desta camada, a turbulência provocada pela ação do vento promove a distribuição do calor por toda a massa da água, evitando a queda brusca da temperatura.

Os corpos d'água apresentam variações sazonais e até mesmo diárias de temperatura, bem como estratificação vertical, segundo Gastaldini & Mendonça (2001). A temperatura pode ser influenciada por fatores ambientais, tais como a latitude, altitude, estação climática, período do dia, taxa de vazão e a profundidade, bem como por fatores antrópicos como a introdução de efluentes industriais térmicos.

A temperatura desempenha um papel importante de controle do meio aquático, influenciando em uma série de parâmetros físico-químicos, químicos e biológicos. Por exemplo, à medida que varia de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização da água diminuem, enquanto que a condutividade térmica e pressão de vapor aumentam (CETESB, 1999).

Com o aumento da temperatura podem ocorrer efeitos danosos à flora e fauna aquáticas, pois pode ocorrer uma maior movimentação dos seres aquáticos o que demanda um consumo maior de oxigênio dissolvido, quando a concentração desse gás é menor na coluna

d'água, em função da menor solubilidade do mesmo. Conforme Gastaldini & Mendonça (2001), um aumento da temperatura em presença de matéria orgânica e nutriente resulta no aumento do crescimento de macrófitas aquáticas e na floração de algas.

Para Dajoz (1978), as variações de temperatura nas águas correntes seguem a do ar, embora com uma amplitude menor. Este autor cita que na fonte Silver Springs, na Flórida-USA, a água varia entre 22,2 °C e 23,3 °C durante o ano todo, confirmando então a pouca variação na amplitude da temperatura da água. Ainda de acordo com o mesmo autor, cursos d'água sem vegetação ciliar apresentam maior temperatura da água que aqueles com margens sombreadas. Esta característica é importante do ponto de vista ambiental, pois a temperatura influencia diretamente a composição da fauna aquática.

Os organismos vivos de maneira geral subsistem em um intervalo de temperatura compreendido entre 0 e 50 °C em média, segundo Dajoz (1978). Este é o intervalo de temperatura onde a atividade metabólica se processa normalmente.

Sólidos totais

Sólidos ou resíduos são toda matéria residual obtida da evaporação de uma amostra de água a uma determinada temperatura. O resíduo total representa a fração do material, presente na água, com uma pressão de vapor muito baixa na temperatura de 103-105°C.

Segundo o tipo de associação com a água, os sólidos podem estar dissolvidos ou suspensos; segundo suas características e comportamentos, apresentam-se em três estados: suspensão, coloidal e solução, dependendo do seu tamanho; e quanto à caracterização química os sólidos podem ser fixos e voláteis, e quanto ao seu peso específico podem ser sedimentáveis pela ação da gravidade, conforme figura 1.3.1. Os sólidos afetam a vida aquática de modo indireto, à medida que impedem a penetração de luz, reduzem a concentração do oxigênio dissolvido e induzem o aquecimento da água.

Os sólidos dissolvidos, em águas naturais, são constituídos, basicamente, de carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloretos, fosfatos, nitratos, magnésio, sódio e potássio, sendo que podem causar efeitos nocivos aos diversos seres vivos aquáticos.

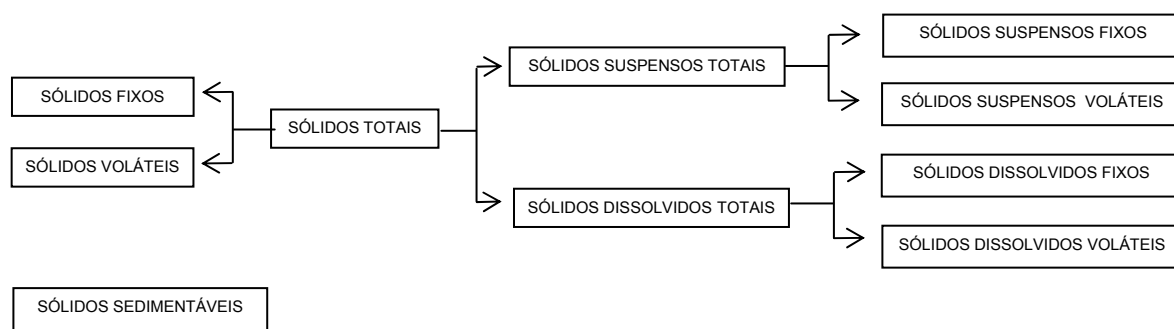


Figura 1.3.1 - Tipos de sólidos presentes na coluna d'água.

Turbidez

A turbidez da água é a expressão da propriedade óptica da luz, permitindo que a luz incidente seja dispersa e ou absorvida pela água.

A turbidez na água é causada pela presença de matéria suspensa ou coloidal (bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos, tais como silte, argila, sílica, compostos orgânicos coloridos solúveis), originados tanto de processos naturais quanto resultantes da descarga de efluentes domésticos e industriais, e que são mantidos em suspensão por fluxo turbulento e/ou movimento browniano.

A alta turbidez pode prejudicar as comunidades biológicas aquáticas em função da diminuição da zona eufótica, reduzindo assim a fotossíntese da vegetação aquática enraizada submersa e algas, acarretando a diminuição destes vegetais e isso acarretará a redução da produtividade dos peixes e outros organismos heterotróficos, conforme CETESB (1999) *apud* Ferreira & Ide (2000).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é a medida da atividade do íon hidrogênio em uma solução aquosa ou amostra de água, retratando o equilíbrio ácido-base obtido dos vários compostos dissolvidos, sais e gases.

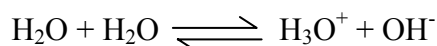
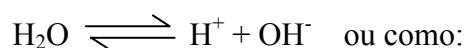
A definição original de pH, formulada por Sorensen (1909) *apud* Ferreira & Ide (2000), é:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

No entanto, no conceito da diluição infinita, o pH pode ser definido em termos de atividade do íon hidrogênio (STUM, 1970):

$$\text{p}^a \text{H} = -\log \{\text{H}^+\} = -\log [\text{H}^+] - \log f \text{H}^+$$

A água se dissocia segundo a reação:



Esta dissociação no estado de equilíbrio é escrita como:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K' \quad \text{ou} \quad \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2} = k''$$

Em qualquer um desses dois casos a $[\text{H}_2\text{O}]$ é constante, ou seja:

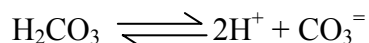
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K' [\text{H}_2\text{O}] = K_w \quad \text{ou} \quad [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = k'' [\text{H}_2\text{O}] = K_w,$$

onde:

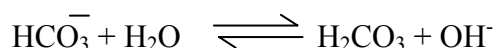
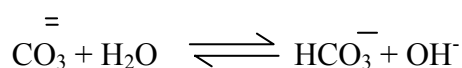
K_w é o produto iônico da água que a 25°C é $1,0 \times 10^{-14}$.

Logo, o produto $[\text{H}^+][\text{OH}^-]$ é uma constante e vale $1,0 \times 10^{-14}$ a 25°C (Russel, 1981). Dessa forma, em condições de neutralidade, uma água pura a 25°C terá $\text{pH} = 7$; águas com pH abaixo de 7 são ácidas e com valores acima de 7, são alcalinas.

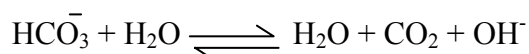
O pH é uma das variáveis ambientais mais importantes e, também, mais difícil de se interpretar. Tal dificuldade advém do grande número de fatores que podem influenciar o valor do pH, tais como os íons H^+ oriundos da dissociação do ácido carbônico:



gerando um pH baixo, ou as reações dos íons carbonato e bicarbonato com a água, elevando o pH, tornando a água alcalina:

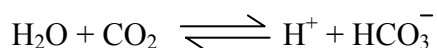


Os seres vivos aquáticos autotróficos podem interferir nos valores de pH, como por exemplo, por meio da assimilação de CO_2 durante o processo de fotossíntese pelas macrófitas aquáticas e algas, elevando o pH do meio. Este fenômeno ocorre, principalmente, da hidrólise do íon bicarbonato em CO_2 e OH^- , segundo a equação abaixo (CETESB, 1999):



O conseqüente consumo de CO_2 pelos seres autotróficos, causa um deslocamento do equilíbrio iônico, ou seja, o meio ficará com excesso de íons OH^- , que eleva o pH.

Já os organismos heterotróficos, bactérias e animais aquáticos, interferem sobre o pH da água, geralmente abaixando-o. Esse fenômeno ocorre porque os intensos processos de decomposição e respiração aumentam a liberação do íon CO_2 e conseqüentemente a formação do ácido carbônico e íons H^+ , o que torna a água ácida (CETESB, 1994):



O pH da água pode influenciar diversos fenômenos aquáticos, tais como a maior solubilidade de alguns metais em pH baixo, sendo que alguns destes são tóxicos. Em pH elevado o ferro pode tornar-se menos disponível e prejudicar o desenvolvimento de plantas aquáticas. A amônia pode tornar-se tóxica para organismos aquáticos em pH elevado.

Fatores artificiais, como os lançamentos de efluentes industriais ou domésticos podem variar o pH da água para a faixa alcalina ou ácida.

Outro fator natural que abaixa o pH das águas naturais é a elevada concentração de ácidos orgânicos dissolvidos de origem autóctone e ou alóctone.

Segundo THIENEMANN (1968) *apud* Esteves (1988), o pH é o fator limitante à colonização dos ecossistemas aquáticos por diferentes organismos.

As comunidades aquáticas vegetais e animais têm uma relação estreita e interdependente com o pH da água, ou seja, o pH interfere no metabolismo dessas comunidades, como, por exemplo, alterando o processo de permeabilidade da membrana celular, influenciando decisivamente no transporte iônico intra e extracelular, e as comunidades aquáticas alteram o pH da água, como por exemplo, o consumo de CO_2 , no processo fotossintético durante o dia eleva o pH do meio, e a noite com a eliminação de CO_2 pela respiração há o abaixamento do pH da água. Outros processos metabólicos podem baixar o pH das águas naturais, tais como:

- ✓ Oxidação biológica;
- ✓ Troca catiônica;
- ✓ Hidrólise de cátions.

Outro fato relacionado com o pH, é que acima de oito pode haver a precipitação do fósforo sob a forma de ortofosfatos insolúveis, limitando o crescimento das algas, que pode influenciar negativamente ou positivamente na qualidade das águas, dependendo do uso preponderante da mesma. Em pH ácido há uma maior solubilização de metais que são tóxicos para diversos organismos aquáticos; já o pH alcalino favorece a formação de NH_3 que é tóxica para peixes.

De acordo com Dajoz (1978), o pH interfere na distribuição dos organismos aquáticos, entre os vegetais há espécies de algas que se desenvolvem em águas com pH alcalino ou

ácido. Os peixes suportam um pH entre 5 e 9. Em pH inferior a 5 é esperado uma mortandade maciça de peixes, embora algumas espécies adaptam-se a pH igual a 3,7. Por outro lado em pH acima de 10 são letais para todos os peixes.

Nitrogênio total

Conforme Gastaldini & Mendonça (2001), o nitrogênio é um elemento químico muito importante no meio aquático, pois as reações biológicas só ocorrem em presença de nitrogênio suficiente.

Este elemento existe basicamente sob quatro formas:

Nitrogênio orgânico: é o nitrogênio ligado organicamente e no estado de oxidação -3. Existe na forma de proteínas, aminoácidos, peptídeos, ácidos nucleicos, substâncias orgânicas sintéticas e uréia. Geralmente está presente nos cursos d'água em concentrações menores que 10 mg/L e nas águas residuárias a concentração é bem maior que esta.

Nitrogênio amoniacal: é a forma mais reduzida do nitrogênio e encontra-se na forma de sais de amônia ou como amônia livre. Está presente na maioria das águas superficiais e subterrâneas, como produto da degradação biológica de material orgânico nitrogenado ou da redução de nitritos em condições de anaerobiose.

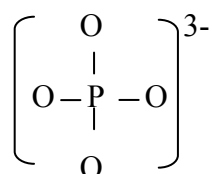
Nitrogênio nitrito: é o estágio intermediário da oxidação do nitrogênio, resulta tanto da oxidação da amônia pelas bactérias nitrosomonas em condições aeróbias quanto da redução de nitratos em condições anaeróbias. Em águas naturais existe em concentrações menores que 0,1 mg/L, e em águas residuárias está em torno de 1,0 mg/L.

Nitrogênio nitrato: é o produto final da oxidação do nitrogênio. Apesar das várias fontes, os nitratos raramente apresentam altas concentrações na coluna d'água, pois servem como elemento essencial para todos os tipos de plantas aquáticas e fitoplâncton.

O nitrogênio total é a soma de todas as formas de nitrogênio acima descritos, e serve como um indicador do grau de enriquecimento que o corpo d'água passa, indicando indiretamente o grau de produtividade primária do ambiente aquático.

Fósforo total

O fósforo é um elemento não metálico que ocorre na natureza sob diferentes formas, orgânica, inorgânica, dissolvida e ou particulada ou de ambas as formas. De acordo com Stum (1970), na natureza o fósforo ocorre quase que exclusivamente como fosfato, no estado de oxidação total, com número de oxidação 5 e de coordenação igual a 4. O fosfato ocorre em todos os minerais como ortofosfato, e a forma iônica é representada como:



Ainda conforme Stum (1970), o fosfato é encontrado na forma dissolvida em águas naturais como o resultado do desgaste natural e solubilização de fosfatos minerais, erosão e transporte de solos, fertilização dos solos, transferência biológica, uso de compostos solúveis fosfatados na fabricação de detergentes e efluentes domésticos e industriais.

O fósforo, assim como o mercúrio, está sujeito à bioacumulação nos organismos vivos. Nos ambientes aquáticos a forma mais conhecida deste elemento varia constantemente devido a processos de decomposição e síntese entre as formas orgânicas e as formas inorgânicas oxidadas.

De acordo com a CETESB (1999) *apud* Ferreira & Ide (2000), na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade, ao mesmo tempo em que é apontado como o principal causador da eutrofização artificial destes ecossistemas. A equação que demonstra a participação do fósforo no ecossistema é a seguinte:



Excesso de fósforo na água pode causar diversos efeitos nocivos ao ambiente, tais como:

- ✓ Eutrofização acelerada;
- ✓ Toxicidade aos organismos aquáticos, inclusive os peixes;

- ✓ Interferem na coagulação e floculação em estações de tratamento de água.

Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido (OD) é uma das principais substâncias de vital importância para os organismos aquáticos aeróbios. Sua concentração depende de atividades físicas, químicas e bioquímicas no meio aquático, sendo um importante indicador da qualidade da água (BALLANCE, 1996).

As principais fontes de OD para a água são a atmosfera, por meio da reoxigenação e reaeração, e a fotossíntese; já as perdas são provocadas por decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos.

A distribuição do OD em ecossistemas aquáticos é geralmente inversa à concentração do CO_2 . Esse fato é observado geralmente em dias ensolarados quando ocorre um intenso consumo de CO_2 na zona eufótica devido à fotossíntese, diminuindo então a concentração do CO_2 e, conseqüentemente, aumentando a concentração de OD. Por outro lado, a ação microbiana na zona afótica promove o consumo de OD e liberação de CO_2 , por meio da respiração.

A quantidade mínima de OD requerida para a manutenção da vida aquática aeróbia é muito variável e depende de cada espécie, no entanto há estudos que demonstram a necessidade mínima de $4,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$ para permitir a sobrevivência de uma diversidade maior de organismos. Entretanto é comum encontrar peixes em águas com OD abaixo de $1,0 \text{ mgO}_2/\text{L}$, como é o caso do Pantanal onde anualmente ocorre as enchentes reduzindo os níveis de OD na coluna d'água.

Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$)

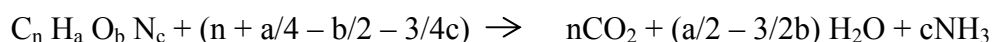
A demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$) representa a quantidade de oxigênio requerida para oxidar bioquimicamente a matéria orgânica biodegradável presente na água,

em um período de cinco dias a 20°C. O teste de DBO foi originalmente criado pela Comissão Real do Reino Unido, a partir da disposição do esgoto como um meio de avaliação do padrão da oxidação bioquímica que, preferencialmente, ocorre em um corpo d'água natural ao qual tenha sido descarregado tal poluente (BARTRAM, 1996).

A demanda de OD em águas poluídas é exercida por três classes de materiais, a saber:

- ✓ matéria orgânica carbonatada disponível como fonte de alimento aos microrganismos;
- ✓ matéria nitrogenada suscetível à oxidação microbiológica;
- ✓ agentes químicos redutores suscetíveis a oxidações químicas e/ou enzimáticas, tais como: ferro ferroso, sulfito, sulfeto e certos agentes orgânicos redutores.

A decomposição da matéria orgânica biodegradável presente nos corpos d'água ocorre segundo a equação abaixo, *apud* Ferreira & Ide (2000):



De maneira geral a DBO não interfere na qualidade da água, no entanto quando o curso d'água não apresenta boas condições de reaeração e reoxigenação a DBO pode ocasionar a depleção do OD e com isso provocar a morte de organismos aeróbios.

Coliformes fecais

Os organismos do grupo coliforme são definidos como bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, que fermentam a lactose a 35°C com produção de ácido e gás em 24-48 horas. Neste grupo incluem-se *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (CETESB, 1997).

A OMS apresenta uma definição mais completa onde são incluídos no grupo coliforme todos os bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros

compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento e que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás a 35°C em 24-48 horas.

No grupo dos coliformes totais estão inclusos gêneros de bactérias que não são de origem exclusivamente fecal. Esse fato levou ao desenvolvimento de estudos, que culminou com a identificação de um sub-grupo denominados coliformes fecais (bactérias coliformes termotolerantes), as quais são diferenciadas dos coliformes totais pela capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada (44,5 °C).

A utilização dos coliformes fecais apresentou uma melhora significativa na detecção da contaminação de origem fecal; no entanto ficou evidenciado que existiam outros coliformes termotolerantes além de *Escherichia coli*, principalmente *Klebsiella*, que não são de origem exclusivamente fecal, comprometendo o uso dos coliformes fecais. Em função disto atualmente já se discute o uso de *Escherichia coli*, que é de origem exclusivamente fecal, como indicador específico de contaminação fecal.

Para a preservação da vida aquática este indicador praticamente não interfere na qualidade da água. No entanto, em se considerando a qualidade ambiental, este é um indicador importantíssimo tendo em vista a sua relação direta com organismos patogênicos que podem estar na água e vir a contaminar ou inviabilizar o uso da água para fins mais nobres, como o consumo humano e a balneabilidade.

1.3.2 Critérios para elaboração de Índices de Qualidade de Água

Para a elaboração de um índice de qualidade de água é necessário seguir alguns critérios básicos, como por exemplo, a escolha dos indicadores de qualidade de água e a forma de agregação desses indicadores, entre outros. Estes critérios são importantes, pois tendo em vista que a função básica de um índice de qualidade de água é a simplificação, pode ser que alguma informação seja perdida, porém se os critérios forem seguidos a perda não será significativa.

De acordo com Bollmann & Marques (2003), o problema mais significativo apresentado na criação de um índice é que a água possui usos múltiplos, sendo que em geral é requerido padrão individual de qualidade para cada uso, gerando escalas de valores

diferenciadas para uma mesma variável de qualidade de água, aí é que entra a importância da função homogeneizadora de um índice de qualidade de água.

Ott (1978) *apud* Bollmann & Marques (2003) propôs do ponto de vista matemático, critérios de uniformização e agrupamento de dados em índices e indicadores ambientais segundo o fluxo de informações. No entanto este modelo não leva em consideração os critérios de seleção das variáveis que irá compor o índice. Para Bollmann & Marques (2003) é necessária uma etapa inicial para a escolha das variáveis ambientais que comporão o índice. A figura 1.3.2 indica esquematicamente a estrutura proposta.

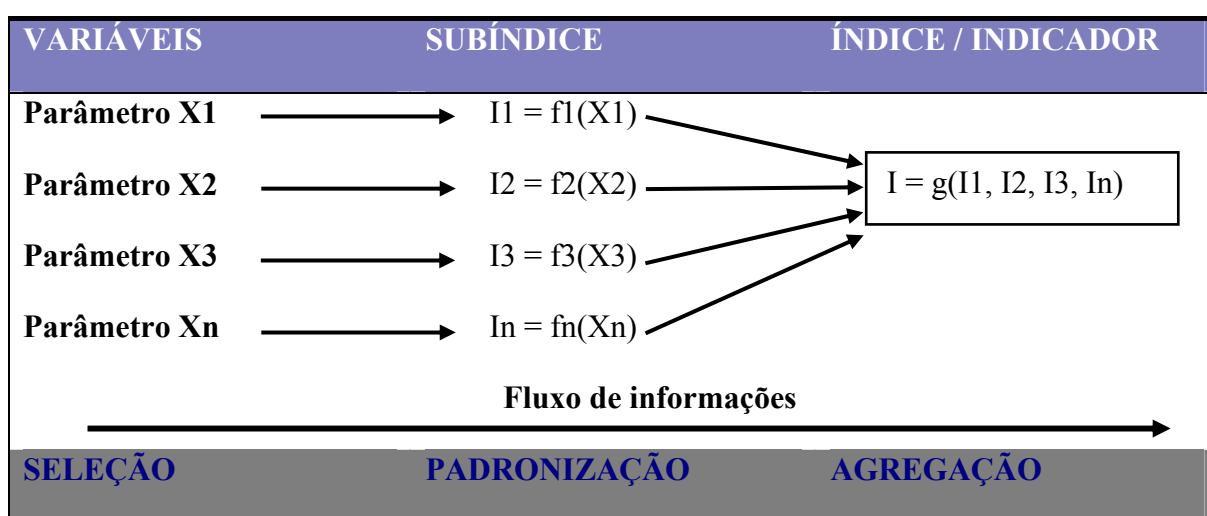


Figura 1.3.2 – Modelo para estruturação de índices ambientais. (Fonte: modificado de Bollmann & Marques, 2003)

Percebe-se na Figura 1.3.2 que primeiramente se faz a seleção das variáveis ou parâmetros que comporão o índice; em seguida é feita a padronização das informações por meio do cálculo de subíndices individuais para cada parâmetro ou variável e finalmente é feito a agregação das informações, compondo o índice final.

Para Bollmann & Marques (2003), a crítica maior feita ao modelo apresentado na Figura 1.3.2 é em relação a observação de que para cada parâmetro selecionado é obtido o mesmo valor para o subíndice, fato este que configura-se em um indicador absoluto.

Ainda de acordo com Bollmann & Marques (2003), as primeiras experiências na elaboração de índices foram baseadas no conhecimento individual de cada especialista, pressionados pela necessidade de estabelecer ferramentas que possibilitassem a comparação

espaço-temporal da qualidade da água. Estas experiências apresentavam algumas limitações devido à individualidade da abordagem. Para resolver este problema foram incorporados elementos estatísticos ou métodos de pesquisa de opinião no processo de seleção dos indicadores ou parâmetros, reduzindo daí as incertezas.

Já com os parâmetros selecionados, é necessária a determinação dos subíndices, ou seja, uniformização ou padronização das informações para a composição do índice final. Para Bollmann & Marques (2003) a uniformização ou padronização é necessária devido a natureza diversa das variáveis ambientais selecionadas. Isto induz ao estabelecimento de escalas distintas entre os valores que caracterizarão as águas limpas e as poluídas. Matematicamente podem ser empregadas funções lineares contínuas ou segmentadas e as não lineares; além destas pode ser empregada a técnica de análise de opinião.

1.3.3 Estruturação de subíndices de Qualidade de Água

As funções matemáticas lineares tem sido muito utilizadas para retratar a variação de um parâmetro ou variável ambiental, segundo uma escala definida de subíndice. Segundo Bollmann & Marques (2000), genericamente essas equações são apresentadas como:

$$I_n = f_n(X_n)$$

Onde: I_n é a função matemática linear;

X_n é a variável ambiental n.

A Figura 1.3.3 ilustra as principais funções matemáticas lineares mais utilizadas na padronização das variáveis ambientais em subíndices.

A Figura 1.3.3a retrata a função linear contínua mais simples. Já as figuras 1.3.3b e 1.3.3c apresentam exemplos de funções lineares segmentadas. As escalas nas ordenadas são arbitradas com valores adimensionais de 0 a 100, possibilitando que os subíndices calculados sejam homogeneizados. Como exemplo de utilização deste tipo de função matemática tem-se o Índice de Qualidade de Água de Prati.

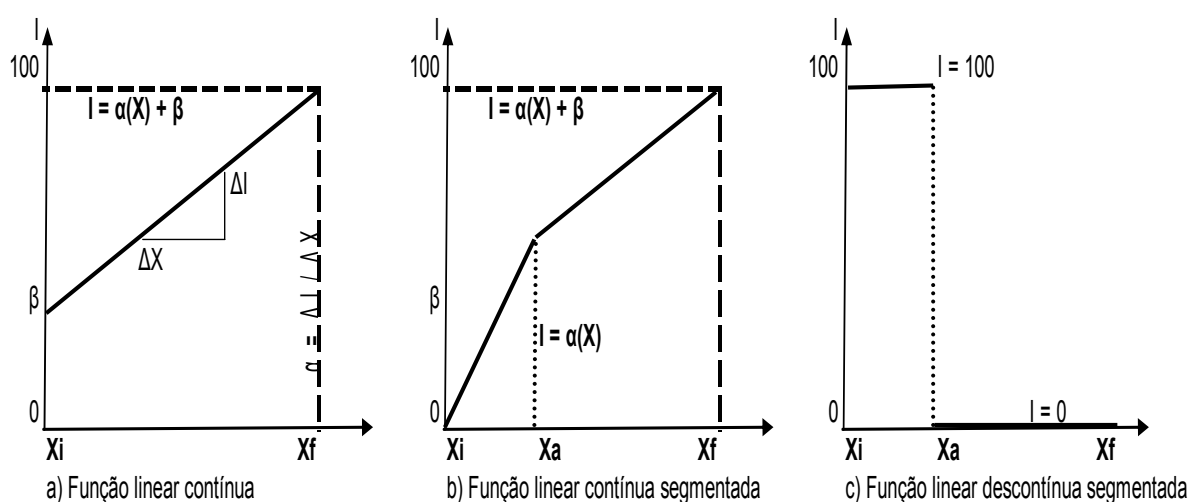


Figura 1.3.3 – Exemplos de determinações de subíndices por meio de funções lineares. (Fonte: Modificado de Bollmann & Marques, 2000).

A função linear segmentada também pode assumir uma forma particular para o caso da aplicação de padrões ambientais às variáveis X . Como exemplo na Figura 1.3.3c a concentração X_a representa um limite estabelecido por padrões de qualidade específicos para uma determinada situação. Os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 pode utilizar uma estrutura similar à apresentada na Figura 1.3.3c, (Bollmann & Marques 2000).

Ainda pode-se citar como exemplo de uso de funções lineares contínuas os subíndices normalizados de diversos índices de qualidade de água conforme elencados abaixo, Bollmann & Marques (2000):

- Amônia, cloretos, sulfatos, fenóis, surfactantes, ferro e zinco IQA para abastecimento público de Stoner;
- Arsênio, cobalto, manganês e vanádio no IQA para irrigação de Stoner.

Para as funções lineares segmentadas têm-se inúmeros exemplos de variáveis componentes de indicadores de qualidade ambiental que apresentam um comportamento linear segmentado, conforme mostrado abaixo, Bollmann & Marques (2000):

- OD, pH, coliformes, condutividade elétrica, alcalinidade e tratamento de esgotos do IQA de Horton;
- OD e pH do índice implícito de poluição de Prati;

➤ pH no índice de qualidade de água de Dinius.

Uma outra forma de estruturação de subíndices de normalização de variáveis ambientais que compõem um IQA é por meio do uso de funções matemáticas não lineares.

Embora as funções lineares segmentadas sejam bem flexíveis, a maioria delas não é ideal quando a taxa de mudança muda lentamente com o aumento dos níveis de poluição ambiental. Aí a função não linear é a mais indicada.

Para Bollmann & Marques (2000), existe um grande número de funções matemáticas não lineares na determinação de subíndices, no entanto, na prática o que se observa é o uso conjunto de funções lineares e não lineares para modelar um comportamento esperado, onde cada qual representa uma determinada faixa de variação da grandeza que se quer representar, conforme mostra a Figura 1.3.4.

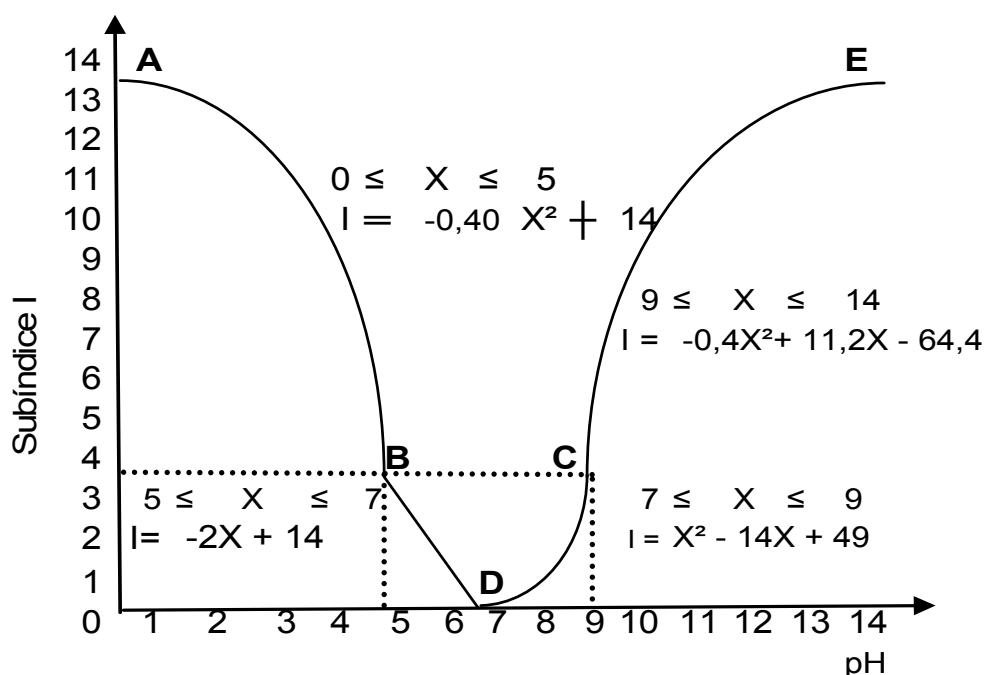


Figura 1.3.4 – Função não linear segmentada aplicada a variação do pH no IQA de Prati. Fonte: modificado de Bollmann & Marques, 2000.

A função não linear segmentada, na Figura 1.3.4, apresenta quatro segmentos:

AB(parábola) $0 \leq X \leq 5$ $I = -0,4X^2 + 14$

BD(reta) $5 \leq X \leq 7$ $I = -2X + 14$

$$\text{DC(parábola)} \quad 7 \leq X \leq 9 \quad I = X^2 - 14X + 49$$

$$\text{CE(parábola)} \quad 9 \leq X \leq 14 \quad I = -0,4X^2 + 11,2X - 64,4$$

Duas equações das quatro apresentadas acima dão o mesmo valor em cada ponto de inflexão da curva. Se $X = 5$, o subíndice $I = 4$ para a equação AB e para a equação BD.

O uso de funções lineares e não lineares de forma conjunta ou individualmente é de tal forma pertinente que mesmo em casos onde se previa a formulação de equações para representar o comportamento de uma determinada variável foi utilizado essas funções. O exemplo mais conhecido, segundo Bollmann & Marques (2000), é a composição do IQA NSF, onde os especialistas consultados representaram graficamente a variação dos parâmetros sem atribuição de equações.

No entanto as funções não lineares podem ser consideradas basicamente de dois tipos:

- 1) Função implícita, aquela que pode ser plotada em um gráfico, porém não lhe é atribuída nenhuma equação. Geralmente este tipo de função origina-se quando alguma curva empírica é obtida de um processo em estudo, porém é desconhecida a equação exata desta curva.
- 2) Função explícita é aquela onde uma equação matemática é dada, ou seja, em uma função explícita não linear a curvatura é obtida matematicamente.

A Figura 1.3.5 mostra um exemplo de função não linear mais comum, que é a função exponencial em que a variável poluente X é o expoente de uma constante $I = c^X$. A constante selecionada é geralmente 10 ou e (2,718281...). Sendo a e b constantes, a função exponencial será: $I = ae^{bX}$. A curva exponencial tem a propriedade tal que para igual incremento de X ocorre mudança em uma proporção constante, por exemplo: considerando $a = 100$ e $b = -0,16$ e se $\Delta X = 1 \rightarrow X = 1,1 \rightarrow I = 85,2$, que é exatamente 85,2% de 100; continuando, se $X = 2,1 \rightarrow I = 72,6$, que é exatamente 85,2% do valor anterior.

A pesquisa de opinião, técnica de Delphi, também é muito utilizada na determinação de subíndices. No entanto, nesta técnica o especialista tem a liberdade total para determinar a relação entre I e X . Segundo Bollmann & Marques (2000), geralmente são apresentadas equações que apresentam a relação, porém muitas vezes esta relação é apresentado um gráfico de uma equação não determinada. Para sistematizar todas as informações enviadas pelos especialistas consultados são plotados todas as alternativas de uma variável em um gráfico e em seguida é feito o cálculo da curva média e os intervalos de confiança. Por exemplo, para

uma região delimitada em 80% de confiança, apenas 20% das respostas situarão fora da faixa. Uma estreita faixa em relação a curva média descreve um alto grau de consenso, dos especialistas, em relação a função que melhor descreve a variação de I em função de X.

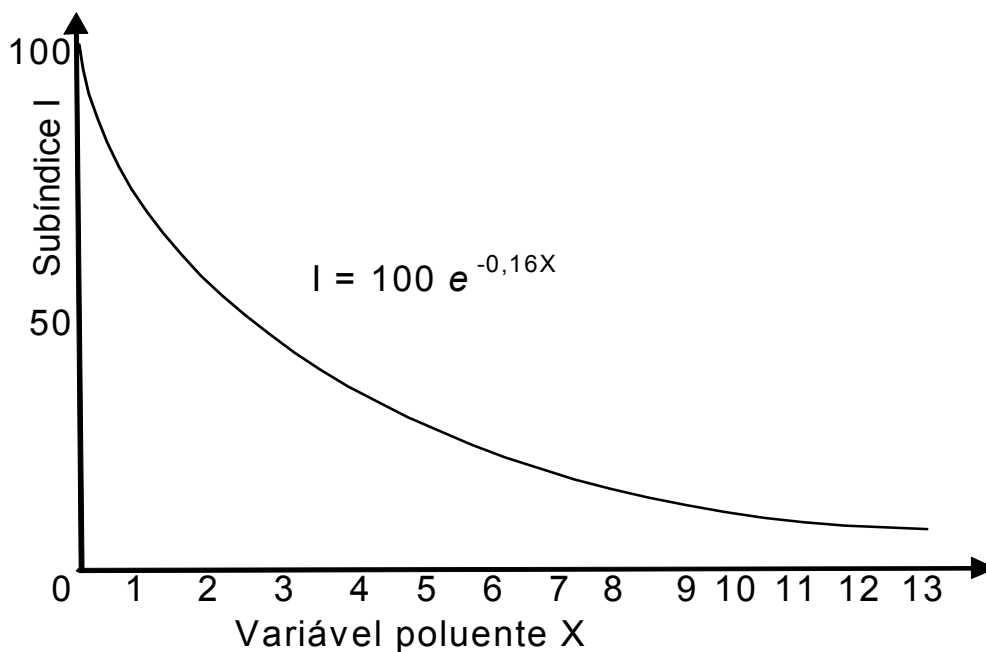


Figura 1.3.5 – Uso de função exponencial para determinação de subíndice.

Ainda de acordo com Bollmann & Marques (2000), um outro processo que utiliza a pesquisa de opinião é a determinação de pesos relativos de cada subíndice. Em geral esses pesos são arbitrados e sua soma é igual a unidade, sempre refletindo uma relação significativa entre os vários parâmetros considerados.

1.3.4 Agregação de subíndices de Qualidade de Água

O processo de agregação de subíndices é uma das mais importantes etapas na elaboração e cálculo de índices ambientais, pois é aí que ocorre a maior parte das simplificações, aumentando daí a possibilidade de introdução de distorções.

A técnica gráfica permite analisar o comportamento e limitações de cada função de agregação e também as conclusões que podem ser esperadas em casos mais gerais em que mais de duas variáveis estejam envolvidas.

De acordo com Bollmann & Marques (2000), a agregação de subíndices pode se dar em dois níveis. No primeiro, os dados primários das variáveis ambientais são agrupados diretamente, enquanto que no segundo agregam-se informações secundárias, subíndices já padronizados, derivados dos parâmetros ambientais. Os métodos de agregação de subíndices são: Método Exclusivo (Operadores Máximo e Mínimo), Métodos de agregação Aditivas e Multiplicativas, Método das Distâncias Euclidianas e o Método da Análise Comparativa.

No entanto existem outros métodos de agregação de subíndices para confecção de índices de qualidade de água, para Ott, (1978), estão disponíveis quatro tipos de funções de agregação:

1) Formas Aditivas, são as mais simples, como por exemplo, a soma linear não ponderada. Índice de escala crescente, utilizando este tipo de função, apresenta região ambígua. Por outro lado índice utilizando a soma linear ponderada evita o problema de ambigüidade, porém apresenta um problema mais sério que é o eclipsamento.

2) Operador Máximo, só o subíndice máximo é considerado, é uma função simples e é mais utilizado para a verificação de violação de um padrão ambiental. Tanto o operador máximo quanto a forma aditiva não são bem adequados para agregação de subíndices em escala decrescente.

3) Formas Multiplicativas, neste tipo de função o produto ponderado, quando aplicado em subíndices de escala decrescente não se observa o fenômeno de eclipsamento.

4) Operador Mínimo, quando aplicado em índices com escala decrescente, apresenta comportamento semelhante ao do operador máximo em índices de escala crescente. No entanto pode ser utilizado na agregação de índices de escala decrescente, sem provocar, no entanto o eclipsamento ou a ambigüidade.

O uso do Método Exclusivo baseia-se na escolha de apenas uma variável, a qual é transferida para a composição final do índice, todas as outras variáveis são descartadas, daí o nome exclusivo. As funções matemáticas Operador Máximo e o Operador Mínimo são usados para este propósito.

O Operador Máximo tem forma geral igual:

$$\mathbf{I} = \text{Máx} \{ \mathbf{I}_1, \mathbf{I}_2, \dots, \mathbf{I}_i, \dots, \mathbf{I}_n \} = \text{Máx} \mathbf{I}_i$$

O Operador Máximo seleciona, em um grupo de dados, o maior valor por meio da equação descrita acima, onde $\mathbf{I}$ é o índice calculado, $\mathbf{I}_n$ os subíndices ou os parâmetros primários considerados no índice.

O Operador Máximo não apresenta região de eclipsamento, pois se um subíndice exibir qualidade ambiental ruim, então todo o índice exibe qualidade ambiental ruim. Também não apresenta região ambígua, ou seja, se todo o índice exibe qualidade ambiental ruim, então pelo menos um subíndice exibirá qualidade ruim.

Para a combinação de subíndices dicotômicos o Operador Máximo é muito utilizado, pois apresenta uma boa adequação. Como exemplo de uso têm-se os índices de poluição do ar:

- $I = 100$ sem poluição do ar;
- $I > 100$ padrão de qualidade violado;
- $I = 200$ sério estágio de poluição do ar.

Em geral o Operador Máximo é desejável para aplicações em que um índice deva ser notificado em que pelo menos um limite ou padrão estabelecido seja violado.

A Figura 1.3.6 ilustra o uso do Operador Máximo na confecção de um índice com escala crescente.

Na Figura 1.3.6, considerando $I = 100$, e se $I_2 = 100$, a equação é satisfeita somente se I_2 for maior que I_1 , que pode ocorrer somente se $0 \leq I_1 \leq 100$, linha AB. No entanto se $I_1 = 100$, então a equação é satisfeita somente se I_1 for maior que I_2 , o qual pode ocorrer somente se $0 \leq I_2 \leq 100$, na linha BC. Esta condição resulta, no plano $(I_1; I_2)$, duas linhas retas formando um ângulo reto entre si.

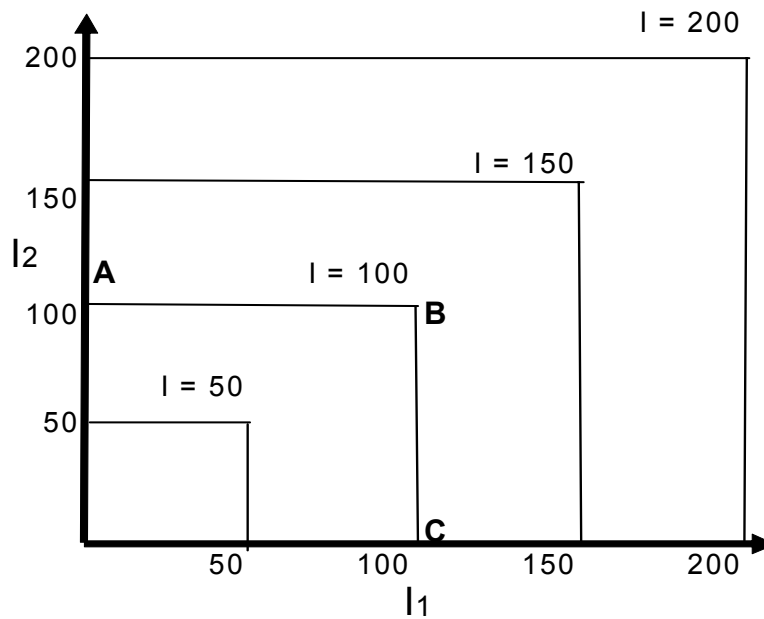


Figura 1.3.6 – Gráfico de $I = \text{Máx}\{I_1, I_2\}$, no plano (I_1, I_2) .

O Operador Mínimo apresenta a mesma forma do Operador Máximo, sendo que o seu cálculo é feito por meio da equação:

$$I = \text{Min} \{I_1, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n\} = \text{Min } I_i$$

Conforme Bollmann & Marques (2000), estes operadores foram discutidos por Ott (1978), e aplicados para a definição de índices de poluição atmosférica nos Estados Unidos da América. No entanto foi observado uma limitação do método que é a natureza dicotômica do operador, ou seja, não é possível estabelecer uma escala de graduação da poluição, com valores intermediários. A Figura 1.3.7 demonstra a representação gráfica de $I = \text{Min} \{I_1, I_2\}$, no plano (I_1, I_2) para valores selecionados de I .

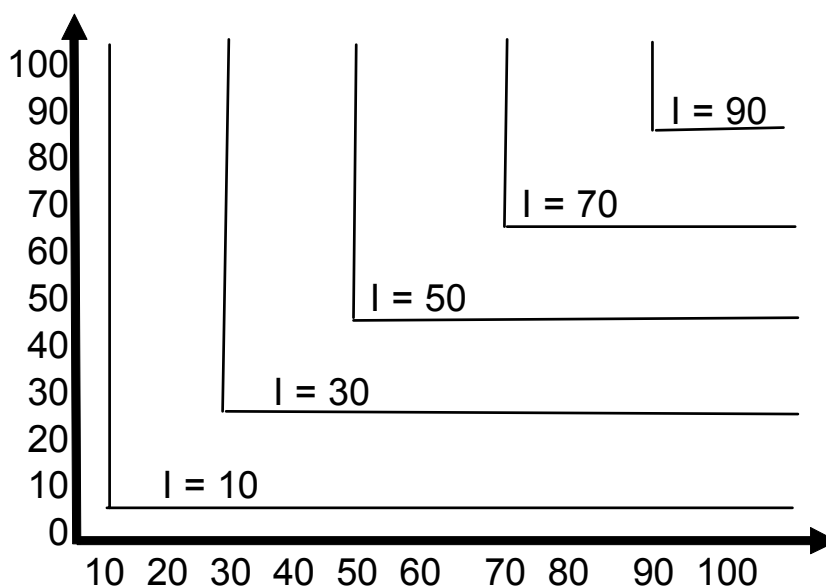


Figura 1.3.7 – Exemplo do Operador Mínimo com escala decrescente.

A figura 1.3.7 apresenta dois subíndices com escala decrescente $\mathbf{I} = \text{Min} \{\mathbf{I}_1; \mathbf{I}_2\}$. Se $\mathbf{I} = 10 = \text{min} \{\mathbf{I}_1, \mathbf{I}_2\}$, o gráfico resulta em duas linhas retas, unidas por um ângulo reto e paralelo aos dois eixos. Se $\mathbf{I}$ variar, então haverá uma família de ângulos retos, como mostrado na Figura 1.3.7. Como as funções do Operador Mínimo nunca tocam os dois eixos, então não ocorrerá região ambígua e eclipsamento.

Conforme Leite & Fonseca (1994), Smith utilizou o Operador Mínimo na confecção de um índice de qualidade de água na Nova Zelândia.

A forma Aditiva, como já mencionada, parece ser a mais simples função usada na agregação de dados primários e secundários, podendo ser representada pela seguinte equação, segundo Bollmann & Marques (2000):

$$\mathbf{I} = \sum_{i=1}^n (\mathbf{I}_i)$$

Nesta equação o $\mathbf{I}$ representa o índice ambiental que se está calculando, $\mathbf{I}_i$ é o subíndice do i -ésimo parâmetro ambiental e n é o número de parâmetros considerados. A adição de subíndice sem peso é chamada Soma Linear. A Figura 1.3.8 indica um exemplo deste tipo de função matemática.

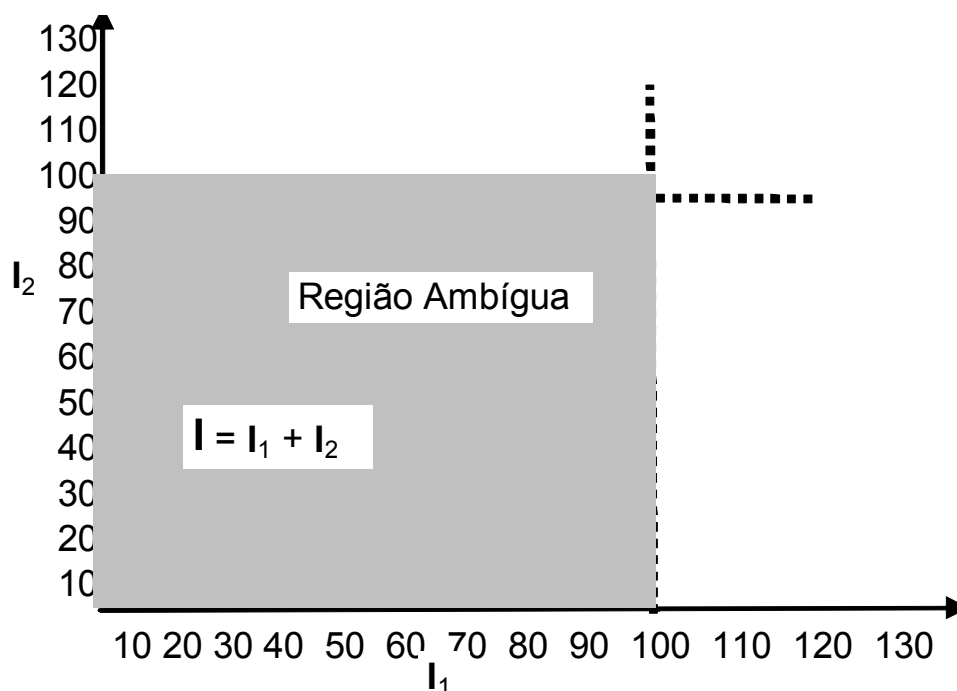


Figura 1.3.8 – Gráfico de soma linear.

Na Figura 1.3.8 se $I_1 + I_2 = 100$, a região ambígua mostra que quando I exceder 100 os subíndices não excedem 100.

Considerando um novo exemplo, seja um índice de poluição do ar formado por dois subíndices I_1 e I_2 :

$$I = I_1 + I_2$$

Assumindo que I_1 e I_2 são subíndices dicotômicos e que são iguais a zero, então a concentração de poluentes do ar também é igual a zero para as variáveis X_1 e X_2 e quando $I_1 \geq 100$ ou $I_2 \geq 100$, então a concentração dos poluentes estão acima dos padrões ambientais. Daí, a região ambígua mostra a área onde o índice excede um padrão ambiental sem que os subíndices excedam o mesmo padrão. Neste caso a soma linear exagera a poluição.

Para eliminar o problema da ambigüidade é utilizada a Soma Linear Ponderada, onde cada subíndice é multiplicado por um coeficiente ou peso apropriado par cada um. Para Bollmann & Marques (2000) os pesos agregados a cada variável ambiental refletem a importância dessas variáveis ou a sua freqüência de ocorrência. A equação abaixo representa esta função matemática.

$$\mathbf{I} = \sum_{i=1}^n \mathbf{W}_i \mathbf{I}_i$$

Onde $\mathbf{W}_i$ é igual ao peso relativo do i -ésimo parâmetro ambiental.

Geralmente os pesos são estabelecidos de forma que a sua soma seja igual a unidade, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{W}_i = 1$$

A Figura 1.3.9 apresenta o gráfico da soma linear ponderada onde pode ser observada a eliminação da região ambígua da Figura 1.3.8 (soma linear).

Na Figura 1.3.9 é observada que a região ambígua desaparece, no entanto há a introdução de um problema mais sério que é o eclipsamento. Este problema matemático ocorre quando existe pelo menos uma variável ambiental com qualidade ruim, mas o índice não reflete esta situação. Neste caso então a eclipse reflete uma subestimação do nível de poluição ambiental, ou seja, superestima a qualidade ambiental.

Exemplificando, seja a Figura 1.3.9, com duas variáveis: $\mathbf{I} = \mathbf{W}_1 \mathbf{I}_1 + \mathbf{W}_2 \mathbf{I}_2$, e sendo os pesos $\mathbf{W}_1 + \mathbf{W}_2 = 1$ ou $\mathbf{W}_2 = 1 - \mathbf{W}_1$, então quando a poluição é zero o índice é descrito adequadamente como $\mathbf{I} = 0$ e $\mathbf{I}_1 = 0$ e $\mathbf{I}_2 = 0$. No entanto se ambos os subíndices forem **100**, então $\mathbf{I} = 100$ ou $\mathbf{I} = \mathbf{W}_1(100) + (1 - \mathbf{W}_1)(100) = 100$.

Ainda na Figura 1.3.9, se ambos os subíndices forem menores que 100, então o índice $\mathbf{I}$ será menor que 100. É impossível $\mathbf{I} = 100$ ou maior sem que pelo menos um subíndice seja igual a 100 ou maior, desta forma toda vez que $\mathbf{I}$ for maior que 100, pelo menos um dos padrões ambientais foi violado.

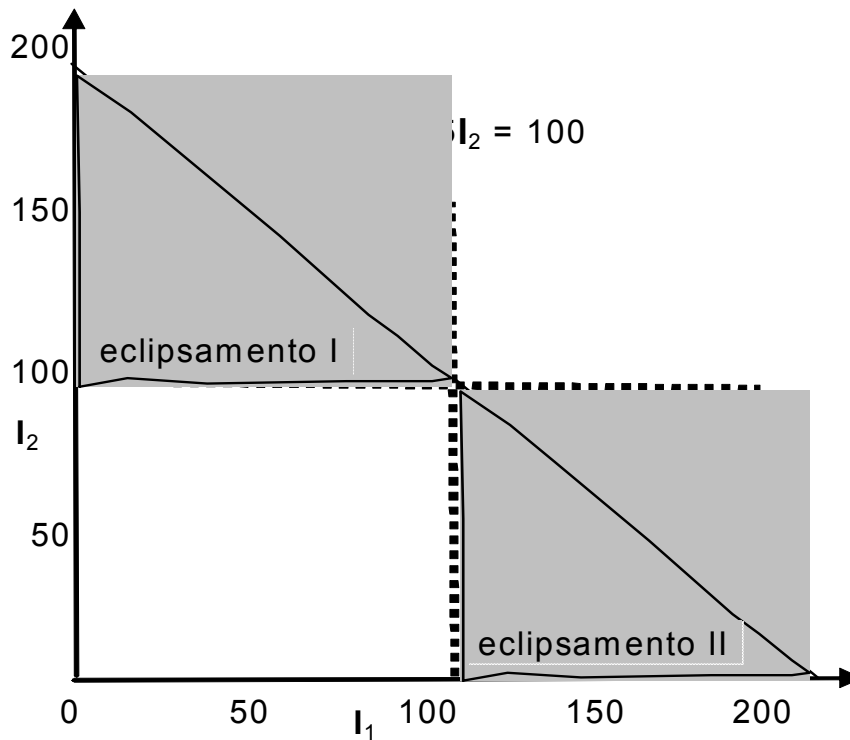


Figura 1.3.9 – Gráfico de soma linear ponderada.

Comparando as Figuras 1.3.8 e 1.3.9, observa-se que a inclusão dos pesos ($\mathbf{W}_1$ e $\mathbf{W}_2$) tem o efeito de mover a linha $\mathbf{I} = 100$ da primeira figura para uma posição duas vezes mais distante da origem sem, contudo mudar sua declividade. É este fato que faz com que a região ambígua seja eliminada. Entretanto é observada a criação de duas áreas de eclipsamento, o que representa 50% da área formada entre os eixos X e Y.

De acordo com Bollmann & Marques (2000), uma formulação aditiva mais complexa pode ser apresentada pelas estruturas de agregação não lineares, como por exemplo a raiz de uma soma de potência, representada pela equação:

$$\mathbf{I} = \left[\sum_{i=1}^n (\mathbf{I}_i)^p \right]^{1/p}$$

É uma função de agregação não linear, onde cada um dos subíndices é elevado à potência $\mathbf{p}$, somados e a raiz $\mathbf{p}$ -ésima é determinada. Geralmente $\mathbf{p}$ é um número real positivo maior que 1. Neste tipo de função de agregação reduz a tendência de ocorrer ambigüidade.

A Figura 1.3.10 indica um gráfico para os diversos valores de p , onde pode ser observado que se p for um valor grande, a região ambígua é quase que totalmente eliminada. No caso de p tendendo ao infinito, a função aproxima-se assintoticamente das linhas $I_1 = 100$ e $I_2 = 100$. É nestas condições que a função apresenta a qualidade desejável, ou seja, não apresenta nem região de eclipsamento e nem região ambígua.

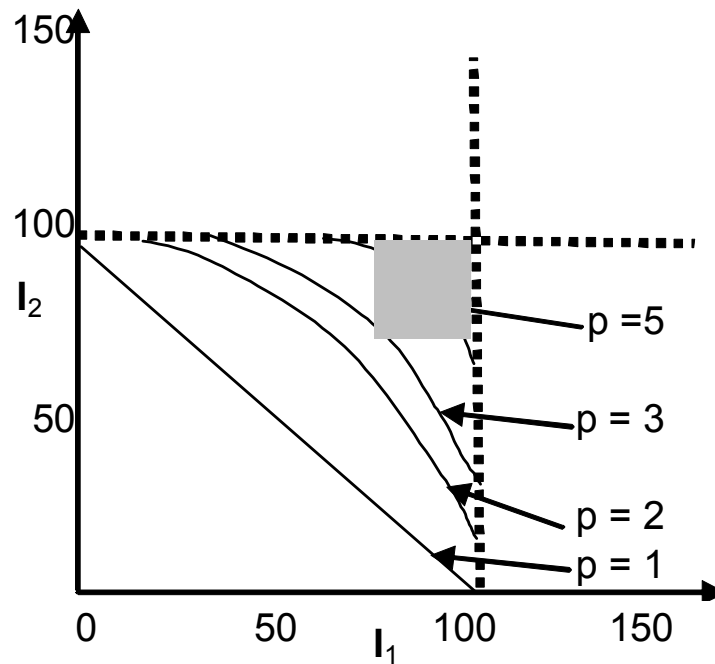


Figura 1.3.10 – Gráfico da função de agregação raiz de soma de potências.

Conforme Bollmann & Marques (2000), este tipo de função são passíveis de ponderação por meio de pesos W_i , produzindo daí o caso mais geral através da equação:

$$I = \left[\sum_{i=1}^n (I_i \cdot W_i)^p \right]^{1/p}$$

A partir desta equação genérica pode-se derivar as médias Quadrática, com $p = 2$ e $W_i = 1/n$, e Harmônica, com $p = -1$ e $W_i = 1/n$. Ainda de acordo com Bollmann & Marques (2000), é observado uma tendência geral de uso da forma aditiva ponderada como forma de

dar maior ou menor importância às variáveis ambientais na composição do índice final. É citado diversos exemplos da utilização da forma aditiva ponderada, como:

- Índice de Qualidade das Águas da National Sanitation Foundation;
- Índice de Qualidade Geral das Águas de Horton;
- Índice Implícito de Poluição de Prati;
- Índice de Poluição em Rios de McDuffie e Haney;
- Índice de Stoner, entre outros.

As formas multiplicativas têm sido propostas para evitar os problemas de eclipsamento e ambigüidade observados na aplicação de outras funções matemáticas.

Segundo Bollmann & Marques (2000), a função produtório ($\prod$) pode ser aplicado de modo similar a forma aditiva para agregação de variáveis ambientais. De forma geral a função multiplicativa pode ser escrita como:

$$I = \left[\prod_{i=1}^n (I_i * W_i)^p \right]^{1/p}$$

Ainda de acordo com Bollmann & Marques (2000), este é o caso mais conhecido, Média Geométrica não ponderada, onde $p = n$ e $W_i = 1$.

No entanto a equação mais utilizada é a do produto ponderado, dada pela equação abaixo:

$$I = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i}$$

Onde:

$\prod$ é o operador de multiplicação;

$$\sum W_i = 1$$

Neste tipo de função multiplicativa, o problema de eclipse é eliminado, pois se algum subíndice exibir qualidade ambiental ruim, então todo o índice exibirá qualidade ambiental ruim. Por outro lado, $I = 0$ se e somente se pelo menos um subíndice for igual a zero, característica esta que elimina a área ambígua.

O Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation é um exemplo de uso da forma multiplicativa ponderada.

A Distância Euclideana, segundo Unesco (1987) *apud* Bollmann & Marques (2000) é uma metodologia de uso de indicadores ambientais normalizados, que refletem o grau de desenvolvimento econômico observado e do estado da qualidade ambiental. É uma metodologia ainda pouco utilizada no Brasil, havendo, portanto, pouco exemplo prático.

E finalmente, os procedimentos de agregação não paramétricos, foram utilizados pela primeira vez em 1974 por Harkins *apud* Bollmann & Marques (2000), quando o mesmo apresentou uma aproximação estatística para análise de dados de qualidade de água, baseada nas posições relativas das observações em relação aos demais dados ordenados. Este índice foi denominado Índice de Harkins.

Bollmann & Marques (2000) recomendam o uso dessas metodologias a locais com variados graus de poluição para testar a sua sensibilidade, pois são escassas as informações sobre a aplicação desta metodologia às condições brasileiras.

1.3.5 Equações Polinomiais das curvas das variáveis subíndices do IQA-NSF

A seguir, são apresentadas as equações polinomiais das variáveis subíndices do IQA_NSF segundo Bauermann (1994) *apud* Gastaldini & Mendonça (2001).

Temperatura

Para $-5 \leq X \leq 5$, temos

$$I_i = aX^4 + bX^3 + cX^2 + dX + e \quad \text{eq. (1.3.5.1)}$$

Onde:

$$a = 0,018278765968$$

$$b = -0,002692254207$$

$$c = -2,245133850900$$

$$d = -1,543240161300$$

$$e = 91,708915636000$$

X = variação da temperatura

Para $5 < X \leq 15$, temos

$$I_i = aX^3 + bX^2 + cX + d \quad \text{eq. (1.3.5.2)}$$

Onde:

$$a = -0,018758383633$$

$$b = 0,815739986300$$

$$c = -13,312797976000$$

$$d = 87,483548868000$$

X = valor da variação da temperatura

para $X > 15$, temos

$$I_i = 5 \quad \text{eq. (1.3.5.3)}$$

Oxigênio Dissolvido (%saturação)

Para $0 \leq X \leq 140$, temos

$$I_i = aX^5 + bX^4 + cX^3 + dX^2 + eX + f \quad \text{eq. (1.3.5.4)}$$

Onde:

$$a = 2,75441E-08$$

$$b = -8,84143E-06$$

$$c = 0,00080913178038$$

$$d = -0,0154917365180$$

$$e = 0,503176683310$$

$$f = 2,986013204800$$

X = valor da saturação do OD

Para $X > 140$, temos

$$I_i = 50 \quad \text{eq. (1.3.5.5)}$$

Para correção do OD de saturação em função da temperatura foi utilizada a fórmula de Popel (1979) *apud* Guazzelli (1999):

$$C_s = 14,652 - 4,1022 \times 10^{-1}T + 7,9910 \times 10^{-3}T^2 - 7,7774 \times 10^{-5}T^3 \quad \text{eq. (1.3.5.6)}$$

Para a correção em função da altitude, foi utilizada a fórmula de Qasim (1985) *apud* Guazzelli (1999):

$$f_H = C_s' / C_s = 1 - (H/9450) \quad \text{eq. (1.3.5.7)}$$

Onde:

T = valor da temperatura da água

C_s = concentração de saturação

C_s' = concentração de saturação, na altitude H

f_H = fator de correção da concentração de saturação de OD pela altitude

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

Para: $0 \leq X \leq 30$, temos

$$I_t = a \cdot \exp(b \cdot x) + c \quad \text{eq. (1.3.5.8)}$$

Onde:

$$a = 96,705612340$$

$$b = -0,124593305060$$

$$c = 3,01237305550$$

X = valor da DBO_{5,20}

Para: $x > 30$, temos

$$I_t = 2 \quad \text{eq. (1.3.5.9)}$$

Para o nitrogênio foi utilizado o nitrogênio total no lugar do nitrogênio na forma de nitrato do IQA original.

Nitrogênio total

Para: $0 \leq x \leq 100$, temos

$$I_i = a \cdot \exp(b \cdot x) \quad \text{eq. (1.3.5.10)}$$

Onde:

$$a = 90,8922570$$

$$b = -0,045906469$$

X = valor da concentração do nitrogênio total

para: $x > 100$, temos

$$I_i = 1 \quad \text{eq. (1.3.5.11)}$$

Fosfato total

Para: $0 \leq x \leq 10$, temos

$$I_i = 1/(a + bx) \quad \text{eq. (1.3.5.12)}$$

Onde:

$$a = 0,0092315245670$$

$$b = 0,0171769065750$$

X = concentração do fosfato total

Para: $x > 10$, temos

$$I_i = 2 \quad \text{eq. (1.3.5.13)}$$

Sólidos totais

Para: $0 \leq x \leq 500$, temos

$$I_i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f \quad \text{eq. (1.3.5.14)}$$

Onde:

$$a = 3,58974360600E-12$$

$$b = -7,14452214760E-09$$

$$c = 5,51340325320E-06$$

$$d = -2,03062353790E-03$$

$$e = 2,11800115810E-01$$

$$f = 7,99772727400E+01$$

Para: $x > 500$, temos

$$I_i = 20 \quad \text{eq. (1.3.5.15)}$$

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Para: $2 \leq x \leq 7,3$, temos

$$I_i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f \quad \text{eq. (1.3.5.16)}$$

Onde:

$$a = -0,14717162900$$

$$b = 2,78641539680$$

$$c = -19,24157330300$$

$$d = 63,50391266800$$

$$e = -99,81731935000$$

$$f = 6,16538291830$$

Para: $7,3 \leq x \leq 12$, temos

$$I_i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f \quad \text{eq. (1.3.5.17)}$$

Onde:

$$a = 0,44753472477$$

$$b = -22,90662107900$$

$$c = 465,93095882000$$

$$d = 4700,08303500000$$

$$e = 23454,75954100000$$

$$f = 46140,17892000000$$

Coliformes fecais

Para: $1 \leq x \leq 10^5$, temos

$$I_i = a(x-c)^b \quad \text{eq. (1.3.5.18)}$$

Onde:

$$a = 164,628719050000$$

$$b = -0,314646427270$$

$$c = -4,000000000000$$

para: $x > 10^5$, temos

$$I_i = 2 \quad \text{eq. (1.3.5.19)}$$

Turbidez

Para: $0 \leq x \leq 100$, temos

$$I_i = ax^5 + bx^4 + cx^3 + dx^2 + ex + f \quad \text{eq. (1.3.5.20)}$$

Onde:

$$a = 2,08333E-08$$

$$b = 7,39365E-06$$

$$c = -1,01099946$$

$$d = 0,069750148$$

$$e = -2,99606938$$

$$f = 99,9772811$$

Para: $x > 100$, temos

$$I_i = 5 \quad \text{eq. (1.3.5.21)}$$

1.3.6 Índices de Qualidade de Água

1.3.6.1 Índice de Qualidade de Água da National Sanitation Foundation, modificado pela CETESB – IQA_{NSF}

De acordo com Derísio (1992), em 1970 os pesquisadores Brown, McClelland, Deininger e Tozer desenvolveram e apresentaram um índice de qualidade de água. O desenvolvimento deste índice foi financiado pela National Sanitation Foundation.

Ainda segundo Derísio (1992), este índice, IQA_{NSF} , foi obtido a partir de um procedimento formal que combinou as opiniões de um grande painel composto por 142 especialistas, baseados na técnica de Delphi da Rand Corporation. Os membros do painel receberam vários questionários, onde suas respostas foram tabuladas e retornadas a cada participante, para comparação de sua resposta com a dos demais participantes e finalmente os especialistas foram reunidos a fim de se chegar a um consenso.

Como resultado da pesquisa obteve-se a indicação de 35 variáveis indicadoras de qualidade de água que deveriam entrar no cálculo, o peso relativo das mesmas e a condição em que se apresentava cada uma delas, de acordo com uma escala de valores – *rating*. Destas 35 variáveis, nove foram selecionadas para compor o IQA_{NSF} , para as quais foram estabelecidas curvas de variação da qualidade da água, de acordo com o estado ou condições de cada variável, conforme mostrado na figura 1.3.11.

A estrutura original, inicialmente escolhida, é uma soma linear dos produtos entre cada subíndice e seu respectivo peso conforme a fórmula abaixo:

$$IQA_{NSF} = \sum_{i=1}^n WiI_i$$

Onde:

IQA = um número entre 0 e 100

Wi = peso relativo ao i -ésimo parâmetro

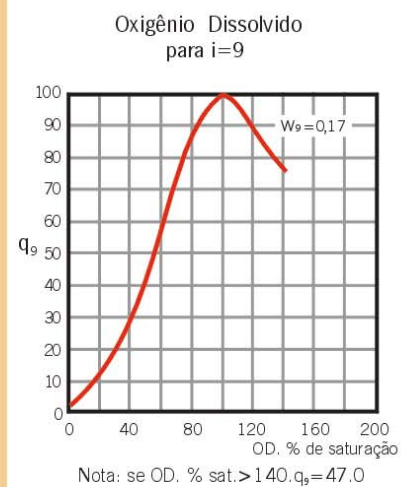
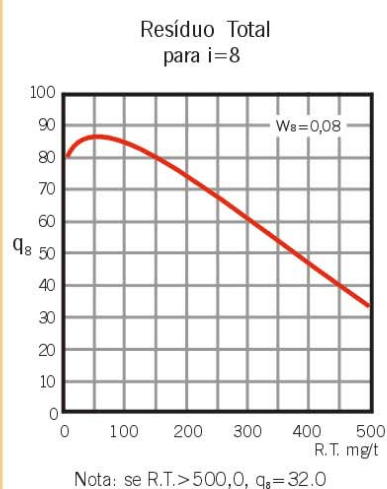
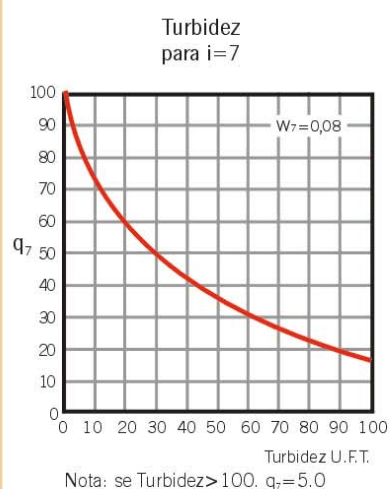
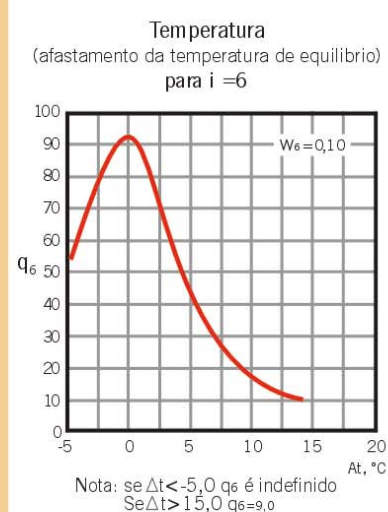
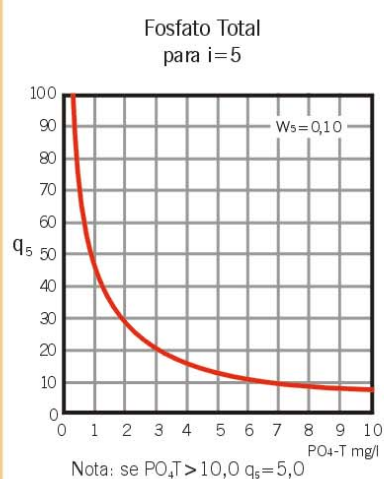
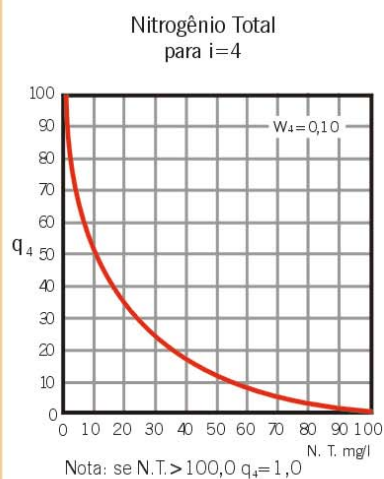
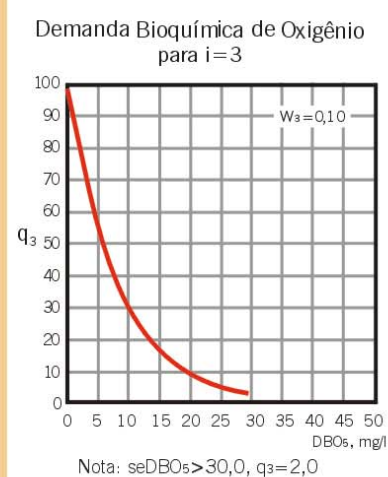
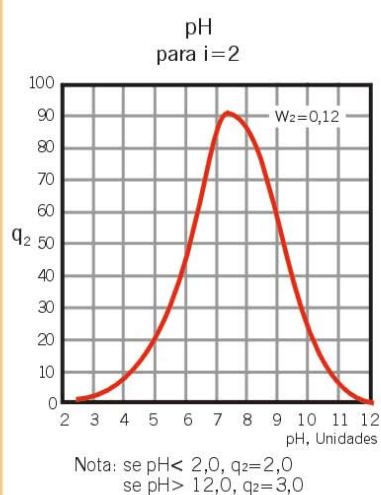
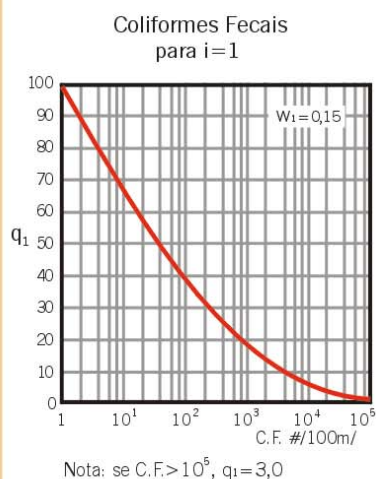


Figura 1.3.11 – Curvas médias de qualidade de água do IQA_{NSF}.

I_i = valor do sub-índice relativo ao i -ésimo parâmetro.

i = número de ordem do parâmetro (1 a 9)

De acordo com Ott (1978) *apud* Leite & Fonseca (1994), Gastaldini *et al.* (1994) e Gastaldini & Teixeira (2001), esta forma apresenta um problema matemático denominado eclipse. O problema do eclipsamento acontece quando pelo menos uma variável poluente apresenta um valor extremamente ruim, mas o IQA não reflete esta situação, ocasionando com isso a superestimação da qualidade da água.

Para resolver este problema foi proposta a forma multiplicativa, onde os mesmos pesos tornam-se potência dos subíndices. Com isso, quando qualquer destes subíndices aproximarem-se de zero, o IQA aproximará de zero.

A equação que representa o modelo multiplicativo é a seguinte:

$$IQA_{NSF} = \prod_{i=1}^n I_i^{w_i}$$

Por meio desta forma é possível eliminar o problema de ambigüidade e o eclipsamento.

No IQA_{NSF} original, a temperatura entra no cálculo como desvio da temperatura de equilíbrio. A temperatura de equilíbrio é aquela que ocorre naturalmente no corpo d'água sem a influência de descarga ocasionada por um despejo térmico (quente ou frio). Derísio (1992) sugere que em não havendo algum desvio da temperatura o subíndice da temperatura entra com valor máximo igual a 93.

Originalmente foram definidos descritores e cores para comunicar a qualidade da água do IQA_{NSF} , conforme apresentado na Tabela 1.3.1.

Tabela 1.3.1 – Descritores e cores utilizadas pelo IQA_{NSF} .

Descritor	Faixa numérica	Cor
Muito ruim	0 – 25	Vermelha
Ruim	26 – 50	Laranja
Médio	51 – 70	Amarela
Bom	71 – 90	Verde
Excelente	91 - 100	Azul

Fonte: modificado de Ott, 1978.

No entanto, a CETESB em São Paulo e o IMAP em Mato Grosso do Sul, qualificam as águas nas faixas apresentadas na Tabela 1.3.2, que também será adotado neste trabalho.

O Estado de Mato Grosso do Sul, por meio do IMAP, vem adotando o IQA_{NSF} modificado pela CETESB, desde o início de seu programa de monitoramento da qualidade das águas, em 1992, após o trabalho de consultoria desenvolvido por técnicos da CETESB que vieram ao Estado e juntamente com técnicos do IMAP realizaram um estudo para a implantação da metodologia de cálculo do IQA, bem como a avaliação da qualidade das águas por meio dos nove parâmetros que compõem o IQA. No entanto como já se passaram mais de dez anos de uso deste índice, havia a necessidade de avaliação do atual IQA e a adaptação de um IQA que levasse em consideração as peculiaridades de cada região, daí propôs-se este trabalho para desenvolver um índice para a bacia do rio Formoso.

Tabela 1.3.2 – Descritores e qualificação da qualidade das águas.

Faixa Numérica	Descritor	Cor
80 – 100	Ótima	Azul
52 – 79	Boa	Verde
37 – 51	Aceitável	Amarela
20 – 36	Ruim	Vermelha
0 – 19	Péssima	Preta

Fonte: modificado de Ferreira & Ide, 2001.

Para cada um dos nove parâmetros selecionados que entram no cálculo do IQA_{NSF} foram determinados pesos de acordo com o grau de importância a critério de cada especialista participante do painel. Estes pesos estão elencados na Tabela 1.3.3.

Tabela 1.3.3 – Parâmetros e pesos que entram no cálculo do IQA_{NSF} .

Parâmetro	Peso
OD	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20}	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fosfato total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Fonte: Ferreira & Ide, 2001.

1.3.6. 2 Índice de Qualidade de Água de Smith – IQA_{Smith}

Smith (1987) *apud* Leite & Fonseca (1994) propôs um índice geral e mais três para usos específicos de qualidade de água.

A elaboração do índice de qualidade de água de Smith, também, baseou-se na metodologia Delphi, seguindo uma forma não ponderada. Considera igualdade de importância entre os parâmetros que entra no cálculo do IQA_{Smith} . Todos os quatro índices foram relacionados com a legislação de águas da Nova Zelândia, viabilizando assim sua maior aceitabilidade.

A diferença deste índice em relação IQA_{NSF} apresentado é que o mesmo utiliza o método do operador mínimo, como forma de agregação dos parâmetros, ao invés do produtivo e/ou somatório.

Trata-se, portanto, de um índice composto de dois ou mais subíndices, em escala decrescente, onde as funções do operador mínimo nunca tocam os dois eixos, evitando com isso o eclipsamento e região ambígua.

Por esse método, o valor final do IQA_{Smith} é equivalente ao menor valor entre os subíndices. Smith (1989) *apud* Leite & Fonseca (1994) afirma que a adequabilidade do uso da água é governada por suas características mais pobres e não pelo conjunto de variáveis.

A fórmula que representa o IQA_{Smith} é a seguinte:

$$IQA_{Smith} = \min (I_1, \dots, I_2, \dots, I_i, \dots, I_n)$$

onde:

IQA_{Smith} = Valor do índice de Smith

I_i = Valor dos subíndices

Os parâmetros que entram são os mesmos utilizados no IQA_{NSF} ; no entanto podem ser utilizados outros parâmetros e em quantidade diferente daquela do IQA_{NSF} .

A Tabela 1.3.4 apresenta as classes numéricas e os descritores utilizados para a avaliação da qualidade da água pelo IQA_{Smith} .

Tabela 1.3.4 – Classes e descritores utilizadas no IQA_{Smith}.

Valor do menor subíndice	Descritores da qualidade
$0 < I_{\text{sub}} < 20$	Totalmente inadequada para os principais usos
$20 < I_{\text{sub}} < 40$	Inadequada para os principais usos
$40 < I_{\text{sub}} < 60$	Usos principais comprometidos
$60 < I_{\text{sub}} < 80$	Adequadas para todos os usos
$80 < I_{\text{sub}} < 100$	Eminentemente adequada para todos os usos

Fonte: modificado de Ferreira & Ide (2000).

1.3.6.3 Índice de Qualidade de Água de Horton – IQA_{Horton}

De acordo com Derísio (1992), Horton, um pesquisador alemão, foi quem fez a primeira apresentação formal de um IQA na literatura em 1965, onde referia-se aos índices como ferramenta para a avaliação dos programas de redução da poluição e para informação pública.

Ainda de acordo com Derísio (1992), a seleção das variáveis que foram incluídas no Índice de Horton, seguiram o seguinte critério:

- o número de variáveis seria limitado, garantindo assim a praticidade;
- as variáveis seriam significativas em todo o país;
- as variáveis deveriam refletir a disponibilidade dos dados.

O IQA_{Horton} usa uma função de agregação de soma linear. Basicamente este índice consiste em um somatório ponderado de subíndices, divididos pelo somatório dos pesos multiplicado por dois coeficientes que consideram, a temperatura e a poluição evidente de um curso d'água.

Este índice não leva em consideração as substâncias tóxicas. Segundo Derísio (1992), a justificativa é que em “nenhuma circunstância os cursos de água deveriam conter substâncias que fossem prejudiciais aos seres humanos, animais ou à vida aquática”.

A fórmula utilizada para o cálculo do IQA_{Horton} é:

$$IQA_{\text{Horton}} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i I_i}{\sum_{i=1}^n W_i} M_1 * M_2$$

onde:

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

I_i = subíndice do parâmetro (i)

M_1 = coeficiente que reflete a temperatura

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

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

M_2 = coeficiente que reflete a poluição aparente

$M_2 = 1$ se sólidos sedimentáveis $< 0,1$ mL/L

$M_2 = 0,5$ se sólidos sedimentáveis $> 0,1$ mL/L

A Tabela 1.3.5 apresenta os parâmetros e os respectivos pesos para o cálculo do Índice de Qualidade da Água de Horton.

Tabela 1.3.5 – Parâmetros e pesos utilizados no cálculo do $\text{IQA}_{\text{Horton}}$.

Parâmetro	Peso
Oxigênio dissolvido	4
Tratamento de esgoto (% da população atendida)	4
pH	4
Coliformes fecais	2
Condutividade elétrica	1
M_1 Temperatura $< 34^\circ\text{C}$	1
M_1 Temperatura $\geq 34^\circ\text{C}$	0,5
M_2 Sólidos sedimentáveis $< 0,1$ ml/L	1
M_2 Sólidos sedimentáveis $> 0,1$ ml/L	0,5

Fonte: Modificado de Ferreira & Ide, 2001.

1.3.6. 4 Índice de Qualidade de Água de Prati – $\text{IQA}_{\text{PRATI}}$

De acordo com Ott (1978) (*apud* Gastaldini & Teixeira, 2001), Prati, Pavanello e Pesarin propuseram um índice de qualidade de água superficiais, baseado nos sistemas de classificação da qualidade das águas utilizados em vários países da Europa e alguns Estados norte americanos.

O sistema proposto envolve a agregação de 13 parâmetros ou variáveis poluentes, quais sejam: oxigênio dissolvido (OD), pH, demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$),

nitrito, cloreto, óleos e graxas, demanda química de oxigênio (DQO), permanganato, sólidos suspensos, amônia, ferro, surfactantes (ABS) e manganês. Essas variáveis subíndices são calculadas por funções matemáticas explícitas, conforme mostrado na tabela 1.3.6, e o índice geral (IQA_{PRATI}) é calculado como a média aritmética das 13 variáveis poluentes ou subíndices, através da equação abaixo, Gastaldini & Teixeira, 2001:

Tabela 1.3.6 – Equações das variáveis subíndices para o Índice de Prati

Parâmetro	Faixa	Equação do Sub-índice
Oxigênio Dissolvido (%)	$0 \leq X < 50$	$I = 0,00168X^2 - 0,249X + 12,25$
	$50 \leq X < 100$	$I = -0,08X + 8$
	$100 \leq X$	$I = 0,08X - 8$
pH	$0 \leq X < 5$	$I = -0,4X^2 + 14$
	$5 \leq X < 7$	$I = -2X + 14$
	$7 \leq X < 9$	$I = X^2 - 14X + 49$
	$9 \leq X < 14$	$I = -0,4X^2 + 11,2X - 64,4$
DBO _{5,20} (mg/L)	-	$I = 0,666667X$
DQO (mg/L)	-	$I = 0,1 X$
Permanganato (mg/L)	-	$I = 0,4 X$
Sólidos suspensos (mg/L)	-	$I = 2^{[2,1\log(0,1X - 1)]}$
Amônia (mg/L)	-	$I = 2^{[2,1\log(10X)]}$
Nitratos (mg/L)	-	$I = 2^{[2,1\log(0,25X)]}$
Cloretos (mg/L)	$0 \leq X < 50$	$I = 0,000228X^2 + 0,0314X$
	$50 \leq X < 300$	$I = 0,000132X^2 + 0,0074X + 0,6$
	$300 \leq X$	$I = 3,75 (0,02 X - 5,2)^{0,5}$
Ferro (mg/L)	-	$I = 2^{[2,1\log(10X)]}$
Manganês (mg/L)	$0 \leq X < 0,5$	$I = 2,5 X + 3,9 X^{0,5}$
	$0,5 \leq X$	$I = 5,25X^2 + 2,75$
ABS (mg/L)	$0 \leq X < 1$	$I = -1,2X + 3,2X^{0,5}$
	$1 \leq X$	$I = 0,8 X + 1,2$
Óleos e graxas (mg/L)	-	$I = X$

Fonte: modificado de Gastaldini & Teixeira, 2001 e Ott, 1978.

O sistema de classificação das águas envolve 5 diferentes classes de qualidade (I até V) onde foram fixadas faixas de variação de subíndices para cada classe. A tabela 1.3.7 mostra as cinco faixas e qualificação de cada uma delas.

No IQA_{PRATI} não foram introduzidas substâncias tóxicas, pois foi considerado que concentrações acima do limite máximo para qualquer substância tóxica deveria resultar em um índice classificado na categoria mais alta de poluição, conforme tabela 1.3.7.

Tabela 1.3.7 – Sistema de classificação das águas de Prati, para águas superficiais.

Condição	Excelente	Aceitável	Levemente poluída	Poluída	Altamente poluída
IQA	1	2	4	8	> 8
pH	6,5 – 8,0	6,0 – 8,4	5,0 – 9,0	3,9 – 10,1	<3,9 a > 10,1
OD(%)	88 - 112	75 - 125	50 - 150	20 - 200	< 20 a > 200
DBO _{5,20} (mg/L)	1,5	3,0	6,0	12,0	> 12,0
DQO (mg/L)	10	20	40	80	> 80
Permanganato (mg/L)	2,5	5,0	10,0	20,0	> 20,0
Sólidos Suspensos (mg/L)	20	40	100	278	> 278
Amônia (mg/L)	0,1	0,3	0,9	2,7	> 2,7
Nitratos (mg/L)	4	12	36	108	> 108
Cloretos (mg/L)	50	150	300	620	>620
Ferro (mg/L)	0,1	0,3	0,9	2,7	> 2,7
Manganês (mg/L)	0,05	0,17	0,5	1,0	> 1,0
ABS (mg/L)	0,09	1,0	3,5	8,5	> 8,5
OG (mg/L)	1,0	2,0	4,0	8,0	> 8,0

Fonte: modificado de Ott, 1978.

1.3.6. 5 Índice de Poluição de Rios de McDuffie – IPR_{MD}

De acordo com Ott (1978) o índice de poluição de rios de McDuffie é um índice relativamente simples, onde possibilita comparar diferentes rios e as tendências futuras de um rio em particular.

Este índice agrega 10 parâmetros indicadores da poluição das águas, conforme a equação abaixo:

$$IPRMD = \frac{10}{n + 1} \sum_{i=1}^n I_i$$

O IPR_{MD} apresenta escala crescente, variando de aproximadamente 100, níveis naturais, a aproximadamente 1000, níveis altamente poluídos. A tabela 1.3.8 apresenta as funções de subíndices para o índice de McDuffie.

Tabela 1.3.8 – Funções de subíndices para o IPR_{MD} .

Variável	Equação	Observações
Déficit de oxigênio	$I = 100 - X$	$X = OD$ (%)
Matéria orgânica biodegradável	$I = 10 X$	$X = DBO_{5,20}$ (mg/L)
Matéria orgânica refratária	$I = 5 (X - Y)$	$X = DQO$ (mg/L) $Y = DBO_{5,20}$ (mg/L)
Coliformes totais	$I = 10 [(\log X)/0,4771]$	$X = (NMP/100mL)$
Sólidos suspensos fixos	$I = X$	$X =$ (mg/L)
Média do excesso de nutrientes	$I = (X + 2Y)$	$X = NTK$ (mg/L) $Y = PO_4$ total (mg/L)
Sais dissolvidos	$I = 0,25 X$	$X =$ condutividade (uS/cm)
Temperatura	$I = 0,1667X^2 - 65$	(°C)

Fonte: modificado de Ott, 1978.

Para a média do excesso de nutrientes o subíndice assume como valor normal, nível natural, uma concentração de 0,2 mg/L para NTK e 0,1 mg/L de fosfato total.

1.3.6. 6 Índice de qualidade de água de Dinius – IQA_{Dinius}

O índice de qualidade de água de Dinius foi proposto inicialmente para avaliar os custos e os impactos dos esforços de controle da poluição das águas e facilitar a informação de dados de qualidade ao cidadão e ao administrador.

Este índice inclui ao todo 11 variáveis poluentes, com escala crescente e os valores são expressos como porcentagem da qualidade da água perfeita, que corresponde a 100%, como apresentado na tabela 1.3.9. São representados por meio de funções matemáticas explícitas, e calculados por meio da soma ponderada dos subíndices, conforme equação abaixo:

$$IQA_{Dinius} = \frac{1}{21} \sum_{i=1}^{11} W_i I_i$$

Tabela 1.3.9 – funções e subíndices para o IQA_{Dinius}

Variável	Equação	Observações
OD (%)	$I = X$	
DBO _{5,20} (mg/L)	$I = 107X^{-0,642}$	
Coliformes totais	$I = X^{-0,30}$	(NMP/100mL)
Coliformes fecais	$I = 100 (5X)^{-0,30}$	(NMP/100mL)
Condutividade	$I = 535X^{-0,3565}$	(μS/cm à 25°C)
Cloretos (mg/L)	$I = 125,8X^{-0,207}$	
Dureza (mg/L)	$I = 10^{1,974 - 0,00132X}$	
Alcalinidade (mg/L)	$I = 108X^{-0,178}$	
pH	$I = 10^{-0,2335X + 0,440}$	Para pH < 6,7
	$I = 100$	6,7 < X < 7,58
	$I = 10^{4,22 - 0,293X}$	para pH > 7,58
Temperatura (°C)	$I = -4 (Xa - Xb) + 112$	Xa = temperatura atual; Xb = temperatura média
Cor (unidades de cor)	$I = 128X^{-0,288}$	X é a cor real

Fonte: modificado de Ott, 1978.

Os pesos relativos a cada variável ambiental variam de 0,5 a 5 dependendo do nível de importância de cada parâmetro, conforme indicado na tabela 1.3.10.

Tabela 1.3.10 – Pesos para cada variável do índice de Dinius.

Variável	Peso (W)
OD	5
DBO _{5,20}	2
Coliformes totais	4
Coliformes fecais	3
Condutividade	1
Cloretos	0,5
Dureza	1
Alcalinidade	0,5
pH	1
Temperatura	2
Cor	1

Fonte: modificado de Ott, 1978.

1.3.6. 7 Índice de qualidade de água de Harkins – $IQA_{Harkins}$

O índice de Harkins segundo Ott (1978) *apud* Gastaldini & Teixeira (2001), usa um procedimento de classificação não paramétrica. Inicia com o ordenamento da observação de cada variável ambiental, incluindo um valor denominado controle, normalmente um padrão de qualidade de água. Este índice calcula as distâncias padronizadas para cada observação em relação a observação do controle escolhido.

O índice é calculado para cada observação por meio da soma dos quadrados das transformações das n variáveis ambientais, conforme a equação abaixo:

$$IQA_{Harkins} = \sum Z_{i,j}^2$$

Onde:

$$Z_{i,j} = \frac{R_{i,j} - R_{i,c}}{S_i}$$

Onde:

$R_{i,j}$ = classe da j -ésima observação da i -ésima variável;

$R_{i,c}$ = classe do valor de controle;

S_i = desvio padrão de classes para a i -ésima variável;

O desvio padrão pode ser calculado por meio da fórmula:

$$S_i = \left\{ \frac{1}{12m_i} \left[m_i^3 - m_i - \sum_{i=1}^{q_i} (t^3 - t)_k \right] \right\}^{0,5}$$

Onde:

m_i = número de valores para cada variável ambiental i ;

n = número de variáveis ambientais;

t = número de valores repetidos, e

q_i = número de ocorrências separadas de repetições.

De acordo com Gastaldini & Teixeira (2001), o índice de Harkins é um índice relativo, pois seus valores não podem ser universalmente interpretados como boa ou má qualidade de água e também não podem ser comparados com índices produzidos com outras metodologias.

1.3.7 Aspectos Legais

A base legal aplicada pelo Estado de Mato Grosso do Sul na Gestão dos Recursos Hídricos são as da esfera federal e as de âmbito estadual.

Portanto são estas as legislações que são aplicadas ao rio Formoso e seus afluentes.

1.3.7.1 Legislação federal

- Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 – Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional em 13 classes, segundo os usos preponderantes bem como estabelece os limites e ou condições mínimas de qualidade que deve ser mantido no corpo d'água e os padrões de emissões de efluentes de qualquer fonte poluidora, e dá outras providências;
- Resolução CNRH nº 05 de 10 de abril de 2000 – Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento de Comitês de Bacia Hidrográfica;
- Resolução CNRH nº 12 de 19 de julho de 2000 – Estabelece procedimentos para enquadramento de corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes;
- Resolução CNRH nº 13 de 25 de setembro de 2000 – Estabelece diretrizes para a implementação do Sistema Nacional de Informações;
- Resolução CNRH nº 15 de 11 de janeiro de 2001 – Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas;
- Resolução CNRH nº 16 de 08 de maio de 2001 – Estabelece diretrizes gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos;
- Resolução nº 30 de 11 de dezembro de 2002 – Define metodologia para a codificação de bacias hidrográficas no País;
- Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 – Esta lei institui a Política Nacional de Recursos Hídricos; cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990 e dá outras providências;
- Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências;

- Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Portaria MINTER nº 323 de 29 de novembro de 1978, e MINTER nº 158 de 3 de novembro de 1980 – proíbem o lançamento direto ou indireto do vinhoto, em qualquer coleção hídrica, com exceção das destilarias que comprovadamente, não possuem áreas para aplicação ou disposição de vinhoto, caso em que são adotados os mesmos critérios estabelecidos para o lançamento dos demais efluentes líquidos industriais desde que formalmente autorizados pelo IBAMA e pelo órgão estadual do meio ambiente;
- Portaria MINTER nº 324, de 20 de agosto de 1980 – baixa normas, no tocante à preservação da poluição hídrica, para localização de indústrias, construções ou estruturas potencialmente poluidoras e para dispositivos de proteção.

1.3.7.2 Legislação estadual

- Lei nº 90 de 2 de junho de 1980 – Dispõe sobre as alterações do meio ambiente, estabelece normas de proteção ambiental, define poluição, estabelece a política estadual de controle da poluição, órgão executor, proteção das águas e as penalidades a serem aplicadas;
- Lei nº 2.406 de 29 de janeiro de 2002 – Institui a Política Estadual dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e dá outras providências;
- Deliberação CECA/MS nº 003, de 20 de junho de 1997 – Dispõe sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências.
- Decreto nº 4.625, de 7 de junho de 1988 – regulamenta a Lei nº 90 de 1980, estabelece competências, regulamenta o licenciamento, fiscalização, infrações e aplicação de penalidades, estabelece órgão processante das autuações e recursal.

2 METODOLOGIA

A metodologia geral do trabalho está representada pelo fluxograma da Figura 2.1, onde é mostrado desde o levantamento dos dados secundários da bacia do rio Formoso até a análise integrada dos dados e a proposição do $IQA_{Formoso}$.

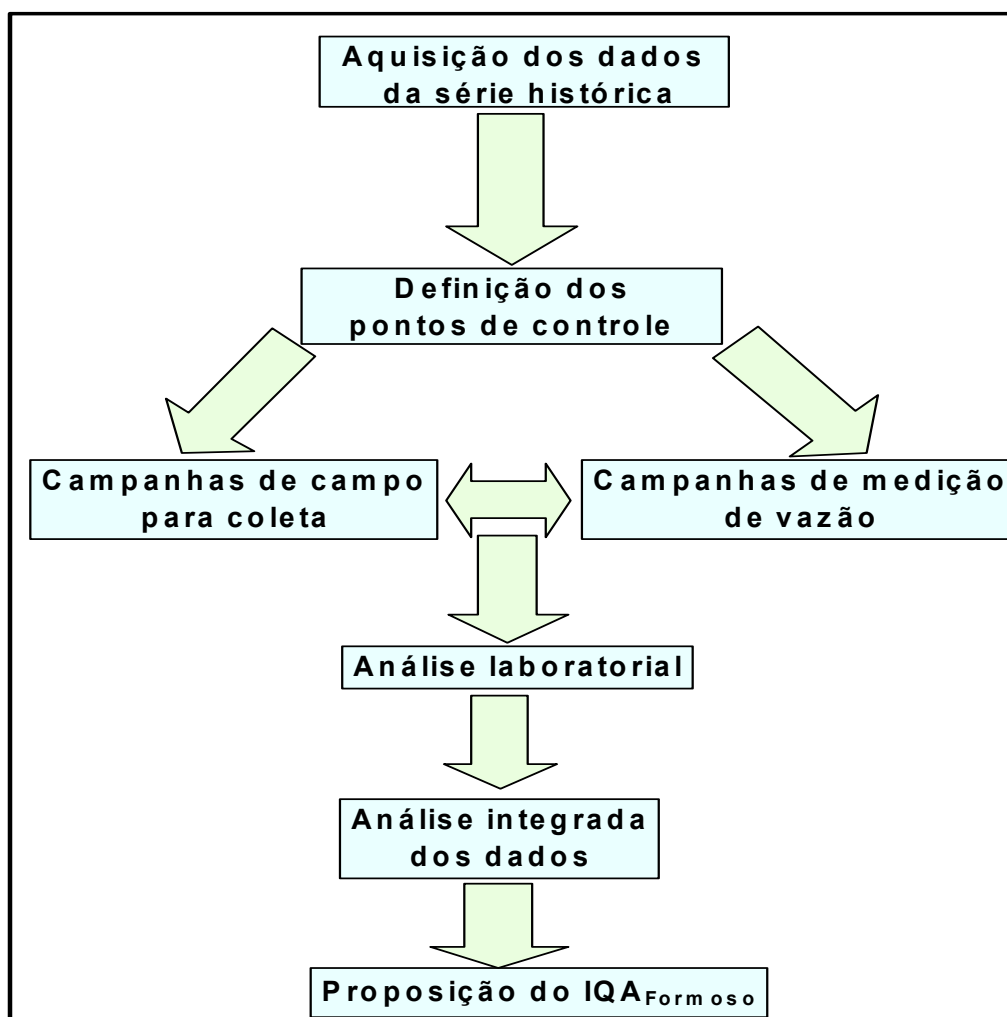


Figura 2.1 – Visão geral da metodologia do trabalho.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Formoso que está totalmente inserida no município de Bonito, MS. A área total da bacia é de 1.334 km², (Figura 2.2), e o principal formador é o próprio rio Formoso com 73 km de extensão. Os principais afluentes do rio Formoso são os rios Mimoso, Formosinho e Sucuri, e os córregos Bonito e São João.

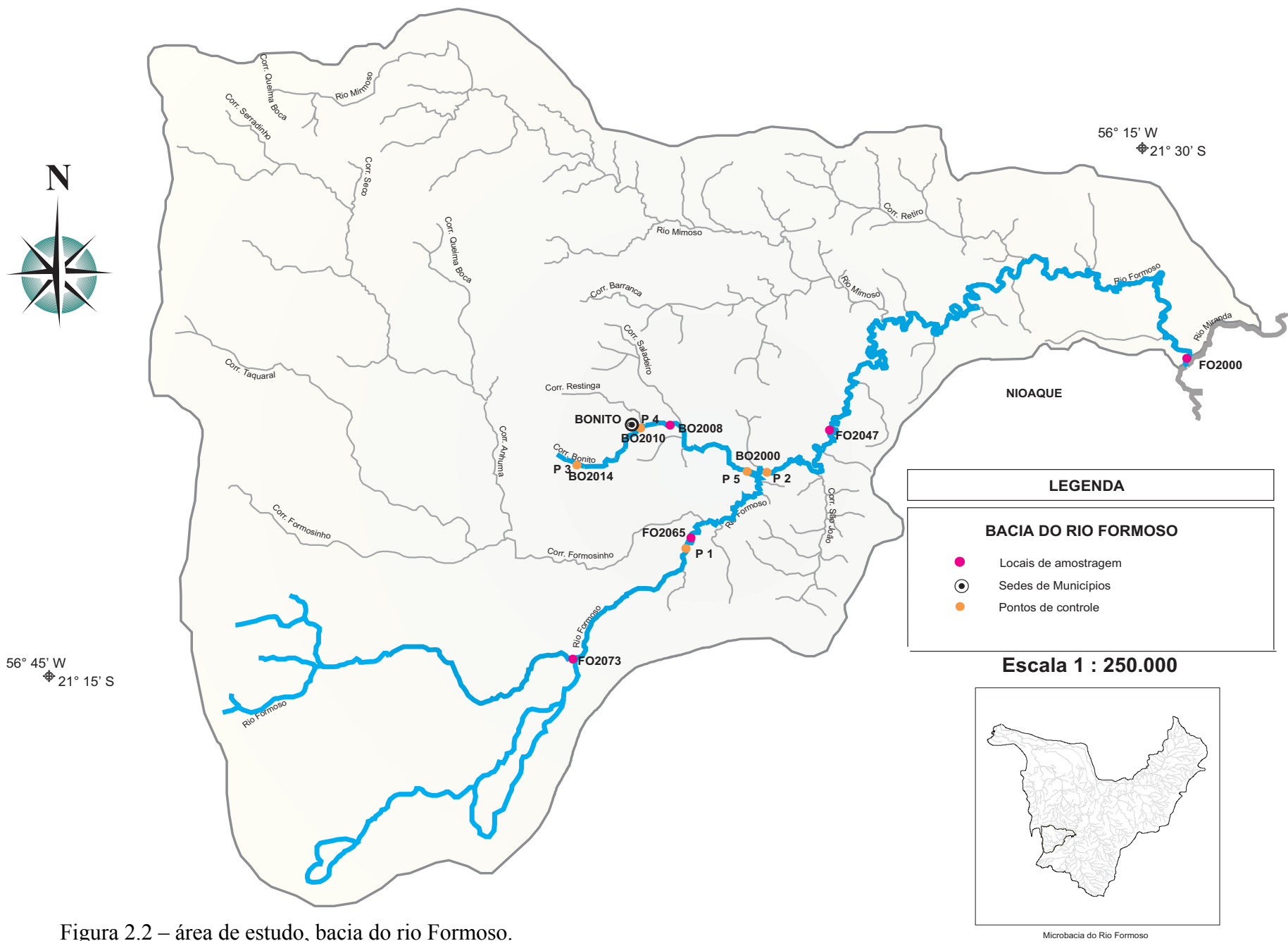


Figura 2.2 – área de estudo, bacia do rio Formoso.

2.1.1 Pontos de Coleta

Para investigar todas as variáveis envolvidas com a qualidade da água, propôs-se cinco pontos de controle distribuídos na bacia hidrográfica do Formoso, sendo dois ao longo do rio Formoso e três ao longo do córrego Bonito, Figura 2.2. Em cada um destes pontos foi feito um acompanhamento, durante um período de 24 horas, de todos os nove parâmetros do IQA_{NSF}. Este acompanhamento aconteceu em dois períodos distintos, sendo um no inverno (agosto/2004) e outro no verão (novembro/2004).

Os pontos de controle P1 e P2 foram situados em pontos estratégicos, onde pelo conhecimento da bacia, esperava-se encontrar qualidade ótima no P1 e água com alterações no P2, todos no rio Formoso. Já o ponto P3 foi o controle da variação da qualidade da água do córrego Bonito e os pontos P4 e P5 indicaram o impacto provocado pelo lançamento de esgoto doméstico e drenagem pluvial da cidade de Bonito.

A Tabela 2.1.1 indica a relação de pontos onde foram realizadas as amostragens e medições, bem como a sua localização geográfica.

Tabela 2.1.1 – Relação de pontos com a respectiva localização geográfica.

Código do ponto	Corpo d'água	Local	Coordenadas
P1	Rio Formoso	Balneário municipal de Bonito, montante 100 m do ponto FO2065 do IMAP	21°10'23" 56°26'39"
P2	Rio Formoso	A jusante 50 m da foz do cor. Bonito e a montante 8 km do ponto FO2047 do IMAP	21°08'52" 56°24'55"
P3	Córrego Bonito	Próximo a nascente, mesmo local do ponto BO2014 do IMAP	21°08'17" 56°29'20"
P4	Córrego Bonito	Após o lançamento do esgoto da ETE, mesmo local do ponto BO2010 do IMAP	21°07'41" 56°28'33"
P5	Córrego Bonito	Na foz, mesmo local do ponto BO2000 do IMAP	21°08'57" 56°25'37"

Esperava-se com estes pontos de controle avaliar o comportamento da qualidade da água, ao longo de um rio com pouca ou nenhuma intervenção humana, ao longo de um curso d'água com alta intervenção humana e após a junção desses dois cursos d'água. Após a coleta dos dados foi feita a comparação com a série histórica já existente para checar a amplitude de

variação de cada parâmetro, e a partir daí ter subsídio para modificar os pesos dos parâmetros considerados necessários na avaliação. Cabe esclarecer que os pontos de controle (P1, P2, P3, P4 e P5) foram pontos estabelecidos por este trabalho para levantamento dos dados primários de qualidade de água, ou seja, são os pontos onde foram realizadas as medidas da qualidade da água e coletadas as amostras para as análises laboratoriais.

2.1.2 Medidas de Vazão

Considerando a necessidade de integrar as informações de qualidade e de quantidade das águas, foi realizada uma campanha para medição da descarga líquida do rio Formoso e do córrego Bonito. Para esta medição foi utilizado um molinete, marca Hidrologia e um contador de pulso, marca Bend Universal. Para fazer a ligação entre o molinete e o contador foi utilizado um cabo de duplo contato elétrico, marca Hidrologia. Para evitar o arraste do molinete pela corrente, o mesmo foi fixado em um lastro de chumbo pesando 30 quilos.

A medição no rio Formoso foi feita em dois pontos, com o auxílio de um barco, tipo chata, um cabo de aço e um motor de popa com potência de 15 hp, conforme figuras 2.3, 2.4.

Para as medições no córrego Bonito foi utilizado um medidor de fluxo de água, eletromagnético, marca Marsh-McBirney, modelo Model 2000 Flo-Mate. Este medidor possui um sensor que permite leituras em pequenas lâminas de água, como é o caso do córrego Bonito. A medição da descarga líquida no córrego Bonito foi feita a vau, conforme figuras 2.5 e 2.6. O método de cálculo da descarga líquida, tanto para a medição feita no rio Formoso quanto a medição feita no córrego Bonito, foi o da meia seção. As campanhas de campo para a realização de medição de vazão foram feitas nos dias 02 e 03 de dezembro de 2004.



Figura 2.3 – Medição da descarga líquida no rio Formoso a jusante da foz do córrego Bonito.



Figura 2.4 – Medição da descarga líquida no rio Formoso no ponto P1.



Figura 2.5 – Medição da descarga líquida no córrego Bonito no ponto P3.



Figura 2.6 – Medição da descarga líquida no córrego Bonito no ponto P5.

2.1.3 Campanhas de Coletas nos Pontos de Controle

Foram realizadas duas campanhas aos pontos de controle para a realização de coletas de amostras de água. A primeira campanha foi realizada no dia 22 de agosto de 2004, onde as primeiras coletas foram realizadas às 13:20 horas no ponto P2, às 13:40 no ponto P5; às 14:10 no ponto P4; às 14:40 no ponto P3 e às 14:30 no ponto P1. A segunda coleta foi realizada às 18:10 no ponto P5; às 18:30 no ponto P4; às 19:00 no ponto P3; às 18:00 no ponto P2 e às 18:45 horas no ponto P1. Já no dia 23 de agosto foi feita a terceira coleta da primeira campanha, sendo iniciada antes do nascer do sol, às 05:50 no ponto P5; às 06:00 no ponto P4; às 05:10 no ponto P3; às 05:35 no ponto P2 e às 06:10 no ponto P1.

A segunda campanha aos pontos de controle foi realizada no dia 15 de novembro de 2004, onde as primeiras coletas foram realizadas às 14:00 no ponto P5; às 14:45 no ponto P4; às 13:25 no ponto P3; às 14:15 no ponto P2 e às 15:00 no ponto P1. A segunda coleta foi realizada às 19:09 no ponto P5; às 19:40 no ponto P4; às 20:20 no ponto P3; às 19:00 no ponto P2 e às 19:55 no ponto P1. A terceira coleta foi realizada no dia 16 de novembro, às 05:40 no ponto P5; às 05:50 no ponto P4; às 06:15 no ponto P3; às 05:03 no ponto P2 e às 06:35 no ponto P1.

2.2 MÉTODOS ANALÍTICOS

Todas as análises laboratoriais seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition. A tabela 2.2.1 indica os parâmetros e as respectivas metodologias analíticas utilizadas.

Tabela 2.2.1 – Metodologia analítica utilizada no laboratório

Parâmetros	Descrição do método	Código
Turbidez	Nefelométrico	2130 B
Sólidos	Gravimetria	2540 B; D; E;F;
pH	Eletrométrico	4500-H
Oxigênio Dissolvido	Azida modificada; eletrodo de membrana	4500-O C; G
Fósforo	Ácido Ascórbico	4500-P E
DBO _{5,20}	Diluição e incubação por 5 dias	5210 B
DQO	Refluxo aberto	5220 B
Grupo Coliformes	Fermentação em tubos múltiplos	9221 A
Temperatura	Termômetro de Hg, escala Celsius	2550
Nitrogênio total	Digestão e colorimetria	4500

A medida da temperatura foi efetuada com termômetro de vidro, com escala de mercúrio e variação de 1°C em 1°C.

Para a medida da concentração do OD foi utilizado um oxímetro, marca WTW, modelo OXI 196, método polarográfico, com eletrodo de membrana semipermeável e compensação automática da temperatura e pressão. Para checar a concentração do OD medida com o oxímetro, realizou-se a coleta em frasco de vidro, tipo BOD, e titulou-se a amostra pelo método da azida sódica, conforme Tabela 2.2.1.

O pH foi medido com um potenciômetro, marca Metler Toledo, modelo pH 196, método eletrométrico, com eletrodo combinado, de vidro, com ponte eletrolítica de cloreto de potássio com concentração 3,0 Molar.

Os sólidos totais foram analisados seguindo a metodologia gravimétrica, com evaporação de uma alíquota de amostra de 100 mL em cápsula de porcelana em uma temperatura de 103-105°C, utilizando um banho-maria e estufa de secagem para o preparo da amostra. A pesagem foi feita em uma balança analítica, marca Bioprecisa, modelo FA2104N.

A turbidez foi medida em campo utilizando-se um turbidímetro marca Hach, portátil. O método de medição foi o nefelométrico, onde o equipamento foi calibrado com dois padrões, sendo um de 20 NTU e outro de 100 NTU. A calibração foi feita nesta faixa porque as águas de Formoso sempre variaram na faixa menor que 100 NTU.

A análise da Demanda Química de Oxigênio (DQO), seguiu o método do refluxo aberto e oxidação por dicromato de potássio. Utilizou-se ferroin como indicador e sulfato ferroso amoniacal, com concentração 0,25 N para titular o excesso de dicromato de potássio e posterior cálculo da concentração da DQO da amostra.

Para a DBO_{5,20}, utilizou-se o método da diluição e incubação. Este método é utilizado em águas superficiais poluídas e não poluídas, efluentes e demais águas residuárias, que contém microrganismos próprios e deficiência de oxigênio. As amostras foram preparadas em duplicatas e colocadas em frascos isentos de bolhas de ar e acondicionadas em estufas incubadoras, com temperatura padrão estabilizada a 20 °C, no escuro, durante 5 dias. Após esse tempo as mesmas foram tituladas com tiossulfato de sódio 0,0125 N e utilizado amido como indicador.

O nitrogênio total seguiu a metodologia da determinação do nitrogênio total Kjeldahl em águas. O nitrogênio da amostra foi convertido em amônia, por digestão a quente com ácido sulfúrico concentrado, sulfato de potássio e sulfato de mercúrio. O material da digestão

ácida foi tratada com tartarato de sódio e potássio, com adição de hidróxido de sódio mais cloreto de sódio. É adicionado ainda a solução 3 mL de fenato, 1 mL de hipoclorito de sódio a 20% e 10 gotas de nitroprussiato de sódio. Após o desenvolvimento de cor a leitura foi feita em um espectrofotômetro de UV-Visível, marca Varian, modelo CARY 1E, em $\lambda = 660$ nm.

Para o nitrato foi utilizado o método da redução em coluna de cádmio e posterior leitura em um espectrofotômetro de UV-Visível, marca Varian, modelo CARY 1E, em $\lambda = 543$ nm, utilizando-se a sulfanilamida e n-1-naftiletilenodiamina com ácido fosfórico como corante.

Para o nitrito a amostra foi centrifugada por 15 minutos em uma centrífuga marca Fanem, modelo 205 N e posteriormente foi adicionado sulfanilamida e n-1-naftiletilenodiamina e feita a leitura em um espectrofotômetro de UV-Visível, marca Varian, modelo CARY 1E, em $\lambda = 543$ nm.

Para o fósforo total foi feita a digestão até a secagem total de 100 mL da amostra com ácido sulfúrico e ácido nítrico. O resíduo foi tratado com uma solução de antimonitartarato de potássio, mais molibdato de amônio e ácido sulfúrico concentrado. Em seguida foi adicionado ácido ascórbico e feita a leitura em um espectrofotômetro de UV-Visível, marca Varian, modelo CARY 1E, em $\lambda = 660$ nm.

A determinação dos coliformes fecais seguiu o método dos tubos múltiplos e incubação por 24, 48 e 72 horas e temperatura de 35,5 °C e 44,5 °C, utilizando os meios presuntivos e confirmativos.

2.3 CONSTRUÇÃO DAS CURVAS DE QUALIDADE DE ÁGUA

O índice desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) foi a base do novo índice que está sendo proposto. Deve-se ressaltar que no lugar das curvas médias para cada um dos nove parâmetros que compõem o IQA-NSF, foram utilizadas as equações polinomiais desenvolvidas por Bauermann (1994), *apud* Gastaldini & Mendonça (2001). Estas equações polinomiais foram utilizadas por apresentarem maior precisão e não depender da subjetividade como é o caso das curvas.

Outro ponto importante na avaliação dos subíndices e na definição do novo IQA foi a realidade da bacia, ou seja, levou-se em consideração o conhecimento empírico da bacia por

parte do autor deste trabalho. Sendo assim valorizou-se mais a parte qualitativa no estudo, por isso não se aplicou nenhum método estatístico para definir o novo índice.

A equação do IQA utilizada neste trabalho foi a forma multiplicativa, equação 2.3.1. Este método é o melhor indicado, pois apresenta algumas vantagens em relação aos outros métodos. Uma das vantagens é a eliminação do eclipsamento, ou seja, se algum subíndice apresentar qualidade ambiental ruim, o resultado final do índice será ruim também. De outra forma um índice será igual a zero se e somente se pelo menos um subíndice for igual a zero, eliminando desta forma, o problema de ambigüidade.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{W_i} \quad \text{Eq. 2.3.1}$$

Onde:

IQA = índice de qualidade de água

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro de qualidade de água, um número entre 0 e 100, obtido da curva ou das equações polinomiais, já descritas, em função da concentração ou medida do i -ésimo parâmetro.

W_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, número entre 0 e 1, atribuído ao parâmetro em função da sua importância para a composição do IQA, onde

$$\sum W_i = 1$$

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os pesos originais de cada parâmetro e a forma de apresentação dos mesmos são elencados na Tabela 2.3.1.

Cabe esclarecer que neste trabalho foi utilizado o nitrogênio total, obtido da soma das concentrações em mg/L do nitrogênio na forma de nitrato, nitrogênio na forma de nitrito e do nitrogênio Kjeldahl total (orgânico mais o amoniacal), ao invés de só utilizar o nitrogênio na forma de nitrato da fórmula original.

Tabela 2.3.1 – Pesos de cada parâmetro que compõem o IQA_{NSF} .

Parâmetros	Forma de apresentação	Nota
Oxigênio Dissolvido (OD)	% saturação	0,17
Coliformes fecais	NMP/100mL	0,15
Potencial hidrogeniônico(pH)	-	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$)	mg/L	0,10
Nitrogênio total	mg/L	0,10
Fosfato total	mg/L	0,10
Temperatura	°C	0,10
Sólido total	mg/L	0,08
Turbidez	UNT	0,08
SOMA TOTAL	-	1,00

Ainda para o nitrogênio total foi feita uma análise dos valores máximos e mínimos encontrados em corpos d'água do Estado de Mato Grosso do Sul (Série Relatórios de Qualidade da água da BAP/MS), para a partir daí ajustar o valor do peso do subíndice que melhor retratava a realidade da bacia do rio Formoso. Para a simulação do atual e do novo subíndice foi utilizada a equação 1.3.5.10.

Para a temperatura, as equações 1.3.5.1, 1.3.5.2 e 1.3.5.3, indicam a variação da qualidade correspondente ao afastamento da temperatura de equilíbrio do curso d'água e não à temperatura efetiva da água. Evidentemente que para ocorrer um afastamento da temperatura de equilíbrio, tanto para mais ou para menos, deverá ocorrer um lançamento de águas residuárias muito frias ou muito quentes, com uma vazão líquida suficiente para alterar a temperatura do curso d'água. Se não existirem lançamentos que alterem a temperatura de equilíbrio da água, então a variação será zero e a nota deste parâmetro será máxima, ou seja, 93, conforme Derísio, (1992).

Desta forma neste trabalho foi estudada uma alternativa de incluir não a variação, mas a temperatura real do corpo d'água.

Para isso, primeiramente foram sistematizados, em planilha Microsoft® EXCEL versão 7, todos os dados de temperatura da água de cada ponto de monitoramento da bacia do rio Formoso, desde o ano 1996 a 2003 e em seguida calculado a média geral e a média sazonal, ou seja, a média para cada estação do ano. Com os dados médios e com as equações 1.3.5.1, 1.3.5.2 e 1.3.5.3, foi simulado o valor do subíndice e ajustado para o novo índice.

Ainda foram considerados os valores dos dados de qualidade de água da “Série Relatórios” publicados anualmente pelo IMAP, conforme Mato Grosso do Sul (1996, 1997/1998, 1999, 2000, 2001 e 2002). Esses dados correspondem a oito pontos de coleta de água, sendo quatro pontos no Rio Formoso (a montante do Rio Sucuri, no Balneário Municipal de Bonito, na Ilha do Padre e na Foz) e quatro no Córrego Bonito (nascente, montante da foz do Córrego Restinga, montante da foz do Córrego Saladeiro e na Foz), conforme Tabela 2.3.2 e Figura 2.2 já mostrada. A localização e a descrição de cada um desses pontos estão no Anexo A. Os dados foram tabulados em planilhas Microsoft® EXCEL, versão 7 e calculados os valores máximos, mínimos, média, desvio padrão para cada parâmetro.

Tabela 2.3.2 – Localização dos pontos de coleta monitorados pelo IMAP/MS.

Código dos pontos	Localização	Coordenadas
00MS23FO2073	Rio Formoso, a montante da foz do Sucuri	21°14'11" e 56°30'35"
00MS23FO2065	Rio Formoso, no Balneário Municipal	21°10'23" e 56°26'39"
00MS23FO2047	Rio Formoso, na Ilha do Padre	21°07'20" e 56°23'14"
00MS23FO2000	Rio Formoso, na foz	21°05'55" e 56°13'41"
00MS23BO2014	Córrego Bonito, próximo a nascente.	21°08'17" e 56°29'20"
00MS23BO2010	Córrego Bonito, a jusante do lançamento do esgoto da ETE Bonito	21°07'41" e 56°28'33"
00MS23BO2008	Córrego Bonito, a jusante do córrego Saladeiro	21°07'36" e 56°27'42"
00MS23BO2000	Córrego Bonito, na foz	21°08'57" e 56°25'37"

Fonte: Mato Grosso do Sul, 2004.

Esses dados serviram de subsídios para avaliar a variação de cada parâmetro que compõem o IQA_{NSF} e posteriormente embasaram as modificações dos pesos destes parâmetros. Foi investigada ainda a possibilidade de redistribuição de parte do valor do peso do subíndice da $DBO_{5,20}$ e do fosfato total, equações 1.3.5.8, 1.3.5.9 e 1.3.5.12, para o subíndice do Oxigênio Dissolvido (OD) e do pH.

Para o ajuste do subíndice do OD, foi utilizada a equação 1.3.5.5. Como a concentração do OD varia com a temperatura e pressão, foi feita a correção para os dados de cada ponto de monitoramento da bacia do Rio Formoso, por meio das equações 1.3.5.6 e 1.3.5.7, respectivamente.

Após o ajuste de cada subíndice, foi feito o cálculo do IQA tanto com os valores originais dos pesos quanto com os novos valores para cada ponto de monitoramento. Foi levado em consideração no novo índice o conhecimento empírico das condições de uso e ocupação do solo bem como a realidade dos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Formoso. O índice foi calculado com os dados de qualidade de água do ano 2000, pois este ano apresenta uma série mais completa ao longo do ano.

Para a qualificação das condições da água foram utilizados os mesmos descritores e as cores utilizadas pelo Estado de Mato Grosso do Sul na avaliação da qualidade da água, e elencados na tabela 2.3.3, conforme os valores do IQA.

Tabela 2.3.3 – Descritores de qualidade de água, conforme o valor do IQA.

Valor do IQA	Descritor de qualidade
80-100	Ótima
52-79	Boa
37-51	Aceitável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

2.4 BACIA DO RIO FORMOSO

A Bacia Hidrográfica do Formoso está inserida totalmente no município de Bonito, MS, com área total de 1.334 km², (Figura 2.7).

Esta bacia hidrográfica está situada em uma região de rochas calcárias, onde as nascentes dos cursos d'água drenam a partir da serra da Bodoquena, que insere-se geologicamente no **Grupo Corumbá**, constituído pelas Formações *Bocaína* e *Cerradinho*. Já nas porções leste e central ocorrem rochas do **Grupo Cuiabá**. Próximo a sua foz, o Formoso drena uma pequena área de arenitos da Formação Aquidauana, do **Grupo Itararé**. Nos vales dos cursos superior e médio do rio Formoso e seus afluentes ocorre a Formação Xaraiés. Nas nascentes do braço direito do Rio Formoso, em suas várzeas e junto a sua a geologia é representada por sedimentos de natureza argilosa, constituindo os Aluviões Fluviais.

Conforme BRASIL, 2002, o relevo da bacia do Formoso apresenta uma configuração muito diversificada, sendo que a maior parte da área é plana ou suavemente ondulada, com formações de colinas e vales com dissecções moderadas. Próximo a foz do Formoso a topografia é plana, no entanto próximos a cidade de Bonito, córrego São João e curso inferior do rio Mimoso a topografia é ondulada, apresentando declividades acentuadas e grotas. Na parte superior a topografia ondulada se apresenta entrecortada por morros.

Citando ainda BRASIL, 2002, nos locais com influência de falhas e fraturas nas rochas, há formações de relevo cárstico, originando dolinas, grutas, cavernas, sumidouros, surgências e ressurgências de cursos d'água. Boggiani, 1999, afirma que o processo de dissolução das rochas carbonáticas e as fraturas favorecem a formação de cavernas, abismos, sumidouros e condutos subterrâneos. Esses condutos favorecem a infiltração da água e posterior ressurgência mais a jusante.

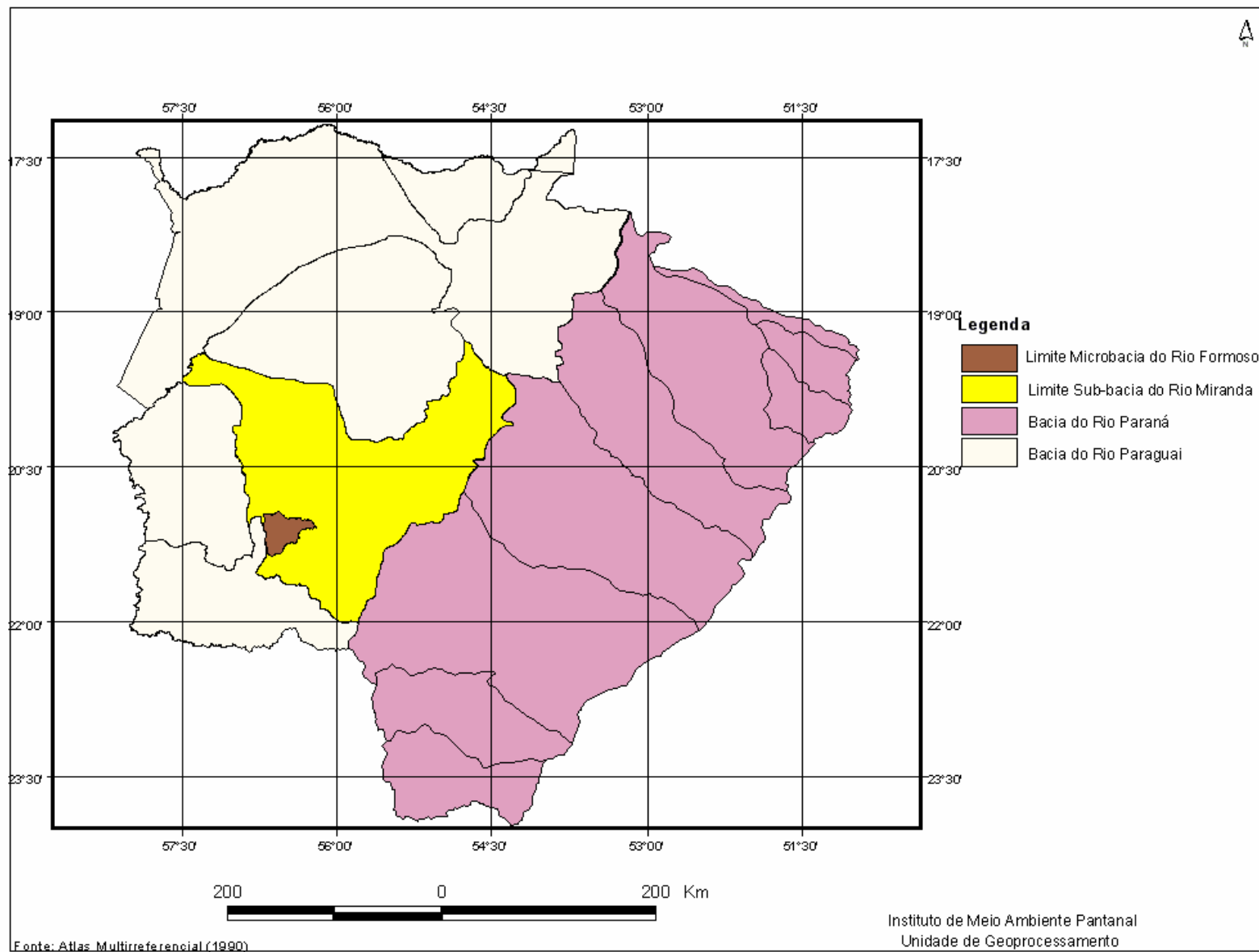


Figura 2.7 – Bacia do rio Formoso em Mato Grosso do Sul. Fonte: IMAP-MS.

Ainda de acordo com Boggiani, 1999, na bacia do rio Formoso há diversas surgências tais como a Baía Bonito ou Aquário Natural, rio Sucuri entre outros.

A ocorrência de rochas calcárias muito puras, isto é, livre de argilas, favorece a baixa turbidez das águas do rio Formoso e córrego Bonito, possibilitando a alta transparência e a incidência dos raios solares até as camadas mais profundas dos corpos d'água, contribuindo para o desenvolvimento de vegetação aquática, conforme Figuras 2.8, 2.9 e 2.10.



Figura 2.8 – Rio Formoso a montante do ponto P1.



Figura 2.9 – Característica do Córrego Bonito, próximo a sua foz.



Figura 2.10 – Característica do Rio Formoso com baixa turbidez.

Na região imediatamente a montante do ponto P1, o rio Formoso perde a definição de seu leito e espalha suas águas sob uma vegetação de gramíneas aquáticas que agem como filtros naturais da água, conforme Figuras 2.11, 2.12 e 2.13.



Figura 2.11 – Vista aérea do Rio Formoso a montante do ponto P1.

A topografia plana torna-se montanhosa e ondulada ao longo dos cursos d'água da bacia do rio Formoso. Essas formações favorecem a formação de corredeiras e cachoeiras conforme mostrado nas Figuras 2.14 e 2.15.



Figura 2.12 – Detalhe da vegetação subaquática do Rio Formoso.



Figura 2.13 – Panorâmica da área do Rio Formoso, a montante do P1.



Figura 2.14 – Formações calcárias e corredeiras no Rio Formoso.



Figura 2.15 – Quedas d'água no Rio Formoso.

A população residente na bacia é de 16.956 habitantes (BRASIL, 2002) e o uso e ocupação do solo estão distribuídos nas seguintes atividades: pecuária de corte, agricultura com lavoura anual, pecuária leiteira, agricultura de subsistência, criação de pequenos animais, extração mineral e a exploração turística.

O município de Bonito recebe anualmente cerca de 90 mil turistas. No entanto há uma forte sazonalidade, ou seja, há uma alta temporada entre o final de junho até novembro, onde a maior concentração do turismo ocorre entre julho a meados de agosto. Há ainda os períodos de feriados prolongados onde ocorre o aumento da população de Bonito (BRASIL, 2002).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de qualidade de água coletados, neste trabalho, nos cinco pontos de controle foram organizados nos quadros 3.1 a 3.5. Observa-se que os dados contidos nestes quadros apresentam variações nos valores dos parâmetros indicadores da qualidade da água, tanto espacialmente quanto temporalmente (inverno e verão), e que serão discutidos abaixo.

Quadro 3.1 – Resultados do ponto de controle, P1 no Rio Formoso.

PRIMEIRA CAMPANHA - CONTROLE						
Código do local : P1	Classe : Especial	Distância da foz ao local : 65 Km				
Descrição do local : No balneário Municipal	Altitude.: 270 m					
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	22AGO14:30	22AGO18:45	23AGO06:10	Média
Temperatura água	°C	-	20	20	19	19,7
pH	-	-	8,17	8,48	8,43	8,36
OD	mg/L	-	12,2	11,3	9,6	11,0
DBO (5,20)	mg/L	-	2	1	1	1,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	-	50	30	30	36
Fosf.total	mg/L	-	0,034	0,182	0,37	0,195
Res.total	mg/L	-	205	204	239	216
Turbidez	UNT	-	0,61	0,76	0,65	0,67
Nitrogênio total	mg/L	-	0,2000	0,2200	0,2700	0,230
SEGUNDA CAMPANHA - CONTROLE						
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	15NOV15:00	15NOV19:55	16NOV06:35	Média
Temperatura água	°C	-	25	24	24	24,3
pH	-	-	8,13	8,08	7,73	7,98
OD	mg/L	-	7,9	8,1	7,6	7,9
DBO (5,20)	mg/L	-	1	1	1	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	-	300	500	300	356
Fosf.total	mg/L	-	0,033	0,053	0,049	0,045
Res.total	mg/L	-	260	189	229	226
Turbidez	UNT	-	8,6	4,53	5,28	6,14
Nitrogênio total	mg/L	-	1,430	0,210	1,300	0,980

Quadro 3.2 – Resultados do ponto de controle P2 no Rio Formoso.

PRIMEIRA CAMPANHA - CONTROLE						
Código do local : P2	Classe : 2	Distância da foz ao local : 55 km				
Descrição do local : A jusante 50 m da foz do Bonito	Altitude.: 210 m					
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	22AGO13:20	22AGO18:00	23AGO05:35	Média
Temperatura água	°C	-	20	20	19	19,7
pH	-	6,0 a 9,0	8,12	8,50	8,33	8,32
OD	mg/L	5	11,3	10,6	10	10,6
DBO (5,20)	mg/L	5	2	1	1	1,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	900	70	1300	434
Fosf.total	mg/L	0,1	0,53	0,028	0,053	0,204
Res.total	mg/L	-	233	248	225	235
Turbidez	UNT	100	1,18	1,16	0,98	1,11
Nitrogênio total	mg/L	-	0,5800	0,4300	0,6900	0,567
SEGUNDA CAMPANHA - CONTROLE						
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	15NOV14:15	15NOV19:00	16NOV05:03	Média
Temperatura água	°C	-	25	24	23	24,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,99	8,13	7,58	7,90
OD	mg/L	5	7,2	7,9	7,7	7,6
DBO (5,20)	mg/L	5	1	2	4	2,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	800	800	17000	2216
Fosf.total	mg/L	0,1	0,031	0,035	0,102	0,056
Res.total	mg/L	-	95	192	209	165
Turbidez	UNT	100	25,4	62,3	85,5	57,73
Nitrogênio total	mg/L	-	0,270	0,490	0,600	0,453

Quadro 3.3 – Resultados do ponto de controle P3 no Córrego Bonito.

PRIMEIRA CAMPANHA - CONTROLE						
Código do local : P3	Classe : 2	Distância da foz ao local : 14 km				
Descrição do local : próximo a nascente	Altitude.: 360 m					
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	22AGO14:40	22AGO19:00	23AGO05:10	Média
Temperatura água	°C	-	19	18	17	18
pH	-	6,0 a 9,0	8,07	8,31	7,92	8,10
OD	mg/L	5	10,5	12,1	8,8	10,5
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	1	1
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	220	1100	500	495
Fosf.total	mg/L	0,025	0,042	0,023	0,041	0,035
Res.total	mg/L	-	349	333	322	335
Turbidez	UNT	100	2,07	0,96	0,89	1,31
Nitrogênio total	mg/L	-	0,2600	0,5100	0,6600	0,477
SEGUNDA CAMPANHA - CONTROLE						
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	15NOV13:25	15NOV20:20	16NOV06:15	Média
Temperatura água	°C	-	34	24	23	27,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,9	7,83	7,85	7,86
OD	mg/L	5	7,1	8,3	8,1	7,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1	4	2	2,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	3000	90000	7000	12364
Fosf.total	mg/L	0,025	0,039	0,701	0,124	0,288
Res.total	mg/L	-	335	360	222	306
Turbidez	UNT	100	20,4	465	85,7	190,37
Nitrogênio total	mg/L	-	0,260	1,410	0,640	0,770

Quadro 3.4 – Resultados do ponto de controle P4 no Córrego Bonito.

PRIMEIRA CAMPANHA - CONTROLE						
Código do local : P4	Classe : 2	Distância da foz ao local : 10 km				
Descrição do local : após o lançamento do esgoto da ETE	Altitude.: 420 m					
PARÂMETRO	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	22AGO14:10	22AGO18:30	23AGO06:00	Média
Temperatura água	°C	-	20	20	18	19,3
pH	-	6,0 a 9,0	7,78	8,14	8,16	8,02
OD	mg/L	5	6,1	5,3	6,5	6,0
DBO (5,20)	mg/L	5	6	6	3	5
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	16000	16000	16000	16000
Fosf.total	mg/L	0,025	0,815	3,822	0,153	1,597
Res.total	mg/L	-	390	386	390	389
Turbidez	UNT	100	3,06	2,5	1,66	2,41
Nitrogênio total	mg/L	-	5,4700	6,3500	2,2100	4,677
SEGUNDA CAMPANHA - CONTROLE						
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	15NOV14:45	15NOV19:40	16NOV05:50	Média
Temperatura água	°C	-	27	24	23	24,7
pH	-	-	7,79	7,89	7,58	7,75
OD	mg/L	-	4,9	6,9	7,7	6,5
DBO (5,20)	mg/L	-	6	9	4	6,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	-	700000	900000	22000	240208
Fosf.total	mg/L	-	0,141	0,919	0,209	0,423
Res.total	mg/L	-	96	367	268	244
Turbidez	UNT	-	18,7	306	71,4	132,03
Nitrogênio total	mg/L	-	7,280	2,030	0,980	3,430

Quadro 3.5 – Resultados do ponto de controle P5 no Córrego Bonito.

PRIMEIRA CAMPANHA - CONTROLE						
Código do local : P5	Classe : 2	Distância da foz ao local : 0 km				
Descrição do local : Na foz	Altitude.: 210 m		tarde	noite	manhã	
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	22AGO13:40	22AGO18:10	23AGO05:50	Média
Temperatura água	°C	-	20	20	19	19,7
pH	-	6,0 a 9,0	8,22	8,50	7,93	8,21
OD	mg/L	5	10	10,6	6,5	9,0
DBO (5,20)	mg/L	5	2	2	2	2
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1.000	2200	1700	16000	3911
Fosf.total	mg/L	0,025	0,106	0,158	0,178	0,147
Res.total	mg/L	-	294	302	323	306
Turbidez	UNT	100	1,17	1,22	1,52	1,30
Nitrogênio total	mg/L	-	1,2600	0,9000	1,5800	1,247
SEGUNDA CAMPANHA - CONTROLE						
PARÂMETROS	UNIDADE	PADROESCONAMA 357 e CECA/MS003	15NOV14:00	15NOV19:09	16NOV05:40	Média
Temperatura água	°C	-	25	23	24	24,0
pH	-	-	7,91	7,55	7,55	7,67
OD	mg/L	-	6,5	7,0	7,1	6,9
DBO (5,20)	mg/L	-	1	7	11	6,3
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	-	5000	30000	17000	13662
Fosf.total	mg/L	-	0,129	0,413	0,291	0,278
Res.total	mg/L	-	435	315	325	358
Turbidez	UNT	-	17,3	159	210	128,77
Nitrogênio total	mg/L	-	1,060	1,680	1,360	1,367

Os resultados obtidos das campanhas de controle, quadros 3.1 a 3.5, bem como da sistematização dos dados da série histórica do monitoramento do IMAP (1996 a 2002, ANEXOS 1A, 2A e 3A), permitem afirmar que a variabilidade da qualidade da água está diretamente associada aos usos que se faz dela e ao tipo de uso e ocupação do solo na área de drenagem da bacia hidrográfica.

Com a série histórica do IMAP sistematizada, anexos 1A, mesmo tendo sido detectado diversas falhas no período monitorado (meses sem coleta), foi possível fazer uma avaliação da variabilidade dos parâmetros durante o período, abrangendo as quatro estações do ano. Observou-se um gradiente de variação na temperatura da água de até 14°C, no ponto FO2065 localizado no rio Formoso, ocasionado pela sazonalidade, ou seja, temperaturas mais baixas no inverno e mais altas no período de verão. Nos outros pontos do rio Formoso, Figura 3.1, é observada gradientes de até 13°C nos pontos FO2000, FO2047, para o período de 1996 a 2002.

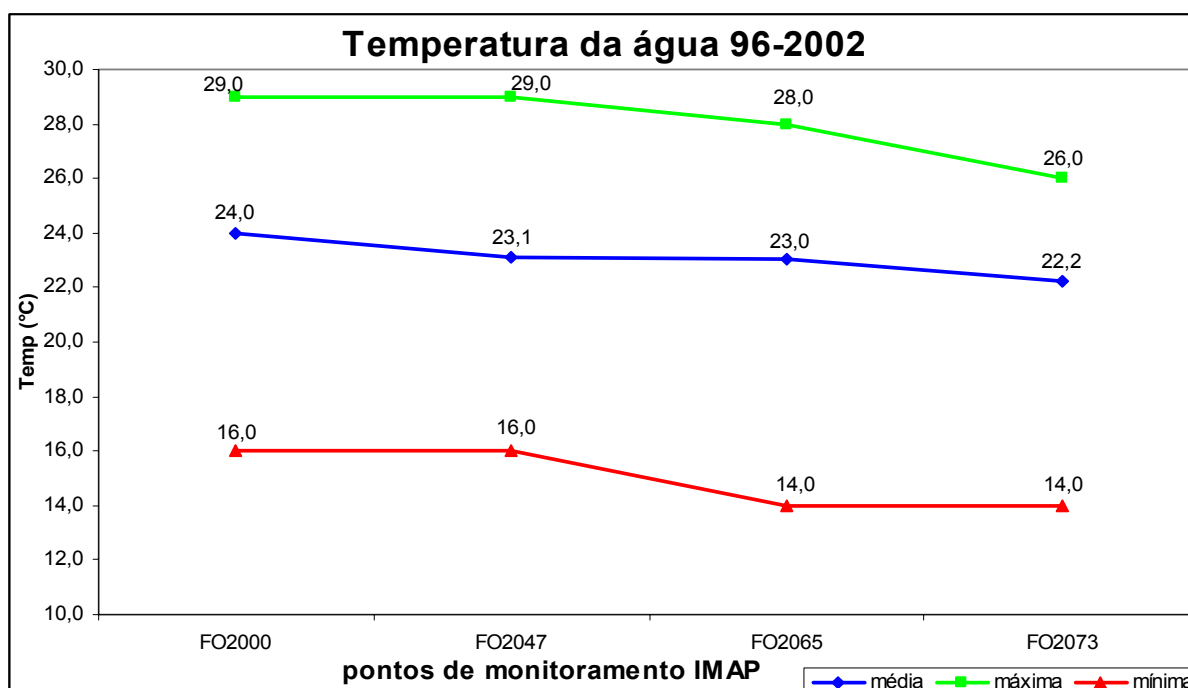


Figura 3.1- Variabilidade da Temperatura da água do rio Formoso, série 96-2002.

Cabe ressaltar que a série mais completa de dados é a do ano 2000, onde foi possível observar uma variabilidade maior nos dados de temperatura, incluindo as quatro estações, permitindo inferir que há uma variação considerável deste parâmetro ao longo do ano. A temperatura mínima observada na água foi de 14 °C no mês de julho de 2000. A temperatura máxima observada foi de 29 °C, no mês de fevereiro e março de 2001 e outubro de 2002.

Pelos resultados obtidos e pela visita a área de estudo, constatou-se que onde não há vegetação ciliar ou onde o canal do rio é mais aberto, como é o caso da foz do rio Formoso, ponto FO2000, mesmo com maior volume de água e maior profundidade, a variação da temperatura da água é maior, inclusive este é o local onde foi observado os maiores valores da temperatura da água.

Da análise da Figura 3.2 é possível verificar a variabilidade dos níveis dos coliformes fecais, que também compõem o IQA_{NSF} , permitindo inferir, daí, que esse parâmetro também apresenta uma alta variabilidade, porém de modo aleatório, ou seja, não está associado a sazonalidade ou a existência ou não de vegetação ciliar. No entanto existe alguma relação com o período chuvoso, pois conforme os dados apresentados nas tabelas 1 a 6 (ANEXO 1A), é possível afirmar que a variabilidade dos níveis de coliformes fecais no ponto FO2000 esteja associada com o início do período chuvoso, pois os maiores valores foram observados em outubro, novembro e março. Já nos pontos FO2065 e FO2047 os níveis de coliformes podem estar associados com o período de alta temporada do turismo em Bonito, bem como com o período de carnaval na cidade. No ponto FO2073 a variabilidade dos coliformes fecais está associada com a poluição pontual advinda da criação de suínos e bovinos de forma confinada e também oriunda da poluição difusa ocasionada pelo deflúvio superficial rural. Sendo assim, a precipitação tem uma influência direta na qualidade das águas do rio Formoso.

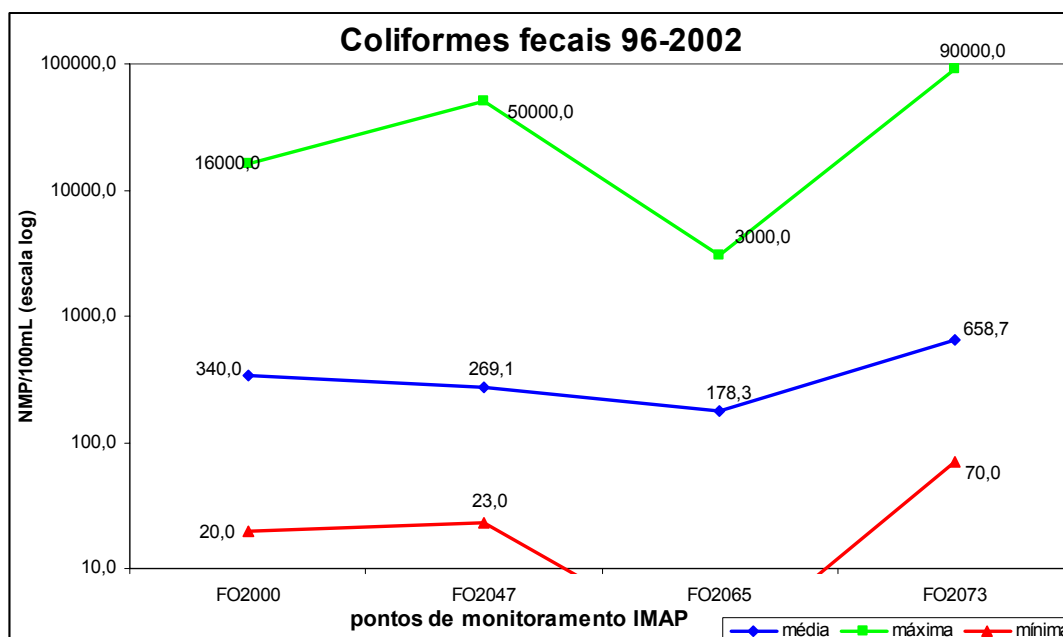


Figura 3.2 - Variabilidade dos coliformes fecais no rio Formoso, série 96-2002.

Para o córrego Bonito, (tabelas 7 a 13, ANEXO 1A), é observado uma série histórica mais completa, porém com algumas falhas de medições ao longo do ano, que de alguma

forma acaba prejudicando a avaliação ou a comparação espacial e ou temporal. A Figura 3.3 mostra a variabilidade do valor da temperatura da água no córrego Bonito durante este período de série histórica (1996-2002).

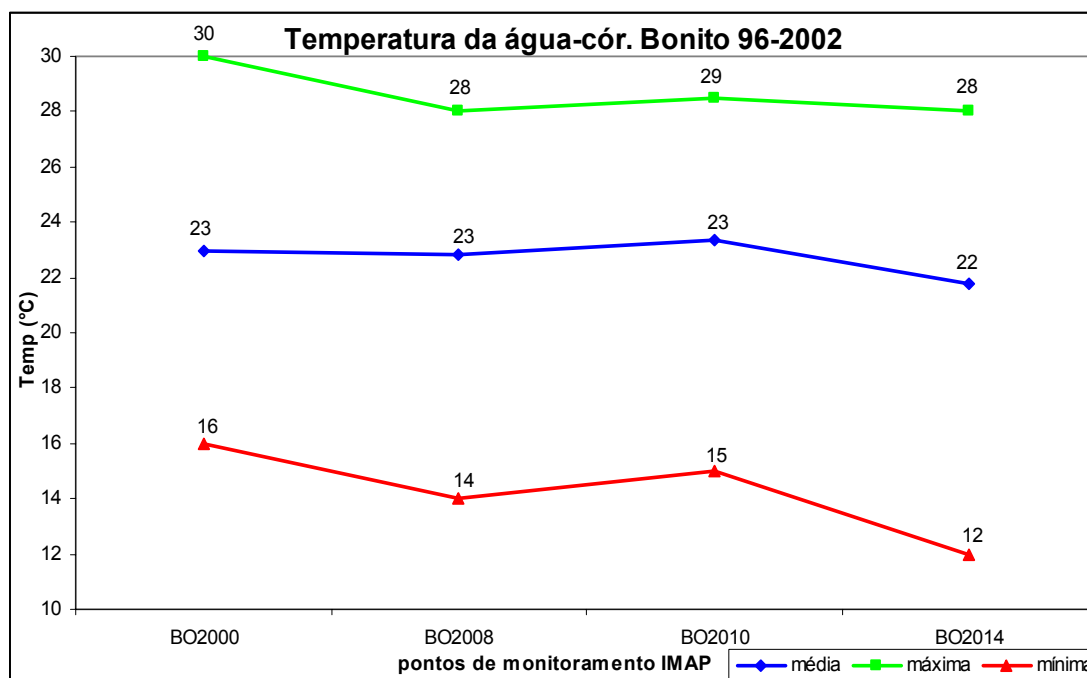


Figura 3.3 - Variabilidade da Temperatura da água do córrego Bonito, série 96-2002.

O gradiente de variação da temperatura da água teve um máximo que foi de 16 °C no ponto BO2014, sendo que os outros 3 pontos de monitoramento apresentaram um gradiente de 14 °C. Como já afirmada anteriormente a temperatura da água, na bacia do rio Formoso está diretamente associado à presença de cobertura vegetal sobre as margens. No entanto, no caso do córrego Bonito, no ponto BO2014, Figura 3.4, há uma lâmina de água muito estreita o que permite que em épocas mais frias (inverno) ou que a entrada de frentes frias provoque o abaixamento da temperatura consideravelmente. Neste córrego, em todos os anos monitorados o parâmetro coliformes fecais apresentou os maiores valores e as maiores variações temporal e espacialmente, conforme Figura 3.5. Este é um parâmetro típico que está diretamente associado ao tipo de uso da água na área de influência do ponto de monitoramento.

Outro parâmetro apresentado nas tabelas 1 a 13, ANEXO 1A, foi o valor do IQA, calculado com a fórmula do IQA_{CETESB}, e utilizada pelo IMAP, é observado na Figura 3.6, que os maiores valores do IQA estão distribuídos ao longo do rio Formoso, já o córrego Bonito apresentou no ponto BO2010 os piores valores de IQA. O parâmetro que mais contribuiu para a pior qualidade da água da água foi o coliformes fecais com altos valores; já

para a melhor qualidade da água, maior valor de IQA, contribuíram os baixos valores dos coliformes fecais e altos valores do OD.



Figura 3.4 – Panorâmica do ponto BO2014, baixa lâmina de água do córrego Bonito.

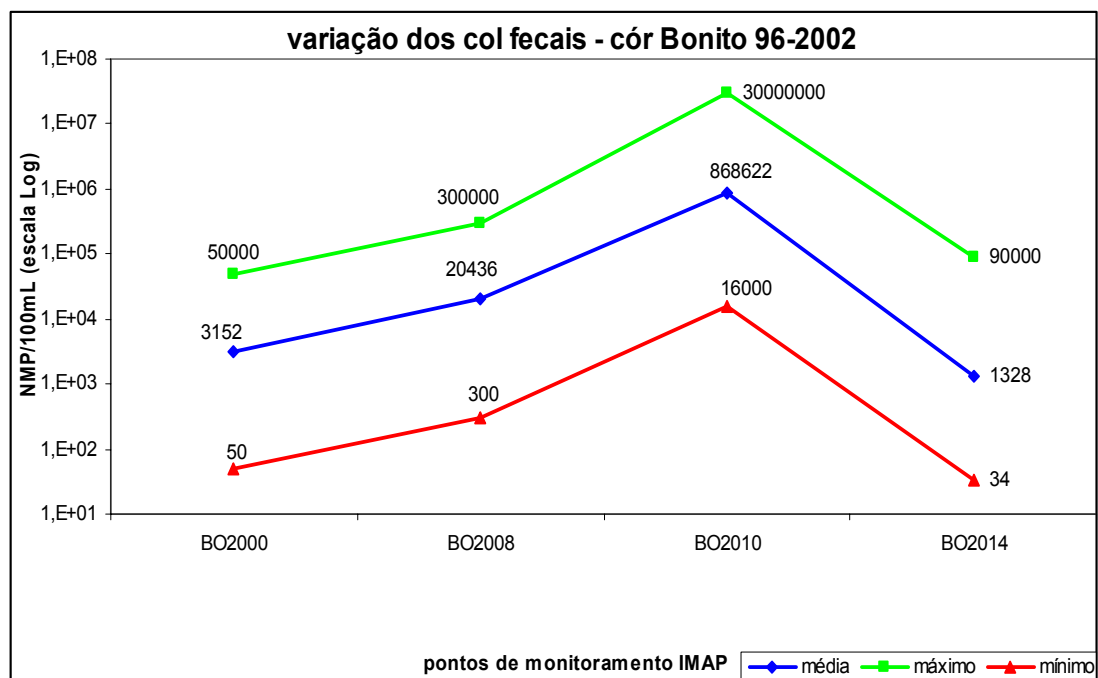


Figura 3.5 - Variabilidade dos coliformes fecais no córrego Bonito, série 96-2002.

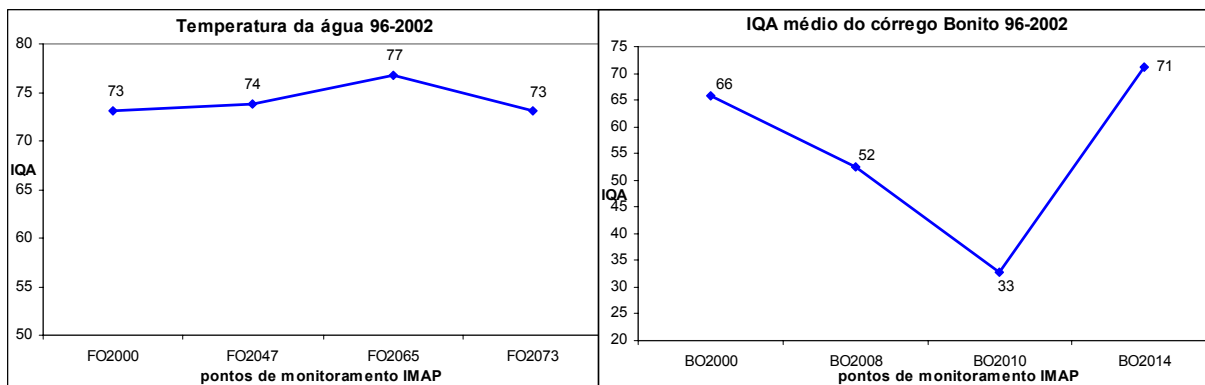


Figura 3.6 - Variabilidade do IQA no rio Formoso e córrego Bonito, série 96-2002.

Os dados de temperatura da água apresentados nos quadros 1 a 8, ANEXO 2A, indicam que há uma evidente variação da temperatura ao longo do ano, daí optou-se em calcular a média sazonal, ou seja, média de inverno englobando os dados de maio, junho, julho, agosto e setembro e média de verão para os meses outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Esse último período coincide com o início do período chuvoso na bacia.

Para cada um dos pontos de monitoramento foi calculada, para a temperatura da água, a média populacional envolvendo os dados de 6 anos de monitoramento e a média sazonal (inverno e verão). Para o rio Formoso foi observado um gradiente de 2 °C entre a média da série e a média sazonal. Já entre as médias de inverno e verão foi observado uma variação maior, igual a 4 °C, conforme mostrado nos quadros 1 a 4, ANEXO 2A. A maior média da série da temperatura da água foi do ponto FO2000, onde há maior incidência de luz solar devido a falta de cobertura vegetal nas margens.

O córrego Bonito apresentou as mesmas variações da temperatura da água ocorridas no rio Formoso, porém com uma diferença, o gradiente de variação entre as médias de verão e de inverno do ponto BO2010 foi de 5°C e entre estas e a média da série foi de 3°C, conforme pode ser observado nos quadros 5 a 8, ANEXO 2A, portanto, maior que a do rio Formoso e a do restante dos pontos do córrego Bonito. Cabe salientar que o ponto BO2010 está totalmente sombreado pela vegetação marginal, no entanto recebe o lançamento do esgoto da cidade de Bonito, por meio do lançamento da ETE e clandestinamente e ainda está situado a jusante da área urbana, recebendo, então, todo o deflúvio superficial urbano de forma difusa. Daí, possivelmente este aumento de temperatura esteja ocorrendo na área urbana onde não há vegetação ciliar e devido ao aporte de esgoto doméstico.

A partir dos dados de temperatura da água foi possível identificar e avaliar as variações que ocorrem ao longo do ano e ao longo do curso d'água.

Na fórmula original do IQA_{NSF} , conforme citado por Derisio (1992), sempre quando não houver lançamento de efluentes térmicos ou frios, a temperatura da água sempre entra no cálculo com o valor máximo do subíndice, ou seja, igual a 93. Este fato pode estar superestimando a qualidade da água, pois ficou evidenciado pelos dados históricos medidos pelo IMAP e apresentados nos quadros 1 a 8, ANEXO 2A, e nas tabelas 1 a 13, ANEXO 1A, que existe uma variabilidade nos valores da temperatura da água, tanto no rio Formoso quanto no córrego Bonito, e que portanto precisa ser levado em consideração no cálculo do IQA.

A partir desta constatação, foi possível propor a alteração da forma como a temperatura é considerada atualmente no cálculo do IQA, ou seja, sugere-se que a temperatura continue entrando no cálculo como a variação em relação a temperatura de equilíbrio, porém, neste caso, a temperatura de equilíbrio será a temperatura média da água, calculada e apresentada nos quadros 1 a 8, ANEXO 2A, e transcritas abaixo, para o rio Formoso e córrego Bonito, nos pontos onde o IMAP mantém a rede de monitoramento da qualidade da água, respectivamente:

Ponto FO2000	temperatura média = 24°C
Ponto FO2047	temperatura média = 23°C
Ponto FO2065	temperatura média = 23°C
Ponto FO2073	temperatura média = 22°C
Ponto BO2000	temperatura média = 23°C
Ponto BO2008	temperatura média = 23°C
Ponto BO2010	temperatura média = 23°C
Ponto BO2014	temperatura média = 22°C

Estes valores médios da série histórica foram utilizados para o cálculo do novo IQA da bacia do rio Formoso proposto neste trabalho, com os dados do ano 2000, e apresentado nos quadros 3.6 e 3.7, respectivamente para o rio Formoso e córrego Bonito.

Os valores dos subíndices calculados e que entraram no cálculo do IQA estão nos quadros 9 a 26 do ANEXO 3A.

Quadro 3.6 – IQA (CETESB/NSF; NOVO) do rio Formoso, ano 2000.

Qualidade da água do Rio Formoso, medida pelo IQA, 2000.													
Ponto	IQA	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Média	Dpadrão
FO2000	Novo IQA	45	77	75	58	79	72	72	82	73	65	70	11,2
	IQANSF	47	79	77	61	80	77	77	83	73	69	72	11,0
FO2047	Novo IQA	65	74	79	39	72	66	64	76	86	79	70	13,0
	IQANSF	67	76	80	40	73	75	73	78	87	81	73	12,8
FO2065	Novo IQA	76	73	79	66	79	62	66	78	82	81	74	7,3
	IQANSF	78	76	80	68	81	73	74	80	83	82	78	4,8
FO2073	Novo IQA	70	53	68	69	74	62	70	75	73	69	68	6,4
	IQANSF	72	56	69	72	75	72	79	76	74	71	72	6,0

Quadro 3.7 – IQA (CETESB/NSF; NOVO) do córrego Bonito, ano 2000.

Qualidade da água do Córrego Bonito, medida pelo IQA, 2000.													
Ponto	IQA	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Média	Dpadrão
BO2000	Novo IQA	47	67	69	43	67	44	56	64	80	62	60	12,2
	IQANSF	52	76	76	47	73	54	70	72	90	69	68	13,1
BO2008	Novo IQA	41	32	57	52	68	58	53	54	58	62	54	10,3
	IQANSF	40	34	58	53	69	61	54	61	59	64	55	10,8
BO2010	Novo IQA	30	18	32	44	42	44	39	45	48	36	38	9,2
	IQANSF	30	19	33	47	42	45	39	51	52	37	39	10,1
BO2014	Novo IQA	70	73	74	68	68	73	72	62	70	71	70	3,7
	IQANSF	71	74	76	69	70	75	75	66	71	72	72	3,1

A alteração da forma da entrada da temperatura no cálculo do IQA se justifica pelos dados observados nos quadros 9 e 18, ANEXO 3A, respectivamente para o rio Formoso e córrego Bonito. Nestes quadros é observada uma variação da temperatura média da água de até 7°C, o que induz o valor do subíndice para baixo, se for considerada a média da série histórica calculada neste trabalho e apresentado nos quadros 1 a 8. Se for considerado que não há variação da temperatura e entrar sempre com o valor máximo do subíndice, então estas variações calculadas e observadas neste trabalho não serão consideradas. Entende-se que estas variações da temperatura, embora na maioria das vezes, esteja associado à fatores ambientais naturais, como as estações do ano, pode estar influenciando as características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água, daí a necessidade de ser considerada estas variações no cálculo do IQA.

Um outro fator que influenciou a proposição da alteração da forma como a temperatura entra no cálculo do IQA foram as alterações climáticas que vem ocorrendo a nível global, fundamentalmente com alterações da temperatura do clima. Sendo assim qualquer alteração da temperatura na bacia do rio Formoso, provocada por eventos climáticos críticos, será detectada pelo novo índice.

Como a temperatura da água influencia na solubilidade dos gases, principalmente o oxigênio dissolvido, tem interferência ainda na taxa de metabolismo dos organismos aquáticos, na cinética das reações químicas que ocorrem inclusive nos ambientes aquáticos, entre outros, propôs-se neste trabalho, apesar da variação da temperatura ser natural, a alteração da forma como a temperatura da água entra no cálculo do IQA, devido a grande importância deste parâmetro para a qualidade da água e para a manutenção e conservação da saúde do ecossistema aquático.

Considerando que o principal e mais nobre uso da água na bacia do rio Formoso é o contato primário, seja o mergulho panorâmico, seja a flutuação, esqui aquático ou a própria balneabilidade, foi considerado o ajuste do peso do parâmetro coliformes fecais (Termotolerantes), tendo em vista ser este o principal indicador de qualidade da água para contato primário. Este indicador, mesmo no índice modificado pela CETESB já se apresenta bastante restritivo quanto ao valor do subíndice, conforme mostrado na curva específica da Figura 1.3.11, por isso optou-se em somente aumentar o valor do peso de 0,15 para 0,16. Esta proposição baseou-se em testes qualitativos e empíricos, ou seja, com as informações dos níveis de coliformes fecais da bacia (série histórica e pontos de controle e da visita a bacia) foi feito comparações com o atual uso da água, e a partir chegou-se no valor mais adequado para a bacia do rio Formoso.

Fazendo uma comparação com os padrões estabelecidos para águas de classe 1, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, a concentração dos coliformes fecais (Termotolerantes) 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. Para a Resolução CONAMA 274/2000, que determina os critérios e padrões de qualidade de água para contato primário e secundário, avalia uma água própria para balneabilidade e na categoria excelente quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, se houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes). Qualquer um destes valores de coliformes fecais (Termotolerantes), seja da classe 1 ou da categoria excelente, pela curva específica da Figura 1.3.11 seria obtido um valor de subíndice igual a 30, bastante restritivo se for considerado o valor máximo deste subíndice que é igual a 100, sendo assim é justificado a utilização da mesma curva.

Assim como a temperatura, a importância do OD é inquestionável para a manutenção da vida aquática, e como a bacia do rio Formoso apresenta uma variação grande da

concentração do OD ao longo do ano e ao longo dos cursos d'água, optou-se em aumentar o valor do seu peso de 0,17 para 0,18, permitindo assim verificar qualquer alteração no índice e conseqüentemente na qualidade da água a medida que variar a concentração do OD no curso d'água. A curva do OD, Figura 1.3.11, foi analisada e chegou-se a conclusão que a mesma representa bem a variabilidade do oxigênio, e no universo dos dados da série histórica de oxigênio apresentados nas tabelas 1 a 13, ANEXO 1A, somente em poucos casos houve valores acima da saturação, desta forma optou-se em manter a curva inalterada.

Para os parâmetros nitrogênio total (NT), e fosfato total (FT), optou-se em reduzir os valores dos respectivos pesos de 0,10 para 0,08, tendo em vista que a variabilidade na bacia do rio Formoso é muito baixa para estes parâmetros, e a alteração da concentração precisa ser muito grande para ocorrer uma variação mínima no valor do subíndice, conforme mostra a curva apresentada na Figura 1.3.11. Conforme os dados históricos de qualidade da água da bacia do rio Formoso, apresentados nas tabelas 1 a 13, com exceção do ponto BO2010, no córrego Bonito, tanto o nitrogênio total quanto o fosfato total apresentam concentrações baixas, geralmente abaixo de 1,0 mg/L, justificando assim a redução do peso e o não ajuste da curva.

A Resolução CONAMA 357/2005 define como padrão de qualidade de água de classe 1 e 2, ambiente lótico, o limite máximo de 0,1 mg/L de fósforo total. A bacia do rio Formoso, em praticamente todos os pontos de monitoramento apresentou concentração em torno de 0,1 mg/L, evidenciando que não há o aporte de fósforo de fonte pontual, com exceção do esgoto da cidade de Bonito. No entanto este aporte não compromete os padrões de qualidade da água do córrego Bonito de forma definitiva, ou seja, a água deste córrego volta às mesmas condições de montante em poucos metros após o lançamento do nutriente (P e N), conforme tabelas 7 a 12 do ANEXO 1A.

Já para o parâmetro pH foi proposto o aumento do valor do peso de 0,12 para 0,14, levando-se em consideração a variabilidade observada em relação a temperatura e em relação a sazonalidade diária, conforme dados diários apresentados nos quadros 3.1 a 3.5. Outro fator importante que subsidiou a proposição da alteração do valor do peso é a série histórica dos dados de pH medidos na bacia do rio Formoso, onde constata-se a variabilidade do pH ao longo de todo o período monitorado, conforme mostra o Quadro 3.8. O pH é um dos parâmetros fundamentais para a manutenção das características cênicas dos corpos d'água da bacia do rio Formoso e qualquer variação neste parâmetro ocasionado por qualquer ação antrópica poderá vir a alterar todo o equilíbrio dinâmico existente na bacia do rio Formoso.

Quadro 3.8 – Série histórica do pH na bacia do rio Formoso, 1996-2002.

pH NA BACIA DO RIO FORMOSO - 1996 A 2002											
Ano	meses	FO2073	FO2065	FO2047	FO2000	BO2014	BO2010	BO2008	BO2000	Maior valor	Menor valor
1996	jun			7,60			7,90	7,90	8,30	8,30	7,60
	ago		8,10	8,10	8,20		7,50	7,90	7,90	8,20	7,50
	set						7,50	8,10		8,10	7,50
	out		8,10	7,90	7,85		7,60	8,10	7,90	8,10	7,60
	nov						7,40	7,80	7,90	7,90	7,40
	dez		7,90	7,90	8,00		7,50	7,80		8,00	7,50
	Média		8,03	7,87	8,02		7,57	7,93	8,00		
	Dpadrão		0,12	0,21	0,18		0,18	0,14	0,20		
1997	mar					8,15		8,12		8,15	8,12
	mai				8,62	8,46	8,39	8,47		8,62	8,39
	jun	7,86	8,08	8,40	8,28	8,28	8,18	8,35	8,07	8,40	7,86
	jul	8,20	8,53	8,50	7,59	8,47	7,70	8,18	8,28	8,53	7,59
	ago	7,89	8,21	8,32	8,40	8,46	8,06	8,57	8,22	8,57	7,89
	set	7,90	8,23	8,27	8,35	7,95	7,69	7,98	8,25	8,35	7,69
	out	7,93	8,09	8,29	8,38	8,00	7,75	8,22	8,21	8,38	7,75
	nov	8,00	7,95	8,00	8,20	7,90	7,70	8,00	8,01	8,20	7,70
	dez	7,88	7,90	8,05	8,09	8,09	7,76	7,89	7,95	8,09	7,76
	Média	7,95	8,14	8,26	8,23	8,19	7,90	8,19	8,14		
	Dpadrão	0,12	0,21	0,18	0,30	0,23	0,27	0,23	0,13		
1998	mar					7,99	7,61	7,37	8,01	8,01	7,37
	abr					7,99	7,85	7,50	7,59	7,99	7,50
	mai					8,06	7,81	8,10	7,88	8,10	7,81
	jun					7,93	7,73	8,06	8,02	8,06	7,73
	jul					8,00	7,73	8,21	8,21	8,21	7,73
	ago					7,98	7,61	7,91	7,90	7,98	7,61
	set					8,00	7,62	8,10	8,12	8,12	7,62
	out					7,96	7,66	7,93	8,02	8,02	7,66
	Média					7,99	7,70	7,89	7,97		
	Dpadrão					0,04	0,09	0,30	0,19		
1999	fev	7,75	8,17	8,40	8,17	8,08	7,92	8,09	8,15	8,40	7,75
	mar					7,95	7,82	8,12	8,12	8,12	7,82
	mai	8,16	8,19	8,21	8,12	8,12	7,83	7,92	7,97	8,21	7,83
	jul					8,12	7,72	7,93		8,12	7,72
	out	7,47	8,02	8,03	8,19	7,80	7,79	8,05	8,30	8,30	7,47
	Média	7,79	8,13	8,21	8,16	8,01	7,82	8,02	8,13		
	Dpadrão	0,35	0,09	0,19	0,04	0,14	0,07	0,09	0,14		
2000	fev	7,76	8,00	7,80	7,86	7,88	7,66	7,88	7,66	8,00	7,66
	mar	7,62	8,40	7,98	7,98	7,98	7,77	7,83	8,00	8,40	7,62
	abr	7,72	8,04	8,04	8,24	7,99	7,76	8,13	8,05	8,24	7,72
	mai	7,69	7,97	8,03	8,29	7,75	8,29	8,13	8,11	8,29	7,69
	jun	7,72	7,95	8,20	8,28	7,21	8,13	7,84	7,93	8,28	7,21
	jul	7,78	7,90	8,00	7,94	7,68	7,74	7,93	8,00	8,00	7,68
	ago	7,87	8,12	8,21	8,42	7,86	7,78	8,09	8,31	8,42	7,78
	set	7,60	7,70	7,95	8,05	7,92	8,18	7,89	7,75	8,18	7,60
	out	7,80	8,15	8,05	7,95	8,22	7,68	7,58	8,25	8,25	7,58
	nov	7,86	7,96	8,20	8,28	8,37	8,18	8,52	8,05	8,52	7,86
	Média	7,74	8,02	8,05	8,13	7,88	7,91	7,98	8,01		
	Dpadrão	0,09	0,18	0,13	0,19	0,31	0,25	0,25	0,20		
2001	jan					8,53	8,33	8,42		8,53	8,33
	fev	7,85	8,00	8,19	8,26	8,51	8,40	8,72	8,17	8,72	7,85
	mar	8,10	8,63	8,78	8,94	8,06	8,43	8,19	8,59	8,94	8,06
	abr	8,32	8,58	8,83	8,76	8,06	8,10	8,45	8,76	8,83	8,06
	mai	8,06	8,80	9,06	9,14	8,53	8,33	8,70	8,84	9,14	8,06
	jun	8,50	8,75	8,89	8,78	8,48	8,48	8,89	8,68	8,89	8,48
	jul	8,43	8,77	8,82	8,84	8,51	8,35	8,58	8,65	8,84	8,35
	ago	8,40	8,87	8,99	9,05	8,33	8,14	8,26	8,69	9,05	8,14
	set	8,41	8,71	8,71	8,83	7,84	7,67	7,88	8,57	8,83	7,67
	out					8,01	7,82	8,07		8,07	7,82
	Média	8,26	8,63	8,78	8,82	8,28	8,20	8,41	8,62		
	Dpadrão	0,23	0,27	0,27	0,26	0,27	0,27	0,32	0,20		
2002	fev	8,00	8,20	8,30	8,40	7,90	7,80	8,00	8,00	8,40	7,80
	abr	8,10	8,30	8,10	8,40	7,50	8,00	8,80	8,10	8,80	7,50
	jun	8,80	8,80	9,00	8,40	8,30	8,20	8,50	8,90	9,00	8,20
	jul	8,00	8,20	8,50	8,70	8,00	7,90	7,90	7,90	8,70	7,90
	ago	8,00	8,20	8,10	8,40	7,50	7,80	8,00	8,20	8,40	7,50
	set	7,90	8,20	8,10	8,00	8,00	7,80	8,00	7,90	8,20	7,80
	out	7,80	8,90	8,20	8,30	7,90	7,80	7,90	8,20	8,90	7,80
	nov					8,00	7,90	8,00		8,00	7,90
	Média	8,08	8,40	8,32	8,37	7,88	7,90	8,13	8,17		
	Dpadrão	0,33	0,31	0,33	0,21	0,27	0,14	0,33	0,35		
Formoso e Bonito	média geral	7,97	8,25	8,27	8,32	8,05	7,88	8,10	8,15		
	Dpadrão geral	0,286	0,324	0,361	0,349	0,279	0,273	0,307	0,298		
	Maior Valor	8,80	8,90	9,06	9,14	8,53	8,48	8,89	8,90		
	Menor Valor	7,47	7,70	7,60	7,59	7,21	7,40	7,37	7,59		

O pH é um dos responsáveis pela manutenção da limpidez das águas da bacia do rio Formoso, pois o pH indica quanto a água está ácida ou alcalina. Sendo assim quanto mais alcalina for a água, significa que há mais carbonatos e bicarbonatos dissolvidos possibilitando a precipitação de qualquer partícula que seja introduzida no corpo d'água, seja argila, silte, matéria orgânica ou outras partículas menores, contribuindo então para a qualidade da água.

Desta forma, além da alteração do peso, propôs-se uma nova curva para o pH, conforme Figura 3.7. Esta nova curva proposta para o subíndice pH foi construída com base nos dados constantes no Quadro 3.9. Os valores deste quadro, bem como os intervalos propostos foram baseados na série histórica da bacia do rio Formoso, período 1996 a 2002, conforme Quadro 3.8.

Quadro 3.9– Proposta de novos valores para o subíndice pH, na bacia do rio Formoso.

Valor do pH	valor do subíndice	Valor do pH	valor do subíndice
2,0 a 2,7	2	8,1 a 8,4	100
2,8 a 4,9	3	8,5	99
5,0	4	8,6	97
5,1	5	8,7	93
5,2	6	8,8	88
5,3	7	8,9	82
5,4	8	9,0	75
5,5	9	9,1	69
5,6	11	9,2	62
5,7	13	9,3	55
5,8	15	9,4	49
5,9	18	9,5	44
6,0	21	9,6	39
6,1	24	9,7	35
6,2	27	9,8	31
6,3	31	9,9	28
6,4	35	10,0	25
6,5	39	10,1	23
6,6	44	10,2	21
6,7	48	10,3	19
6,8	53	10,4	18
6,9	57	10,5	17
7,0	62	10,6	16
7,1	67	10,7	15
7,2	72	10,8	14
7,3	76	10,9	13
7,4	81	11,0	12
7,5	85	11,1	11
7,6	89	11,2	9
7,7	92	11,3	8
7,8	95	11,4	7
7,9	98	11,5	5
8,0	99	11,6	4
		11,7 a 12,0	3

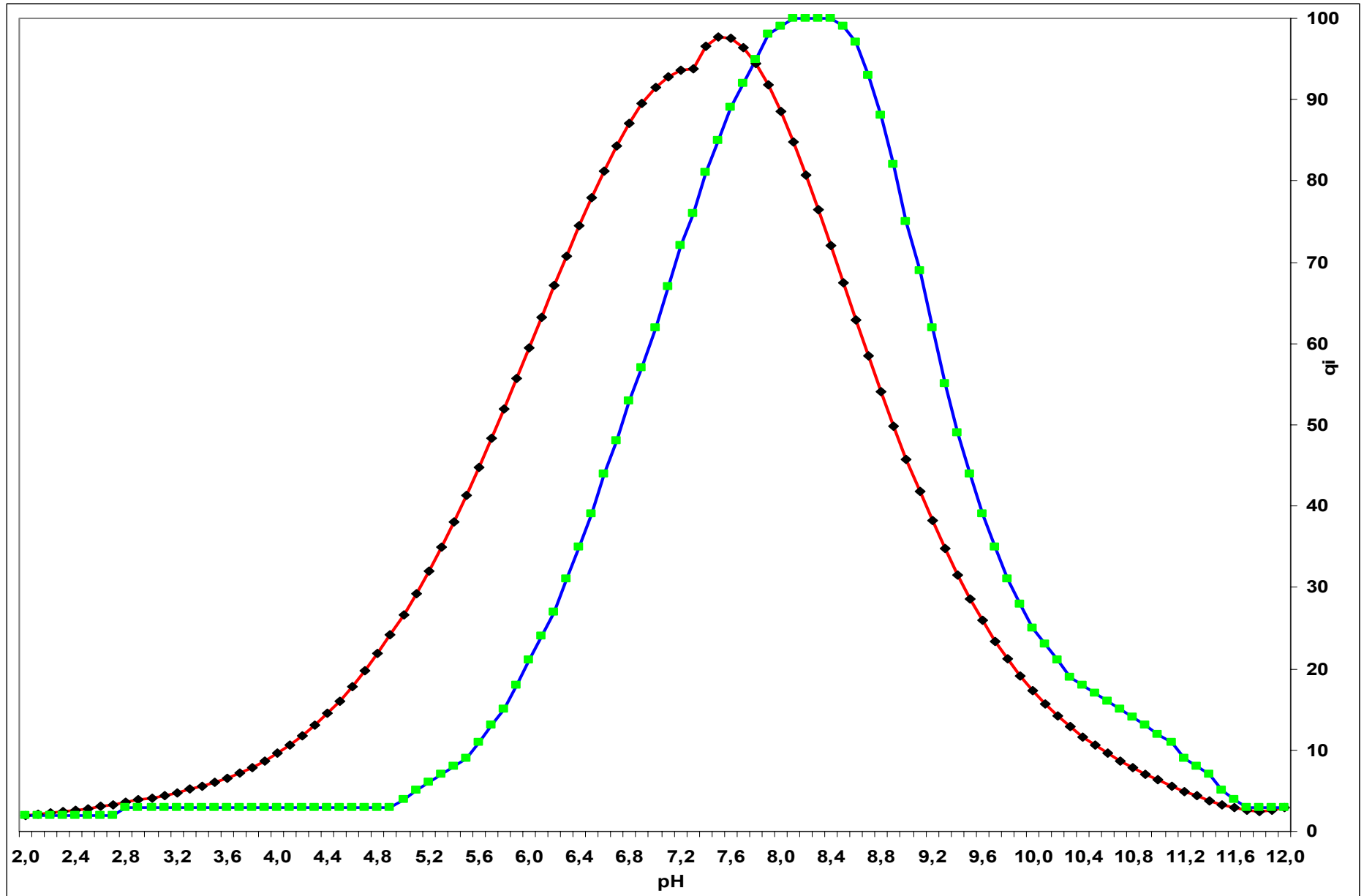


Figura 3.7– Nova curva proposta para o pH na bacia do rio Formoso.

A linha azul, com pontos verdes representa a nova curva proposta e a linha vermelha com pontos pretos representa a antiga curva do IQA_{CETESB} . Observa-se um leve deslocamento da curva para a direita, ou seja, onde o pH é maior, representando assim melhor a realidade da bacia do rio Formoso que tem naturalmente um pH em média acima de 7 unidades.

Na construção do Quadro 3.9, bem como a elaboração da Figura 3.7, foi levado em consideração o caráter qualitativo, ou seja, para a faixa de pH entre 8,1 a 8,4 considerou-se qualidade ótima; na faixa entre 7,2 a 8,0 (lado esquerdo da curva da Figura 3.7) e 8,5 a 9,1 (lado direito da curva da Figura 3.7) considerou-se qualidade boa; na faixa entre 6,0 a 7,1 e 9,2 a 10,2 considerou-se qualidade aceitável; e a qualidade ruim foi considerada quando o pH estivesse na faixa entre 2,0 a 5,9 e 10,3 a 12,0. Esta proposição apesar de ser qualitativa, ainda foi baseada nos dados históricos do pH da bacia conforme Quadro 3.8.

Na antiga curva utilizada no cálculo do IQA_{CETESB} , Figura 1.3.11, o valor máximo do pH era igual a 7,2, a partir deste valor, tanto para maior quanto para menor a curva decaía levemente até o valor mínimo do subíndice igual a 2. Na proposta da nova curva, Figura 3.7, a partir do valor máximo quando o pH é igual a faixa 8,1 a 8,4, tanto para maior quanto para um valor menor, a curva cai bruscamente gerando um baixo valor para o subíndice que reflete diretamente na qualidade da água, medida pela ponderação dos vários subíndices.

Observa-se no Quadro 3.8 que o maior valor de pH (9,14), na bacia do rio Formoso foi medido em maio de 2001 no ponto 00MS23FO2000, na foz do rio Formoso. Já o menor valor (7,21), foi medido em junho de 2000, no ponto 00MS23BO2014, nascente do córrego Bonito.

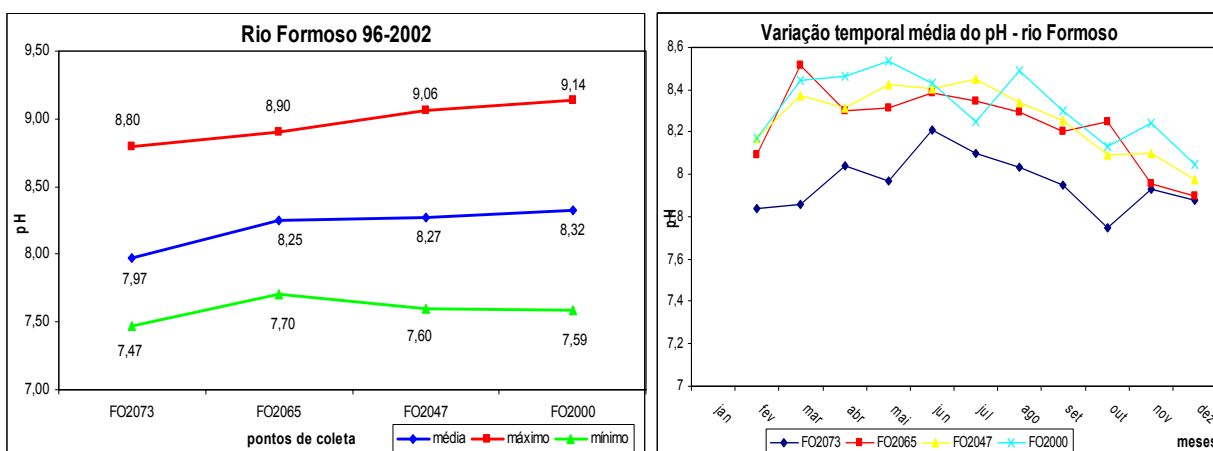
Ainda baseado no quadro 3.8, é possível inferir que os valores médios históricos do pH na bacia do rio Formoso, tanto no córrego Bonito, quanto no rio Formoso, estão próximos do valor 8, apresentando pouca variabilidade em torno da média, comprovado pelos baixos valores do desvio padrão em todos os pontos medidos, variação em torno de 0,3 unidades.

O alto valor do pH da série histórica da bacia do rio Formoso justifica as qualificações propostas na Figura 3.7, ou seja, o valor máximo do subíndice igual a 100, para pH entre 8,1 e 8,4. O valor máximo do subíndice do IQA modificado pela CETESB é igual a 94 para pH variando entre 7,2 e 7,3. Este pH está na faixa neutra, que talvez representa bem as águas do Estado de São Paulo, no entanto, na bacia do rio Formoso o pH das águas sempre variou na faixa alcalina, com pH médio mais baixo igual a 7,88, no ponto 00MS23BO2010, córrego Bonito a jusante do lançamento do esgoto da ETE de Bonito. O segundo menor pH médio foi de 7,97, observado no ponto 00MS23FO2073, rio Formoso a montante da foz do rio Sucuri.

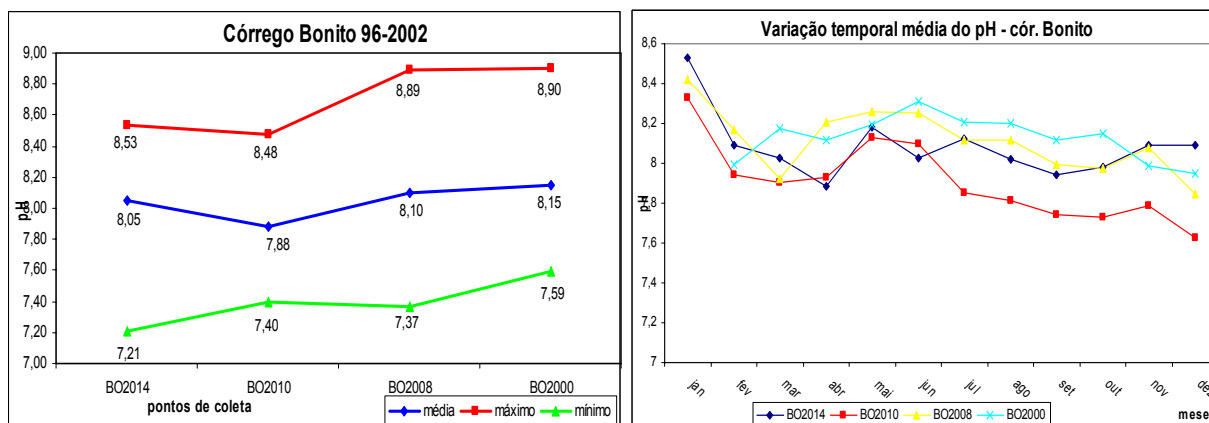
Ainda com relação ao pH, série histórica 1996 a 2002, as figuras 3.8 e 3.9 mostram, respectivamente, a variação espacial longitudinal e temporal no rio Formoso. Já as figuras 3.10 e 3.11 mostram, respectivamente, a variação espacial longitudinal e temporal no córrego Bonito.

Além das explanações já citadas, para se chegar aos novos pesos, propostos no quadro 3.9, ainda foram testados diversos valores inseridos empiricamente e simulados duas situações de ambiente aquático, ou seja, sendo uma situação de pior qualidade onde os parâmetros aparecem com os valores totalmente em desconformidade com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 1, 2, e 3, e a outra onde os parâmetros apresentam a melhor condição de qualidade, conforme os padrões ambientais estabelecidos pela Resolução supra citada.

As figuras 3.8 a 3.11 mostram que o pH médio ocorre nos meses de maio a setembro, considerado neste trabalho como inverno. Os valores maiores do pH ocorrem justamente no período considerado como verão. Cabe esclarecer que para o córrego Bonito, os dados apresentados na Figura 3.11 para o mês de janeiro são de apenas uma medição, por isso aparecem com os maiores valores, esta é uma evidência de que a ausência de dados em um determinado mês, dentro da série histórica, prejudica a avaliação da variabilidade do parâmetro e consequentemente prejudica a determinação da qualidade da água. Já na variação espacial, observa-se uma tendência crescente no valor do pH da nascente em direção a foz dos cursos d'água, com exceção do ponto BO2010 no córrego Bonito, evidenciando a interferência antrópica.



Figuras 3.8 e 3.9 – Variação espacial longitudinal e temporal do pH médio no rio Formoso, 1996-2002.



Figuras 3.10 e 3.11 – Variação espacial longitudinal e temporal do pH médio no córrego Bonito, 1996-2002.

O Quadro 3.10 indica os pesos dos subíndices originais do IQA_{CETESB} e a nova proposta de pesos para o novo índice da bacia do rio Formoso.

Quadro 3.10 – Proposta de novos valores para os pesos dos subíndices.

Parâmetro	Peso original	Peso modificado
Temperatura	0,10	0,10
Oxigênio dissolvido	0,17	0,18
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10	0,10
Nitrogênio total	0,10	0,08
Fosfato total	0,10	0,08
Sólidos totais	0,08	0,08
pH	0,12	0,14
Coliformes fecais	0,15	0,16
Turbidez	0,08	0,08
SOMA	1,00	1,00

As figuras 3.12 a 3.13 mostram a variabilidade diária dos parâmetros que compõem o IQA, em dois períodos distintos, verão chuvoso e inverno seco no rio Formoso.

As informações apresentadas nestas figuras 3.12 a 3.13 foram obtidos de medições diárias realizadas nos pontos de controle (P1 e P2), previamente selecionados e indicam os dados individuais de cada medição.

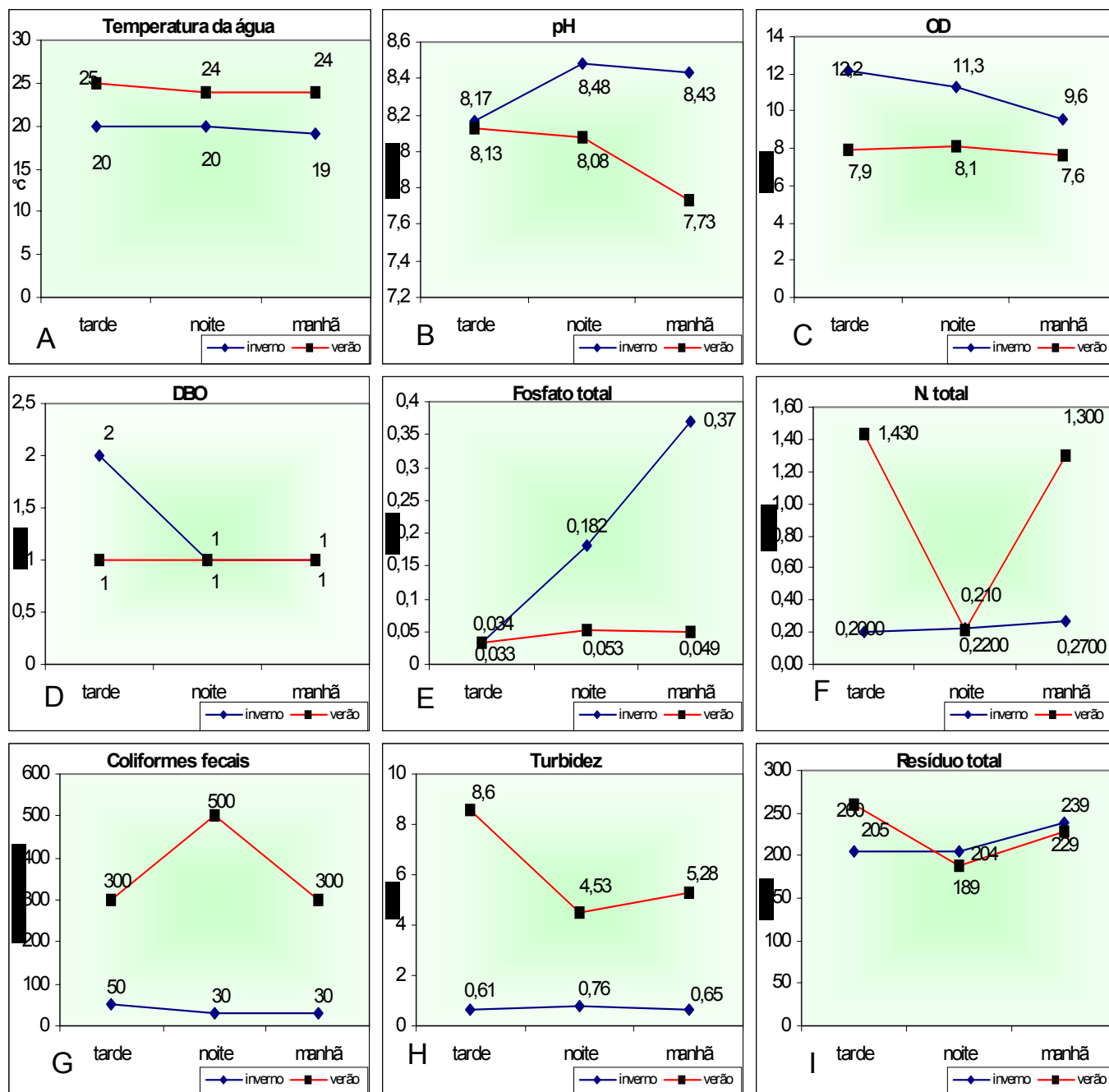


Figura 3.12 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do rio Formoso no ponto P1, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.

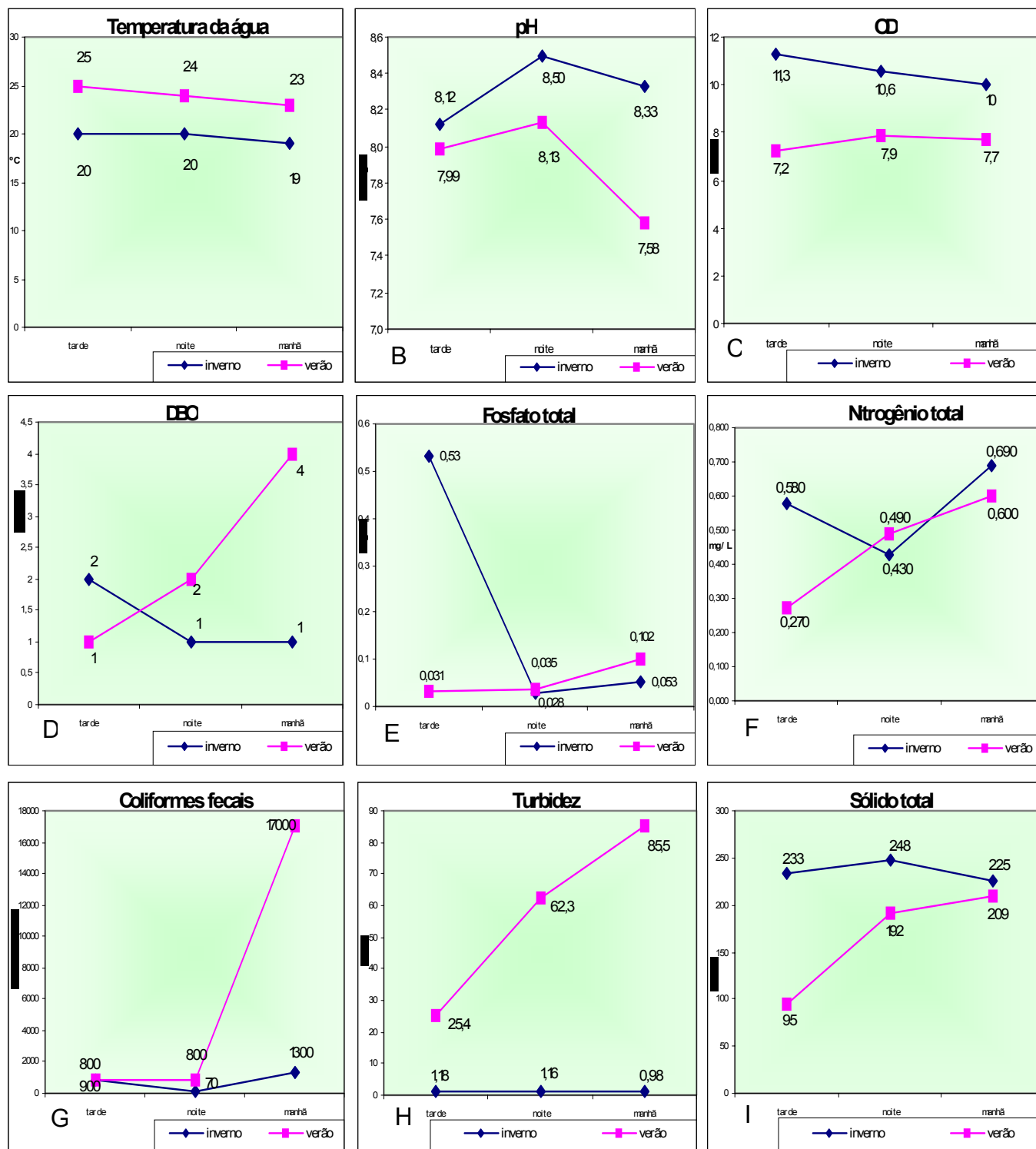


Figura 3.13 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do rio Formoso no ponto P2, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.

O ponto de controle P1, Figura 3.12, no rio Formoso caracteriza o ambiente natural sem muita alteração antrópica, já o ponto P2, Figura 3.13 apresenta o ambiente com alterações antrópicas tais como recebimento de águas com esgoto sanitário, balneários, pecuária e agricultura. Nota-se como principal diferença entre os dois pontos a alta concentração de OD e baixa concentração da DBO e de coliformes fecais no P1 enquanto no ponto P2 ocorreu o inverso, ou seja, menor concentração de OD e maior concentração de DBO e de coliformes fecais.

O córrego Bonito, também, apresentou variações, temporal e espacial, tanto no inverno quanto no verão. As figuras 3.14 a 3.16 apresentam as variações observadas no córrego Bonito. Estas figuras mostram os resultados obtidos nos pontos de controle, conforme descrito na metodologia.

Por meio destas figuras (3.14; 3.15 e 3.16), nota-se que ocorrem variações de todos os parâmetros ao longo do dia. Existem diversas hipóteses para explicar essas variações, uma delas é a variação da temperatura, que influencia no valor do pH e do OD. Outra hipótese pode ser o aporte de matéria orgânica (esgoto, efluentes líquidos, resíduos domiciliares) durante a noite que provoca a depleção do OD, aumento da DBO, aumento dos coliformes fecais, aumento do fósforo e nitrogênio.

O parâmetro que apresenta a maior e mais nítida variação é a temperatura, figuras 3.14A, 3.15A e 3.16A, respectivamente nos pontos de controle P3, P4 e P5, no córrego Bonito. Como a concentração do OD é dependente da temperatura, também apresentou variação nítida, na amostragem de verão e inverno e ao longo do dia, conforme se observa, também, nas figuras 3.14C, 3.15C e 3.16C, respectivamente nos pontos P3, P4 e P5.

As variações observadas nas concentrações dos parâmetros, na maioria das vezes, não está só associado a fatores antrópicos como o lançamento de esgotos, mas também a fatores naturais como a estação do ano, hora do dia, chuvas, nível e vazão do curso d'água e presença de cachoeiras e corredeiras no leito do curso d'água.

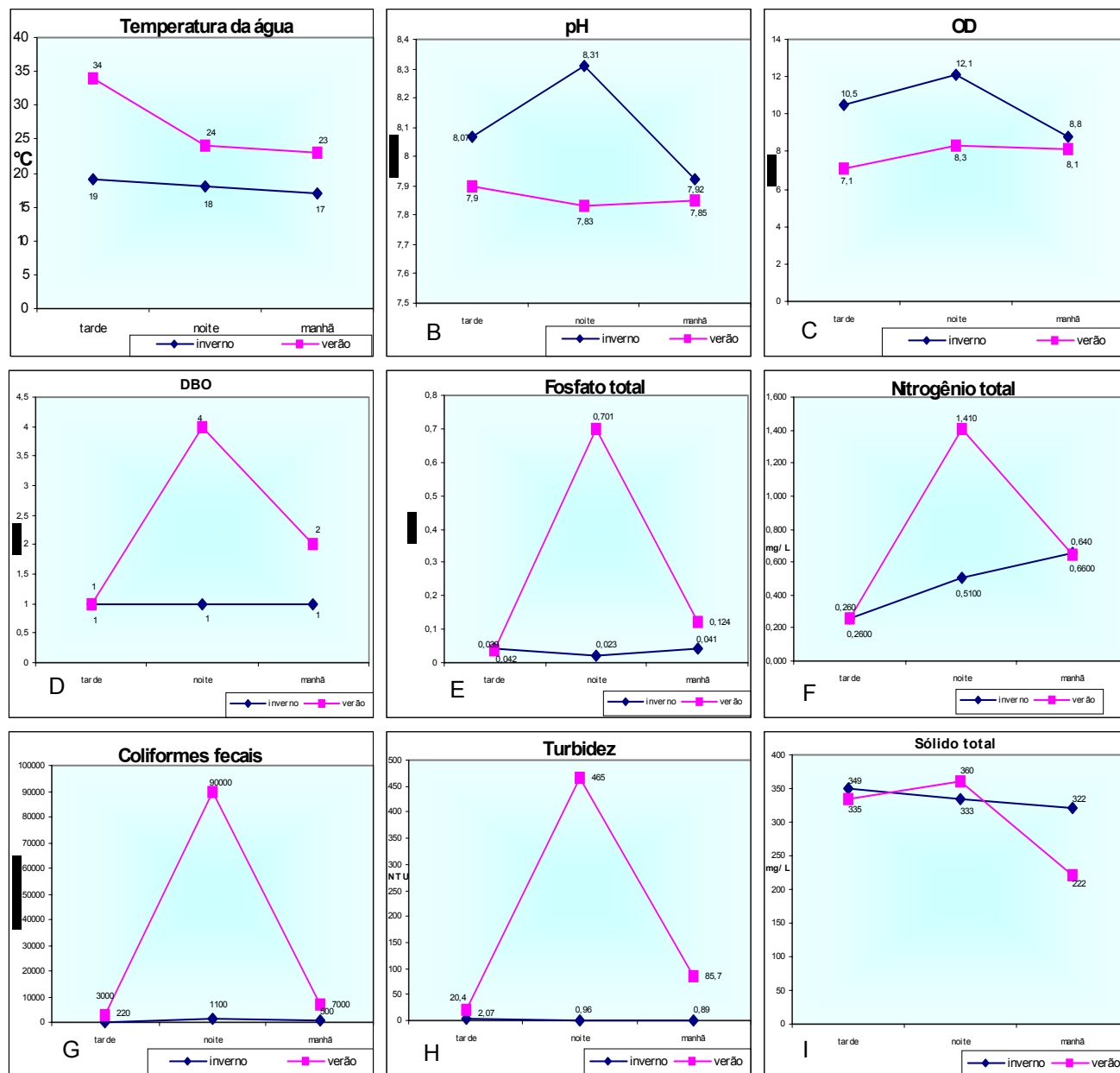


Figura 3.14 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P3, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.

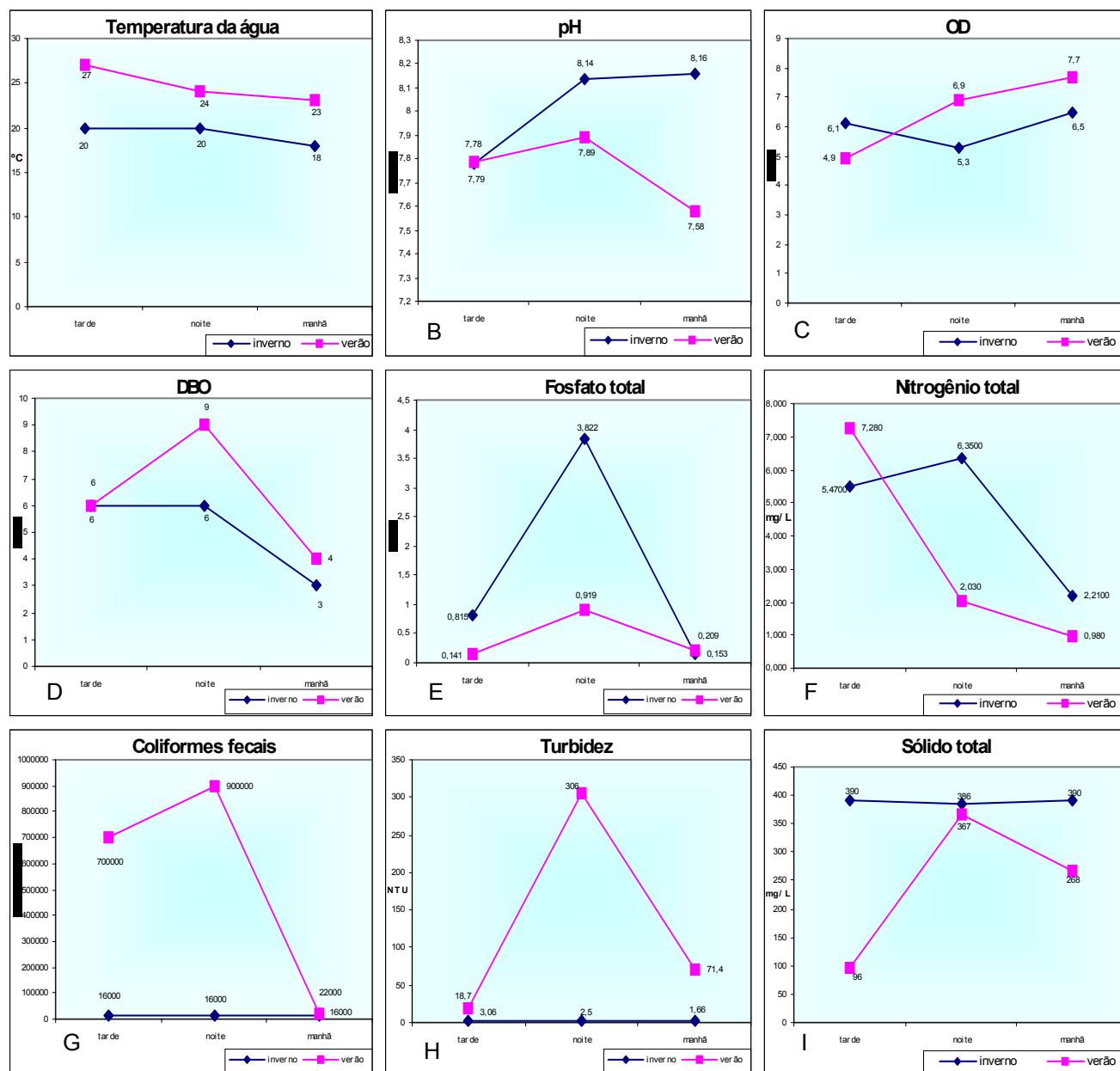


Figura 3.15 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P4, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fósforo total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.

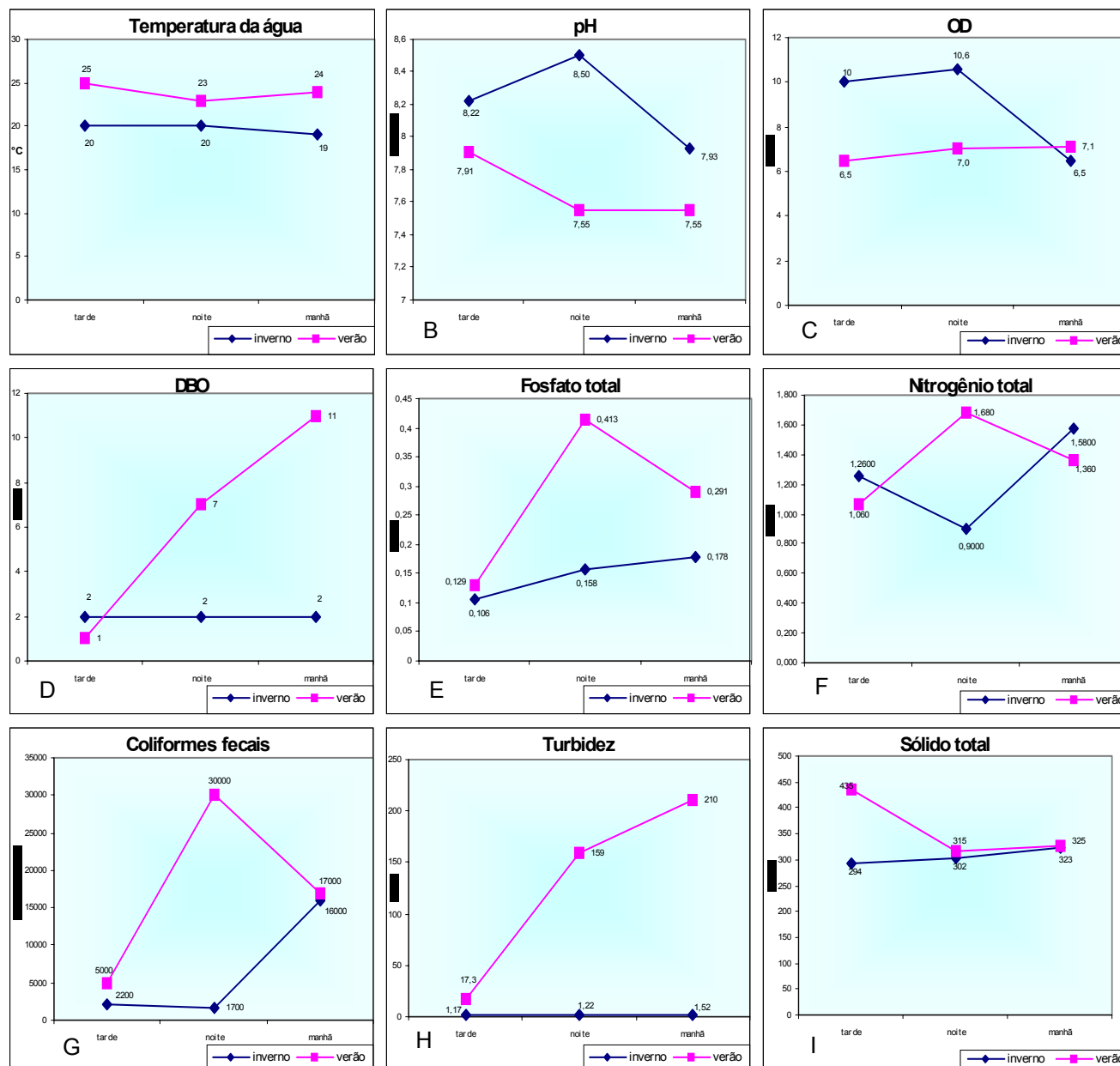


Figura 3.16 – Variação diária dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das águas do córrego Bonito no ponto P5, sendo: A) Variação da Temperatura; B) Variação do pH; C) Variação do OD; E) Variação do fosfato total; F) Variação do Nitrogênio total; G) Variação dos coliformes fecais; H) Variação da turbidez; e I) Variação dos sólidos totais.

Os parâmetros fosfato total, nitrogênio total e sólido total não apresentaram um comportamento bem definido, conforme figuras 3.12E, 3.12F, 3.12I, 3.13E, 3.13F e 3.13I, respectivamente no ponto P1 e P2. Um outro ponto importante para ser discutido é a turbidez das águas do Formoso. Observa-se que no período de inverno este parâmetro praticamente não varia ao longo do dia tanto no P1 quanto no P2. No período de verão, observa-se grande

variação da turbidez, principalmente no P2, onde os valores variam de 25,4 NTU a 85,5 NTU. No ponto P1 a turbidez variou de 8,6 NTU a 5,28 NTU, durante um dia. Essa variação observada tanto nos pontos individuais quanto entre os dois pontos está associado ao grau de proteção do ponto P1, ou seja, este ponto está localizado a jusante de uma área constituída por filtros naturais composta por um espécime de capim natural da região. No ponto P2 o rio Formoso já recebeu a descarga do córrego São João, que drena áreas de solo rico em areias quartzosas, contendo, ainda partículas de ferro, segundo Brasil, 2002. A água do córrego São João, em período chuvoso provoca a elevação da turbidez e dos sólidos totais das águas do rio Formoso. Outro fator que contribui para as alterações da qualidade das águas do rio Formoso, ponto P2, são as águas do córrego Bonito, que recebe todo o esgoto sanitário e as águas da drenagem pluvial da cidade de Bonito.

Tanto o aumento da turbidez quanto o aumento da concentração da DBO e do OD no P2 estão intimamente associados ao evento chuvoso que ocorreu no período da tarde e noite, quando as coletas estavam sendo executadas. As chuvas então age como diluidor da matéria orgânica já existente ao mesmo tempo em que carrega mais matéria orgânica para o leito do curso d'água, ocasionando o aumento da turbidez e DBO e diminuição do OD, no ponto P2. Cabe destacar que a chuva teve seu início a partir das 17:30 horas do dia da coleta e continuou praticamente a noite toda. Como as coletas realizadas no período da noite, nos pontos P1 e P2, teve seu início a partir das 19:00 horas, quando as águas da drenagem pluvial estavam começando a chegar no curso d'água. As variações no ponto P2, não são observados no ponto P1 devido à proteção natural que o rio Formoso possui que é uma região de banhado, com vegetação aquática, conforme Figura 3.12H.

Com relação aos coliformes fecais, o ponto P1, Figura 3.12G, apresentou baixos valores, principalmente no inverno onde o máximo observado foi de 50 NMP/100mL, enquanto que no verão houve um pico durante a noite, possivelmente devido a presença de animais silvestres que descem até a beira d'água para a sua dessedentação ou devido ao deflúvio superficial nas proximidades do ponto em função da chuva ocorrida; esta é a hipótese mais provável, pois como a área, a montante do ponto de coleta, é protegida, então existe diversos animais silvestres, onde todos os seus dejetos são carregados para a água. Já no ponto P2, tanto no inverno quanto no verão houve um considerável aumento de coliformes fecais no período da manhã, conforme Figura 3.13G. Este aumento possivelmente é em função da descarga das águas do córrego Bonito (ponto P5), que por sua vez recebe a descarga de esgoto

da ETE com baixa eficiência na remoção de coliformes fecais, esgoto bruto clandestino e água pluvial da cidade de Bonito.

No córrego Bonito, cabe destacar o gradiente de variação da temperatura no ponto P3, onde no verão a temperatura da água variou de 34°C, no período da tarde, para 24°C, no período da noite, demonstrando um gradiente de 15°C. No P4 este gradiente foi de 7°C e no P5 foi de 5°C, conforme figuras 3.14A, 3.15A e 3.16A, respectivamente. Este fato está associado a lamina d'água dos pontos P3 e P4, que é muito baixa, ocasionando variações grandes na temperatura durante o dia e durante as estações do ano. Já o ponto P5 apresenta um volume maior de água, com profundidade maior, leito totalmente encoberto com árvores, sombreando todo o leito, favorecendo a pouca variabilidade na temperatura da água, conforme Figura 3.16A.

Os parâmetros pH e OD também apresentaram variações bem nítidas durante o período do dia (manhã, tarde e noite) e durante o período do ano (inverno e verão), justificando a alteração de seus pesos para maior com o objetivo de que o IQA final reflita essas variações, que ocorrem na coluna d'água.

No ponto de controle P4, figura 3.15B, o parâmetro pH apresenta uma inflexão para cima no período da manhã, indicando que é o único período em que o lançamento de esgoto doméstico não influencia neste parâmetro. No período da tarde e a noite observa-se uma queda no valor do pH no ponto P4 se comparado com os pontos P3 e P5, possivelmente ocasionado pela decomposição de matéria orgânica presente no esgoto.

As maiores variações nos parâmetros que compõem o IQA foram observadas no ponto de controle P4, que sofre o aporte de esgoto doméstico oriundo da ETE de Bonito e demais resíduos domésticos clandestinos que chegam ao curso d'água.

Já o ponto de controle P5 apresentou os piores valores dos parâmetros no período da manhã, evidenciando que a água do córrego Bonito possui em certo tempo de trânsito ou de percurso entre o P4 e o P5, da ordem de 10 horas, tempo este referente ao intervalo entre a coleta da noite e a coleta realizada pela manhã.

Os quadros 27 a 29, ANEXO 3A, indicam respectivamente a descarga líquida do córrego Bonito nos pontos de controle P5, P4 e P3. Já os quadros 30 e 31, ANEXO 3A, indicam as descargas líquidas do rio Formoso, nos pontos de controle P2 e P1 respectivamente.

É evidente nestes quadros a necessidade de se considerar a quantidade e a qualidade da água em um programa de avaliação da qualidade ambiental, pois embora a concentração de determinado poluente seja baixo em uma seção de curso d'água, a carga desse mesmo poluente pode ser muito alta devido a grande vazão de água no local ou vice-versa.

Como só foi realizada uma medição da descarga líquida, no mês de dezembro de 2004, não foi possível fazer uma correlação direta com a qualidade da água, no entanto é possível verificar pelo Quadro 27, ANEXO 3A, que há um aumento significativo no volume de água do córrego Bonito, se comparado com o Quadro 29, ANEXO 3A,. O mesmo fato é observado quando se compara os quadros 30 e 31, ou seja, o rio Formoso apresenta uma descarga líquida de aproximadamente 11 m³/s no ponto P1 e de 36 m³/s no ponto P2, praticamente triplicando o seu volume de água. Este aumento de volume de água tanto no córrego Bonito, quanto no rio Formoso, favorece a manutenção da boa qualidade da água da bacia do rio Formoso, principalmente pelo fator diluição.

A Figura 3.17 indica a variação espacial longitudinal da qualidade da água do rio Formoso, ano 2000, medida pelo IQA_{CETESB} e pelo novo IQA proposto neste trabalho. Já a Figura 3.18 indica a mesma variação no córrego Bonito ano 2000.

No rio Formoso, Figura 3.17, o gradiente de variação entre os dois índices variou entre 2 e 4 unidades, sendo que os dois primeiros pontos a variação foi de 4 unidades, no terceiro ponto a variação foi de 3 unidades e a foz apresentou a menor variação, igual a 2 unidades.

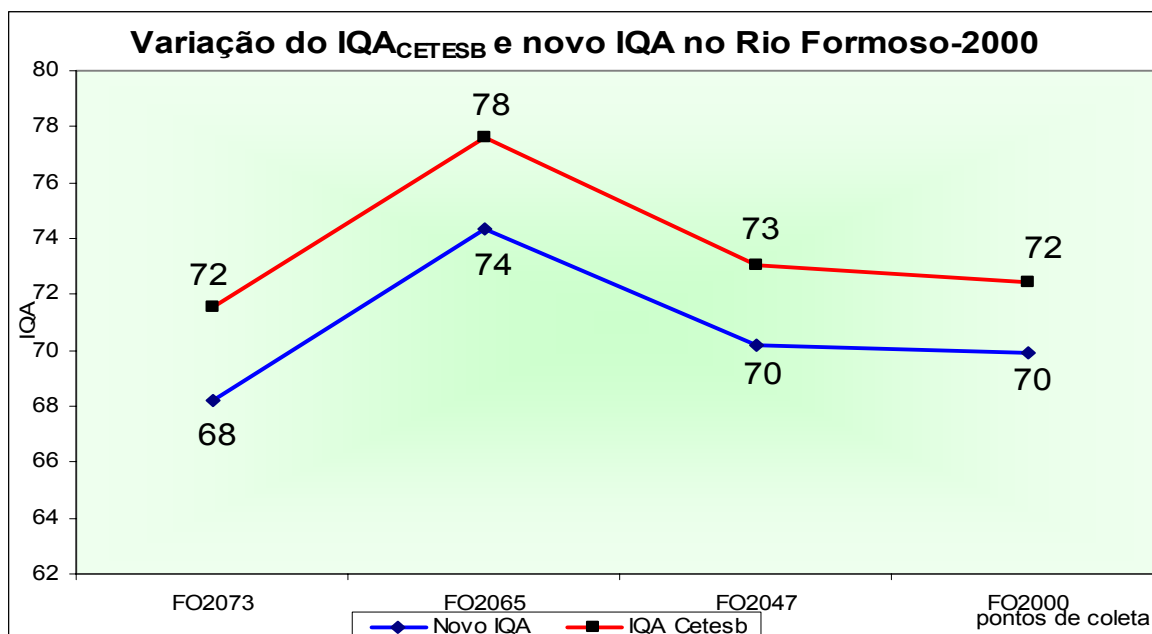


Figura 3.17 – Variação espacial longitudinal do IQA médio (CETESB e NOVO), no rio Formoso, 2000.

Este fato permite inferir que em águas onde a influência antrópica é maior a variação entre os dois IQAs é menor. Já nos pontos onde os níveis de preservação da qualidade da água é maior a variação entre os dois IQAs também é maior.

Esta observação fica mais evidente quando se analisa a Figura 3.18, onde estão plotados os dados do córrego Bonito. Nesta figura praticamente não há variação entre os dois IQAs, com exceção do ponto BO2000, na foz.

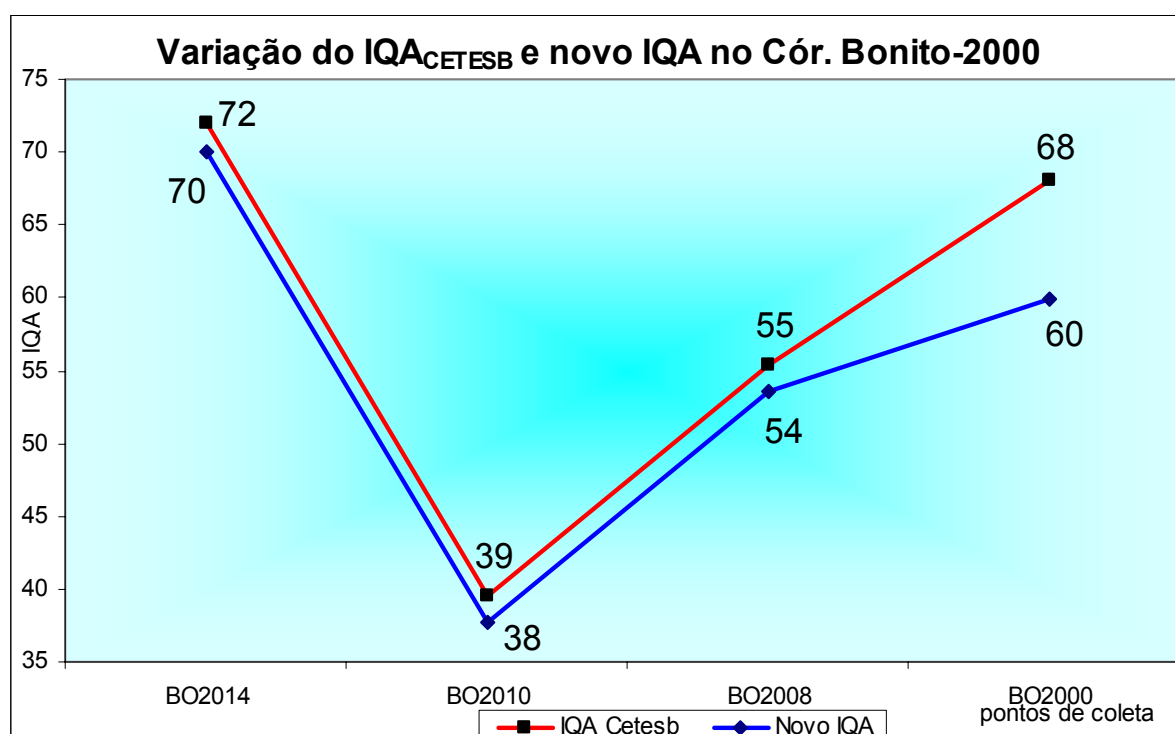


Figura 3.18 – Variação espacial longitudinal do IQA médio (CETESB e NOVO), no córrego Bonito, 2000.

Essas variações evidenciam a necessidade de mudanças e ajustes nos subíndices do IQA_{CETESB}, pois em um ambiente preservado como o rio Formoso é necessário que o IQA reflita esta boa qualidade, no entanto o IQA deve ser bastante sensível e restritivo para não informar uma qualidade que não se tem, ou seja, da forma como ficou ajustado o novo índice, qualquer alteração ocorrida em qualquer parâmetro que compõem o IQA será automaticamente detectada. Pela Figura 3.18, percebe-se que altas concentrações de poluentes na água acabam mascarando os dois índices, principalmente influenciados pelos parâmetros OD, coliformes fecais, pH e temperatura.

Considerando-se que as águas da bacia do rio Formoso têm como uso principal a recreação de contato primário, que demanda uma água de melhor qualidade, então o novo IQA proposto neste trabalho, que se mostrou mais sensível às variações dos parâmetros que o compõem e por ser mais restritivo (mais rigoroso nos pesos), representa bem a qualidade das águas desta bacia.

Os resultados do novo IQA apresentados neste trabalho refletem bem a realidade da bacia do rio Formoso, tendo em vista o conhecimento empírico de toda a extensão do rio Formoso e córrego Bonito, bem como dos principais usos da água desta bacia.

4 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

A revisão bibliográfica indicou claramente a importância de se agregar parâmetros indicadores de qualidade de água em um único índice, bem como a relevância de se ter índices adequados e adaptados às peculiaridades cada bacia.

Desse modo a análise dos dados obtidos pelo monitoramento por um período de vinte e quatro horas, em cinco pontos da bacia do rio Formoso, bem como a análise dos dados da série histórica obtidos dos relatórios do IMAP, indicaram a necessidade da adequação do IQA atualmente utilizado, principalmente em relação a alguns parâmetros.

Para o caso do parâmetro pH, houve a necessidade de desenvolvimento de uma nova curva, pois a curva adaptada pela CETESB não se ajustava bem para as águas da bacia do rio Formoso que são alcalinas. Para o restante dos parâmetros não houve necessidade de desenvolvimento de nova curva, pois foi verificado que as existentes representavam bem as variações ocorridas na qualidade da água e que os parâmetros selecionados eram o mais representativos para a região.

Em função da importância dos usos da água na bacia do rio Formoso (contato primário, turismo), e das variações observadas ao longo do dia e ao longo das estações do ano, optou-se pela alteração dos pesos dos parâmetros pH, coliformes fecais e oxigênio dissolvido para maior e os pesos dos parâmetros nitrogênio total e fósforo total para menor.

O novo IQA proposto mostrou-se mais restritivo, ou seja, é mais sensível às variações ocorridas nos parâmetros indicadores da qualidade da água, podendo representar melhor a qualidade da água da bacia do rio Formoso, bem como detectar qualquer impacto que venha a ocorrer nas águas dos cursos d'água da bacia.

A bacia do rio Formoso vem sendo impactado pelo lançamento de esgoto doméstico, águas pluviais e resíduos sólidos urbanos em geral. Os maiores impactos são observados no córrego Bonito, ponto de controle P4, e ponto de monitoramento do IMAP BO2010.

Diante destas informações apresentam-se algumas sugestões e perspectivas de trabalhos futuros:

- Que seja feito um esforço por parte do Órgão Gestor dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul, para a adoção e implementação do novo IQA para avaliação da qualidade da água da bacia do Rio Formoso;
- Que o novo IQA seja denominado IQA_{Formoso}, indicando a bacia hidrográfica para onde foi desenvolvido;
- Que o monitoramento da bacia do rio Formoso seja uma prioridade da gestão dos recursos hídricos do Estado de Mato Grosso do Sul, viabilizando a validação dos pesos dos subíndices e da nova curva do pH, mantendo assim a avaliação da qualidade ambiental da bacia;
- Que seja feita estudos para a otimização do sistema de tratamento de esgoto da cidade de Bonito, até o nível terciário, com remoção de nutrientes (N, P) e patogênicos (coliformes fecais);
- Que seja implementada uma rede de monitoramento da quantidade de água nos principais cursos d'água da bacia do rio Formoso, viabilizando assim a análise integrada da quantidade e qualidade das águas;
- Que a frequência de amostragem seja bem definida de tal forma para que não haja interrupção nas coletas;
- Que seja feita uma análise integrada dos dados qualitativos e quantitativos da água da bacia do rio Formoso, viabilizando o uso múltiplo e a qualidade ambiental da bacia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.A.B. e SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). Porto Alegre – RS, ABRH, **RBRH**, volume 8, número 1, jan/mar. 2003.

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. Designing a monitoring programme. In: **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. New York, USA : E & FN SPON, 1996. p.35-59.

_____. Water quality. In: **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. New York, USA : E & FN SPON, 1996. p.8-33.

BOGGINANI, P.C. Por que Bonito é Bonito? In: Nos Jardins Submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Organizador: Paulo Robson de Souza, Campo Grande, MS, Ed. UFMS, 1999.

BOLLMANN, H. A., MARQUES, D. da M. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. Porto Alegre – RS, ABRH, **RBRH**, volume 5, número 1, jan/mar. 2000.

BOLLMANN, H. A., MARQUES, D. da M. Gestão Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas: Bacia do Rio Cachoeiras – São Mateus do Sul - PR. Porto Alegre – RS, ABRH, **RBRH**, volume 6, número 3, jul/set. 2001.

BORDALO, A. A., NILSUMRANCHIT, W., CHALERMWAT, K. Water Quality and uses of the Bangpakong river (eastern Thailand). **Water Ressource**, volume 35, número 15, 2001, páginas 3635 – 3642.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. SEMA/IMAP/Gerência de Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul. **Bacia hidrográfica do rio Formoso**. Campo Grande, MS, 2002.

CALLISTO, M., MORETTI, M., e GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. Porto Alegre – RS, ABRH, **RBRH**, volume 6, número 1, jan/mar. 2001.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**, 3ª edição, Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1978.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle da poluição ambiental**. São Paulo : Editora da CETESB, mar. 1992.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro : Editora Interciência/FINEP, 1988.

FEREIRA, L.M., IDE, C.N. (2000), **Avaliação Comparativa da Sensibilidade do IQA-NSF, IQA-Smith e IQA-Horton, aplicados ao Rio Miranda, MS, Campo Grande**. Monografia (Especialização em Saneamento Ambiental), Departamento de Hidráulica e Transporte, UFMS.

GUZZELLI, M. R. **Notas de aula do V Curso Internacional Sobre Controle da Poluição das Águas**. Disciplina de Avaliação da Qualidade da Água, São Paulo, 1999.

HARRISON, T.D, COOPER, J. A. G. & RAMM, A. E. L. **Geomorphology, Ichthyofauna, Water Quality and Aesthetics of South African Estuaries**. Department of Environmental Affairs & Tourism, Pretória, South Africa, 2000.

JORGENSEN, S. E. Developments in environmental modelling 14: Mathematical submodels in water quality systems. **Elsevier Science Publishers**, New York, USA. 1989.

JUNIOR, A. P. M., NETTO, O. M. C., e NASCIMENTO, N. O. (2003) Os Indicadores como Instrumentos Potenciais de Gestão das Águas no Atual Contexto Legal-Institucional do Brasil – Resultados de um Painel de Especialistas. **RBRH**, volume 8, número 4, out/dez. Porto Alegre – RS, ABRH.

LEITE, F.; FONSECA, O. Aplicação de índices de qualidade das águas na lagoa Caconde, Osório, RS. In: Seminário de Qualidade das Águas Continentais no Mercosul, 1. **Anais**. Organizador: David M. Marques- ABRH, dez.1994. p. 250.

LORENZETTI, M. de L., (2002). **Utilização de Análises Ecotoxicológicas no aprimoramento da Avaliação da Qualidade da Água**: Aplicação do IVA – Índice de Qualidade da Água para a Proteção da Vida Aquática, SP. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal. Coordenadoria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental. Divisão Centro de Controle Ambiental. **Relatório de qualidade das águas superficiais da Bacia do Alto Paraguai - 2001**. Campo Grande, MS, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Secretaria Executiva – PNMA II. Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. **Oficina para definição de Indicadores Mínimos para Qualidade da Água**. Relatório não publicado, 2001, Brasília, DF.

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

RUSSEL, F. B. **Química geral**. São Paulo : McGraw-Hill, 1981.

SEVERINO, A.J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo : Cortez, 1996.

STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th. Washington, USA: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 1998.

STUMM, W. ; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry**. New York : Wiley/Interscience, 1970.

WARD, R. C.; LOFTIS, J. C.; McBRIDE, G. B. **Design of water quality monitoring systems**. New York, USA : Van Nostrand Reinhold, 1990.

ANEXO 1A

Tabela 1 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1996.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz									
Parâmetro	unidade	padrão*	ago	out	nov		média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	22,0	27,0	27,0		25,3	27,0	22,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,20	7,85	8,00		8,02	8,2	7,85
OD	mg/L	5	7,3	7,8	7,3		7,5	7,8	7,3
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	0,5		0,8	1,0	0,5
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	600	1100		583	1100,0	300
Nitrogênio total	mg/L	-	0,14	0,17	0,16		0,16	0,17	0,14
Fosf.total	mg/L	0,025	0,05	0,01	0,082		0,047	0,082	0,010
Res.total	mg/L	-	180	196	210		195	210	180
Turbidez	UNT	100	9,00	7,00	16,00		10,67	16,00	7,00
IQA	-	-	74	72	70		72	74	70
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre									
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	ago	out	nov	Média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,0	23,0	24,0	26,0	23,5	26,0	21,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,60	8,10	7,90	7,90	7,87	8,10	7,60
OD	mg/L	5	6,8	6,7	7,4	6,7	6,9	7,4	6,7
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	500	300	500	110	301	500	110
Nitrogênio total	mg/L	-	0,14	0,06	0,14	0,25	0,15	0,25	0,06
Fosf.total	mg/L	0,025	0,040	0,050	0,054	0,082	0,057	0,082	0,040
Res.total	mg/L	-	491	203	220	204	280	491	203
Turbidez	UNT	100	7,00	7,00	15,00	5,00	8,50	15,00	5,00
IQA	-	-	69	74	72	75	73	75	69
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal									
Parâmetro	unidade	padrão*	ago	out	nov		média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	23,0	24,0	26,0		24,3	26,0	23,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,10	8,10	7,90		8,03	8,10	7,90
OD	mg/L	5	7,1	7,9	6,6		7,2	7,9	6,6
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	500	500	170		349	500	170
Nitrogênio total	mg/L	-	0,52	0,12	0,20		0,28	0,52	0,12
Fosf.total	mg/L	0,025	0,010	0,010	0,050		0,023	0,050	0,010
Res.total	mg/L	-	195	152	218		188	218	152
Turbidez	UNT	100	12,00	13,00	5,00		10,00	13,00	5,00
IQA	-	-	73	75	77		75	77	73
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente									
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar					
Temperatura água	°C	-							
pH	-	6,0 a 9,0							
OD	mg/L	5							
DBO (5,20)	mg/L	5				não havia monitoramento neste período			
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000							
Nitrogênio total	mg/L	-							
Fosf.total	mg/L	0,025							
Res.total	mg/L	-							
Turbidez	UNT	100							
IQA	-	-							

Tabela 2 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1997.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz													
Parâmetro	unidade	padrão*	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,5	19,5	19,0	22,0	25,0	26,5	25,0	28,0	23,3	28,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,62	8,28	7,59	8,40	8,35	8,38	8,20	8,09	8,23	8,62	7,59
OD	mg/L	5	7,8	8,6	6,4	8,6	9,4	8,3	6,8	7,8	8,0	9,4	6,4
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	2	1
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	1600	130	30	80	1600	80	1300	266	1600	30
Nitrogênio total	mg/L	-	0,15	0,42	0,27	0,60	0,40	0,47	0,21	0,26	0,35	0,60	0,15
Fosf.total	mg/L	0,025	0,03	0,07	0,02	0,01	0,03	0,03	0,07	0,11	0,046	0,107	0,008
Res.total	mg/L	-	229	153	230	190	235	220	164	267	211	267	153
Turbidez	UNT	100	13,00	28,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,00	71,00	15,00	71,00	1,00
IQA	-	-	72	68	76	83	80	71	79	64	74	83	64
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre													
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo	
Temperatura água	°C	-	19,5	20,0	21,0	24,5	25,0	24,0	27,0	23,0	27,0	19,5	
pH	-	6,0 a 9,0	8,40	8,50	8,32	8,27	8,29	8,00	8,05	8,26	8,50	8,00	
OD	mg/L	5	9,3	10,0	9,0	9,0	7,9	7,4	6,9	8,5	10,0	6,9	
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,3	2,0	1,0	
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	170	80	70	30	23	50	1700	92	1700	23	
Nitrogênio total	mg/L	-	0,20	0,35	0,22	0,28	0,25	0,38	0,25	0,28	0,38	0,20	
Fosf.total	mg/L	0,025	0,046	0,016	0,006	0,045	0,008	0,030	0,011	0,023	0,046	0,006	
Res.total	mg/L	-	223	227	189	229	208	176	207	208	229	176	
Turbidez	UNT	100	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	2,57	10,00	1,00	
IQA	-	-	77	80	82	81	84	83	72	80	84	72	
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal													
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo	
Temperatura água	°C	-	20,0	20,0	20,5	23,5	23,0	24,0	28,0	22,7	28,0	20,0	
pH	-	6,0 a 9,0	8,08	8,53	8,21	8,23	8,09	7,95	7,90	8,14	8,53	7,90	
OD	mg/L	5	8,5	8,7	9,0	10,0	8,1	7,5	6,4	8,3	10,0	6,4	
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,3	2,0	1,0	
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	50	170	30	130	900	140	220	137	900	30	
Nitrogênio total	mg/L	-	0,13	0,37	0,25	0,30	0,37	0,46	0,36	0,32	0,46	0,13	
Fosf.total	mg/L	0,025	0,005	0,040	0,002	0,036	zero	0,023	0,019	0,021	0,040	0,002	
Res.total	mg/L	-	208	192	172	228	192	184	216	199	228	172	
Turbidez	UNT	100	10,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,14	10,00	0,00	
IQA	-	-	82	79	84	77	75	80	78	79	84	75	
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente													
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo	
Temperatura água	°C	-	21,0	20,5	20,5	21,5	22,5	22,0	26,0	22,0	26,0	20,5	
pH	-	6,0 a 9,0	7,86	8,20	7,89	7,90	7,93	8,00	7,88	7,95	8,20	7,86	
OD	mg/L	5	7,1	7,3	7,4	6,9	6,3	5,7	6,1	6,7	7,4	5,7	
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,3	3,0	1,0	
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	240	220	900	900	240	500	90	334	900	90	
Nitrogênio total	mg/L	-	0,33	1,18	0,60	0,54	0,52	0,66	0,23	0,58	1,18	0,23	
Fosf.total	mg/L	0,025	0,042	0,102	0,031	0,054	0,026	0,008	0,000	0,038	0,102	0,000	
Res.total	mg/L	-	257	239	200	240	206	198	241	226	257	198	
Turbidez	UNT	100	10,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,29	10,00	1,00	
IQA	-	-	75	73	73	71	75	73	79	74	79	71	

Tabela 3 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 1999.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz								
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mai	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	27,0	20,0	27,0	24,7	27,0	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,17	8,12	8,19	8,16	8,19	8,12
OD	mg/L	5	7,7	8,3	6,8	7,6	8,3	6,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	IMP/100 m	1000	800	110	3.000	1303	3000	110
Nitrogênio total	mg/L	-	0,89	0,24	0,66	0,60	0,89	0,24
Fosf.total	mg/L	0,025	0,133	0,028	0,069	0,077	0,133	0,028
Res.total	mg/L	-	233	183	303	240	303	183
Turbidez	UNT	100	6,00	2,00	3,00	3,67	6,00	2,00
IQA	-	-	71	80	66	72	80	66
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre								
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mai	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	19,0	26,0	23,7	26,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,40	8,21	8,03	8,21	8,40	8,03
OD	mg/L	5	8,1	8,4	7,9	8,1	8,4	7,9
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	IMP/100 m	1000	3.000	130	30	1053	3000	30
Nitrogênio total	mg/L	-	0,13	0,32	0,29	0,25	0,32	0,13
Fosf.total	mg/L	0,025	0,074	0,037	0,034	0,048	0,074	0,034
Res.total	mg/L	-	242	196	251	230	251	196
Turbidez	UNT	100	3,00	1,00	3,00	2,33	3,00	1,00
IQA	-	-	68	79	84	77	84	68
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal								
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mai	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	20,0	27,0	24,3	27,0	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,17	8,19	8,02	8,13	8,19	8,02
OD	mg/L	5	8,6	8,2	7,7	8,2	8,6	7,7
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	IMP/100 m	1000	700	170	300	390	700	170
Nitrogênio total	mg/L	-	0,03	0,60	0,58	0,40	0,60	0,03
Fosf.total	mg/L	0,025	0,102	0,022	0,027	0,050	0,102	0,022
Res.total	mg/L	-	213	201	376	263	376	201
Turbidez	UNT	100	2,00	1,00	4,00	2,33	4,00	1,00
IQA	-	-	72	78	75	75	78	72
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente								
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mai	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	25,0	21,0	24,0	23,3	25,0	21,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,75	8,16	7,47	7,79	8,16	7,47
OD	mg/L	5	6,7	7,5	7,0	7,1	7,5	6,7
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	IMP/100 m	1000	800	300	11.000	4033	11000	300
Nitrogênio total	mg/L	-	0,22	0,38	0,53	0,38	0,53	0,22
Fosf.total	mg/L	0,025	0,086	0,031	0,038	0,052	0,086	0,031
Res.total	mg/L	-	240	196	278	238	278	196
Turbidez	UNT	100	3,00	4,00	1,00	2,67	4,00	1,00
IQA	-	-	72	76	63	70	76	63

Tabela 4 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2000.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	22,0	20,0	24,0	26,0	24,0	16,0	18,0	22,0	25,0	27,0	22,4	27,0	16,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,86	7,98	8,24	8,29	8,28	7,94	8,42	8,05	7,95	8,28	8,127	8,42	7,86
OD	mg/L	5	6,9	8,2	7,4	7,3	8,0	7,4	7,6	8,2	8,4	7,1	7,7	8,4	6,9
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,4	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	16000	110	170	5000	130	130	110	50	280	1400	374,7	16000	50
Nitrogênio total	mg/L	-	0,91	0,64	0,73	0,81	0,29	0,32	0,40	0,42	1,08	0,19	0,579	1,08	0,19
Fosf.total	mg/L	0,025	0,160	0,084	0,043	0,117	0,026	0,048	0,087	0,026	0,148	0,041	0,078	0,160	0,026
Res.total	mg/L	-	391	215	252	277	238	264	277	264	323	187	268,8	391	187
Turbidez	UNT	100	191,00	6,00	4,00	52,00	2,00	12,00	16,00	4,00	3,00	11,10	30,11	191,00	2,00
IQA	-	-	45	78	76	59	79	75	74	81	72	69	71	81	45
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,5	21,0	23,0	22,0	24,0	16,0	16,0	21,0	25,0	25,0	21,5	25,0	16,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,80	7,98	8,04	8,03	8,20	8,00	8,21	7,95	8,05	8,20	8,05	8,21	7,80
OD	mg/L	5	8,5	7,0	8,5	8,0	8,2	7,8	8,1	9,2	8,6	7,9	8,2	9,2	7,0
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0	0,0	2,0	1,3	3,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	1300	230	110	50000	800	220	300	170	30	80	358,9	50000	30
Nitrogênio total	mg/L	-	0,65	0,32	0,85	2,42	0,44	0,37	0,84	0,33	0,32	0,25	0,679	2,42	0,25
Fosf.total	mg/L	0,025	0,061	0,097	0,052	0,406	0,026	0,030	0,089	0,031	0,022	0,080	0,089	0,406	0,022
Res.total	mg/L	-	256	201	232	813	270	263	321	272	227	200	305,5	813	200
Turbidez	UNT	100	36,00	7,00	4,00	#####	3,00	10,00	13,00	2,00	1,00	2,82	93,48	856,00	1,00
IQA	-	-	68	74	78	38	73	75	71	78	84	79	72	84	38
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,0	20,0	24,0	21,0	22,0	14,0	17,0	21,0	24,0	25,0	20,9	25,0	14,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,00	8,40	8,04	7,97	7,95	7,90	8,12	7,70	8,15	7,96	8,02	8,40	7,70
OD	mg/L	5	8,10	7,50	7,80	7,30	8,10	7,10	7,60	8,80	8,10	8,00	7,84	8,80	7,10
DBO (5,20)	mg/L	5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,90	1,00	0,00
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	220	300	110	3000	130	500	300	110	80	80	222,6	3000	80
Nitrogênio total	mg/L	-	0,54	0,41	0,48	0,49	0,30	0,19	0,13	0,26	0,22	0,20	0,32	0,54	0,13
Fosf.total	mg/L	0,025	0,005	0,095	0,000	0,025	0,022	0,012	0,035	0,019	0,013	0,040	0,027	0,095	0,000
Res.total	mg/L	-	264	209	251	155	238	239	325	242	248	208	237,9	325	155
Turbidez	UNT	100	2,00	6,00	4,00	12,00	0,00	11,00	10,00	1,00	1,00	1,03	4,80	12,00	0,00
IQA	-	-	78	74	80	67	80	71	74	81	82	82	77	82	67
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	24,5	19,0	22,0	20,0	21,0	14,0	16,0	21,0	23,0	25,0	20,6	25,0	14,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,76	7,62	7,72	7,69	7,72	7,78	7,87	7,60	7,80	7,86	7,74	7,87	7,60
OD	mg/L	5	7,2	7,3	6,9	7,0	7,2	7,2	7,3	7,9	7,2	7,2	7,2	7,9	6,9
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,3	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	800	90000	700	500	230	500	70	220	500	700	659,7	90000	70
Nitrogênio total	mg/L	-	0,00	0,18	0,19	0,42	0,38	0,18	0,00	0,40	0,07	0,23	0,21	0,42	0,00
Fosf.total	mg/L	0,025	0,013	0,099	0,051	0,043	0,022	0,030	0,020	0,035	0,021	0,074	0,041	0,099	0,013
Res.total	mg/L	-	283	221	282	213	269	258	311	280	261	285	266	311	213
Turbidez	UNT	100	2,00	7,00		14,00	2,00	9,00	12,00	3,00	2,00	2,00	5,89	14,00	2,00
IQA	-	-	73	55	72	73	75	71	77	77	75	71	72	77	55

Tabela 5 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2001.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	29,0	29,0	26,0	22,0	23,0	19,0	21,0	25,0	24,3	29,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,26	8,94	8,76	9,14	8,78	8,84	9,05	8,83	8,82	9,14	8,26
OD	mg/L	5	7,5	7,4	6,3	9,3	6,1	9,5	9,5	8,0	8,0	9,5	6,1
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,3	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	500	220	300	300	80	500	130	40	195	500	40
Nitrogênio total	mg/L	-	0,00	0,25	0,47	0,38	0,12	0,09	0,06	0,14	0,19	0,47	0,00
Fosf. total	mg/L	0,025	0,050	0,017	0,034	0,057	0,028	0,007	0,006	0,358	0,070	0,358	0,006
Res. total	mg/L	-	175	219	249	218	230	200	206	190	211	249	175
Turbidez	UNT	100	3,72	14,00	27,30	4,82	6,19	9,50	1,08	4,82	8,93	27,30	1,08
IQA	-	-	75	73	68	70	73	71	74	71	72	75	68
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	29,0	26,0	26,0	20,0	22,0	19,0	21,0	25,0	23,5	29,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,19	8,78	8,83	9,06	8,89	8,82	8,99	8,71	8,78	9,06	8,19
OD	mg/L	5	7,5	7,7	7,6	9,0	8,5	9,7	10,4	8,0	8,6	10,4	7,5
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	1,5	5,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	300	300	220	140	110	110	40	159	300	40
Nitrogênio total	mg/L	-	0,02	0,20	0,23	0,11	0,12	0,04	0,06	0,08	0,11	0,23	0,02
Fosf. total	mg/L	0,025	0,055	0,004	0,031	0,029	0,020	zero	0,017	0,042	0,028	0,055	0,004
Res. total	mg/L	-	184	210	232	233	299	223	216	211	226	299	184
Turbidez	UNT	100	3,90	3,00	4,40	3,03	1,98	4,00	1,50	1,23	2,88	4,40	1,23
IQA	-	-	77	74	73	72	75	76	70	80	75	80	70
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	26,0	24,5	21,0	22,0	20,0	21,5	25,0	23,3	26,0	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,00	8,63	8,58	8,80	8,75	8,77	8,87	8,71	8,63	8,87	8,00
OD	mg/L	5	7,3	12,8	7,3	8,8	8,0	11,3	9,6	8,0	9,1	12,8	7,3
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	1,0	1,3	3,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	80	80	80	80	80	2	40	230	53	230	2
Nitrogênio total	mg/L	-	0,00	0,12	0,21	0,19	0,04	0,00	0,09	0,02	0,08	0,21	0,00
Fosf. total	mg/L	0,025	0,071	zero	0,020	0,022	0,013	0,014	0,002	0,091	0,033	0,091	0,002
Res. total	mg/L	-	178	194	216	223	283	221	212	207	217	283	178
Turbidez	UNT	100	1,17	2,00	1,61	1,97	1,98	1,40	1,07	0,77	1,50	2,00	0,77
IQA	-	-	81	71	79	77	78	85	76	74	78	85	71
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	24,0	23,0	23,0	22,0	22,5	21,5	21,0	23,0	22,5	24,0	21,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,85	8,10	8,32	6,62	8,50	8,43	8,40	8,41	8,06	8,50	6,62
OD	mg/L	5	6,7	5,2	6,3	8,0	7,0	8,7	7,8	6,7	7,1	8,7	5,2
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	zero	zero	1,0	1,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	280	300	220	700	300	300	300	1100	374	1100	220
Nitrogênio total	mg/L	-	0,02	0,19	0,34	0,25	0,15	0,04	0,07	0,13	0,15	0,34	0,02
Fosf. total	mg/L	0,025	0,055	0,002	0,019	0,039	0,018	zero	0,028	0,093	0,036	0,093	0,002
Res. total	mg/L	-	247	229	266	268	324	222	219	222	250	324	219
Turbidez	UNT	100	3,39	2,00	3,62	2,59	3,63	2,90	1,48	178,00	24,70	178,00	1,48
IQA	-	-	76	72	76	73	74	78	77	70	75	78	70

Tabela 6 – Dados de qualidade das águas do Rio Formoso, ano 2002.

Ponto: FO2000 - Rio Formoso, na foz												
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	27,0	26,0	24,0	20,0	20,0	23,0	29,0	24,1	29,0	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,40	8,40	8,40	8,70	8,40	8,00	8,30	8,37	8,70	8,00
OD	mg/L	5	7,9	7,4	8,2	7,6	9,3	8,5	9,0	8,3	9,3	7,4
DBO (5,20)	mg/L	5	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	1,0	1,0	0,7	2,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	170	1100	40	80	90	130	20	105	1100	20
Nitrogênio total	mg/L	-	0,27	0,20	0,20	0,33	0,40	0,32	1,68	0,49	1,68	0,20
Fosf.total	mg/L	0,025	0,053	0,035	0,229	0,053	0,042	0,153	0,014	0,083	0,229	0,014
Res.total	mg/L	-	205	214	226	227	229	223	174	214	229	174
Turbidez	UNT	100	2,40	5,52	2,54	2,76	4,88	3,29	6,14	3,93	6,14	2,40
IQA	-	-	79	72	80	76	80	78	79	78	80	72
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre												
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	26,0	25,0	20,0	19,0	21,6	28,0	23,7	28,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,30	8,10	9,00	8,50	8,10	8,10	8,20	8,32	9,00	8,10
OD	mg/L	5	7,8	7,6	7,9	8,5	9,3	9,1	9,8	8,6	9,8	7,6
DBO (5,20)	mg/L	5	0,0	0,0	1,0	2,0	0,0	2,0	1,0	0,9	2,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	1300	330	800	80	130	70	130	228	1300	70
Nitrogênio total	mg/L	-	0,28	0,25	0,35	0,49	0,60	0,34	0,50	0,40	0,60	0,25
Fosf.total	mg/L	0,025	0,021	0,027	0,068	0,046	0,040	0,015	0,006	0,032	0,068	0,006
Res.total	mg/L	-	221	224	226	245	238	255	194	229	255	194
Turbidez	UNT	100	1,37	4,24	1,55	1,15	1,54	0,99	1,50	1,76	4,24	0,99
IQA	-	-	7	77	68	78	80	81	80	67	81	7
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal												
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	26,0	23,0	19,0	20,0	21,0	24,0	22,7	26,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,20	8,30	8,80	8,20	8,20	8,20	8,90	8,40	8,90	8,20
OD	mg/L	5	7,6	7,8	7,4	8,6	10,1	8,8	10,1	8,6	10,1	7,4
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	0,0	2,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,9	2,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	110	110	40	41	1100	220	146	1100	40
Nitrogênio total	mg/L	-	0,15	0,19	0,28	0,33	0,35	0,21	0,62	0,30	0,62	0,15
Fosf.total	mg/L	0,025	0,012	0,028	0,043	0,040	0,035	0,027	0,174	0,051	0,174	0,012
Res.total	mg/L	-	206	222	232	255	229	245	210	228	255	206
Turbidez	UNT	100	1,70	1,70	1,11	2,28	1,65	0,62	0,98	1,43	2,28	0,62
IQA	-	-	78	81	74	83	82	73	69	77	83	69
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente												
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	24,5	25,0	24,0	19,5	20,0	24,0	23,0	22,9	25,0	19,5
pH	-	6,0 a 9,0	8,00	8,10	8,80	8,00	8,00	7,90	7,80	8,08	8,80	7,80
OD	mg/L	5	6,2	6,4	7,0	7,0	8,1	7,3	6,9	7,0	8,1	6,2
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,3	1,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	330	300	230	700	700	300	373	700	230
Nitrogênio total	mg/L	-	0,15	0,27	0,54	0,67	0,63	0,52	0,84	0,52	0,84	0,15
Fosf.total	mg/L	0,025	0,012	0,046	0,045	0,044	0,140	0,017	0,009	0,045	0,140	0,009
Res.total	mg/L	-	206	229	257	259	242	245	223	237	259	206
Turbidez	UNT	100	3,39	2,87	3,86	2,56	3,43	2,13	4,83	3,30	4,83	2,13
IQA	-	-	76	75	72	76	72	74	76	74	76	72

Tabela 7 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1996.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz											
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	ago	out	nov	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	21,0	22,0	23,0	24,0	22,5	24,0	21,0		
pH	-	6,0 a 9,0	8,30	7,90	7,90	7,90	8,00	8,30	7,90		
OD	mg/L	5	7,5	5,4	5,5	6,1	6,1	7,5	5,4		
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	3,0	1,0	1,5	3,0	1,0		
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	500	270	3000	3000	1050	3000	270		
Nitrogênio total	mg/L	-	0,27	0,31	0,29	0,03	0,22	0,31	0,03		
Fosf. total	mg/L	0,025	0,030	0,040	0,030	1,140	0,310	1,140	0,030		
Res. total	mg/L	-	272	235	231	257	249	272	231		
Turbidez	UNT	100	13,00	12,00	22,00	15,00	15,50	22,00	12,00		
IQA	-	-	72	70	61	53	64	72	53		
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro											
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	19,0	22,0	23,0	24,0	25,0	27,0	23,3	27,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,90	7,90	8,10	8,10	7,80	7,80	7,93	8,10	7,80
OD	mg/L	5	7,8	5,1	7,1	4,3	5,4	3,9	5,6	7,8	3,9
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,7	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	5000	3000	1400	7000	5000	1700	3282	7000	1400
Nitrogênio total	mg/L	-	1,26	0,60	0,21	1,12	0,65	1,03	0,81	1,26	0,21
Fosf. total	mg/L	0,025	0,090	0,180	0,150	0,090	0,377	0,366	0,209	0,377	0,090
Res. total	mg/L	-	467	366	278	451	343	377	380	467	278
Turbidez	UNT	100	11,00	12,00	12,00	8,00	10,00	12,00	10,83	12,00	8,00
IQA	-	-	60	58	66	53	57	47	57	66	47
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga											
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	19,0	23,0	21,0	23,0	26,0	25,0	22,8	26,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,90	7,50	7,50	7,60	7,40	7,50	7,57	7,90	7,40
OD	mg/L	5	3,9	0,7	2,2	3,9	0,9	1,8	2,2	3,9	0,7
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	6,0	4,0	3,0	8,0	3,0	4,3	8,0	2,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	160000	160000	16000	30000	1600000	130000	116929	1600000	16000
Nitrogênio total	mg/L	-	2,12	3,94	3,60	1,01	5,70	4,80	3,53	5,70	1,01
Fosf. total	mg/L	0,025	0,380	0,900	0,770	1,090	2,910	0,680	1,122	2,910	0,380
Res. total	mg/L	-	380	359	359	295	385	382	360	385	295
Turbidez	UNT	100	16,00	20,00	10,00	16,00	20,00	13,00	15,83	20,00	10,00
IQA	-	-	38	25	37	43	22	31	33	43	22

Tabela 8 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1997.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz														
Parâmetro	unidade	padrão*	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	20,7	19,0	20,5	24,0	24,5	24,0	27,0	22,8	27,0	19,0		
pH	-	6,0 a 9,0	8,07	8,28	8,22	8,25	8,21	8,01	7,95	8,14	8,28	7,95		
OD	mg/L	5	7,0	7,6	8,4	9,6	7,7	6,1	6,8	7,6	9,6	6,1		
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	3,0	1,0		
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	16.000	3000	300	500	70	1.700	2.300	3410	16000	70		
Nitrogênio total	mg/L	-	1,03	0,55	0,10	0,10	0,58	0,62	0,25	0,46	1,03	0,10		
Fosf. total	mg/L	0,025	0,120	0,075	0,069	0,095	0,070	0,098	0,007	0,076	0,120	0,007		
Res. total	mg/L	-	315	309	270	294	304	241	223	279	315	223		
Turbidez	UNT	100	43,00	1,00	1,00	1,00	22,00	1,00	3,00	10,29	43,00	1,00		
IQA	-	-	55	64	74	72	76	68	70	68	76	55		
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro														
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	25,7	20,9	16,1	19,8	18,3	23,8	22,1	23,0	28,0	22,0	28,0	16,1
pH	-	6,0 a 9,0	8,12	8,47	8,35	8,18	8,57	7,98	8,22	8,00	7,89	8,20	8,57	7,89
OD	mg/L	5	6,6	6,8	7,6	6,9	10,8	4,8	6,7	6,5	6,5	7,0	10,8	4,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	3,0	2,0	5,0	4,0	1,0	1,0	1,0	4,0	2,4	5,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	90.000	5.000	50.000	11.000	2.300	3.000	3.000	50.000	300.000	57144	300000	2300
Nitrogênio total	mg/L	-	1,10	1,00	1,27	0,48	0,05	0,60	0,96	0,10	0,98	0,73	1,27	0,05
Fosf. total	mg/L	0,025	0,120	0,160	0,210	0,136	0,013	0,336	0,195	0,090	0,940	0,244	0,940	0,013
Res. total	mg/L	-	306	351	362	332	296	347	342	263	227	314	362	227
Turbidez	UNT	100	8,00	8,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00	3,56	8,00	1,00
IQA	-	-	52	60	51	59	64	54	63	57	43	56	64	43
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga														
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-		20,6	15,9	21,7	19,7	26,7	26,1	23,0	28,0	22,7	28,0	15,9
pH	-	6,0 a 9,0		8,39	8,18	7,70	8,06	7,69	7,75	7,70	7,76	7,90	8,39	7,69
OD	mg/L	5		6,5	5,5	2,8	3,8	0,6	1,4	2,4	6,3	3,7	6,5	0,6
DBO (5,20)	mg/L	5		2,0	1,0	5,0	4,0	8,0	4,0	13,0	5,0	5,3	13,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000		50.000	160.000	900.000	300.000	900.000	5.000.000	1.700.000	500.000	1188750	5000000	50000
Nitrogênio total	mg/L	-		0,91	3,76	3,06	4,47	20,20	4,46	4,82	7,27	6,12	20,20	0,91
Fosf. total	mg/L	0,025		0,130	0,354	1,640	0,034	2,620	0,840	0,645	0,172	0,804	2,620	0,034
Res. total	mg/L	-		316	394	410	340	388	430	374	320	372	430	316
Turbidez	UNT	100		8,00	10,00	1,00	2,00	3,00	3,00	1,00	9,00	4,63	10,00	1,00
IQA	-	-		53	43	31	37	21	30	31	46	37	53	21
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, na nascente														
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,7	19,7	17,0	19,2	18,0	23,2	22,2	22,0	28,0	21,8	28,0	17,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,15	8,46	8,28	8,47	8,46	7,95	8,00	7,90	8,09	8,20	8,47	7,90
OD	mg/L	5	7,2	7,3	8,8	8,2	8,0	5,7	6,6	5,9	7,5	7,2	8,8	5,7
DBO (5,20)	mg/L	5	*	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,4	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	*	300	34	110	900	800	240	2400	90000	11848	90000	34
Nitrogênio total	mg/L	-	*	0,37	0,01	0,02	0,05	0,08	0,12	0,16	1,01	0,23	1,01	0,01
Fosf. total	mg/L	0,025	*	0,040	0,081	0,076	zero	0,028	0,050	zero	zero	0,055	0,081	0,028
Res. total	mg/L	-	*	333	332	316	305	357	377	346	197	320	377	197
Turbidez	UNT	100	*	10,00	10,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	8,00	4,25	10,00	1,00
IQA	-	-	*	72	79	76	72	68	74	66	56	70	79	56

Tabela 9 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1998.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz													
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,5	27,0	21,5	18,0	21,0	20,0	22,0	22,0	22,3	27,0	18,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,01	7,59	7,88	8,02	8,21	7,90	8,12	8,02	7,97	8,21	7,59
OD	mg/L	5	6,3	6,0	5,5	8,0	7,8	6,4	7,4	6,7	6,8	8,0	5,5
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,1	3,0	2,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	3.000	50000	2400	9.000	1.100	300	2.400	130	8541	50000	130
Nitrogênio total	mg/L	-	0,43	0,75	0,74	0,57	0,55	0,60	0,46	0,46	0,57	0,75	0,43
Fosf.total	mg/L	0,025	0,020	0,100	0,000	0,090	0,065	0,065	0,049	0,007	0,050	0,100	0,000
Res.total	mg/L	-	190	213	215	267	292	315	296	150	242	315	150
Turbidez	UNT	100	4,00	66,00	5,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	10,38	66,00	1,00
IQA	-	-	67	51	65	62	70	72	67	77	66	77	51
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro													
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	26,0	26,0	20,0	19,0	20,5	20,0	24,0	23,0	22,3	26,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,37	7,50	8,10	8,06	8,21	7,91	8,10	7,93	7,90	8,21	7,37
OD	mg/L	5	5,8	6,3	6,0	7,8	7,6	7,4	7,1	5,9	6,7	7,8	5,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0	2,0	1,8	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	80.000	22.000	5.000	16.000	2.800	2.400	30.000	50.000	26025	80000	2400
Nitrogênio total	mg/L	-	1,70	1,12	0,25	2,29	0,91	1,70	1,10	3,58	1,58	3,58	0,25
Fosf.total	mg/L	0,025	0,156	0,113	0,000	0,363	0,072	0,275	0,152	5,110	0,780	5,110	0,000
Res.total	mg/L	-	314	212	203	333	306	369	353	107	275	369	107
Turbidez	UNT	100	4,00	78,00	12,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	12,63	78,00	1,00
IQA	-	-	53	52	62	55	66	62	56	42	56	66	42
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga													
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	27,0	28,0	22,0	21,0	22,5	19,0	23,0	22,0	23,1	28,0	19,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,61	7,85	7,81	7,73	7,73	7,61	7,62	7,66	7,70	7,85	7,61
OD	mg/L	5	4,4	6,5	5,8	5,1	2,3	2,7	4,3	2,2	4,2	6,5	2,2
DBO (5,20)	mg/L	5	4,0	4,0	5,0	6,0	11,0	6,0	4,0	6,0	5,8	11,0	4,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300.000	300.000	800.000	160.000	130.000	230.000	230.000	800.000	368750	800000	130000
Nitrogênio total	mg/L	-	3,68	0,78	4,50	8,92	5,19	7,14	2,33	4,31	4,61	8,92	0,78
Fosf.total	mg/L	0,025	0,650	0,160	0,357	0,540	0,880	0,906	2,690	6,420	1,575	6,420	0,160
Res.total	mg/L	-	341	247	339	365	413	424	387	669	398	669	247
Turbidez	UNT	100	6,00	42,00	39,00	5,00	2,00	6,00	4,00	5,00	13,63	42,00	2,00
IQA	-	-	40	48	41	39	30	31	34	26	36	48	26
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, na nascente													
Parâmetro	unidade	padrão*	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	28,0	26,5	22,0	19,0	20,0	18,0	19,0	21,0	21,7	28,0	18,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,99	7,99	8,06	7,93	8,00	7,98	8,00	7,96	7,99	8,06	7,93
OD	mg/L	5	7,9	6,8	5,4	8,2	8,3	7,4	7,2	7,2	7,3	8,3	5,4
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,4	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	1400	24000	500	700	230	800	230	7000	4358	24000	230
Nitrogênio total	mg/L	-	0,14	0,01	0,18	0,00	0,12	0,16	0,00	0,07	0,09	0,18	0,00
Fosf.total	mg/L	0,025	0,007	0,033	0,000	0,018	0,005	0,000	0,068	0,000	0,016	0,068	0,000
Res.total	mg/L	-	260	216	246	287	352	370	334	275	293	370	216
Turbidez	UNT	100	4,00	24,00	6,00	4,00	3,00	2,00	3,00	4,00	6,25	24,00	2,00
IQA	-	-	72	58	70	73	75	70	74	64	70	75	58

Tabela 10 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 1999.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz										
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	maio	out	média	máximo	mínimo	
Temperatura água	°C	-	27,0	25,0	17,0	30,0	24,8	30,0	17,0	
pH	-	6,0 a 9,0	8,15	8,12	7,97	8,30	8,14	8,30	7,97	
OD	mg/L	5	6,3	7,5	7,7	7,0	7,1	7,7	6,3	
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	2,0	1,3	2,0	1,0	
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	13.000	23.000	170	70	9060	23000	70	
Nitrogênio total	mg/L	-	0,36	0,47	0,11	0,57	0,38	0,57	0,11	
Fosf.total	mg/L	0,025	0,000	0,080	0,024	0,043	0,037	0,080	0,000	
Res.total	mg/L	-	283	295	250	223	263	295	223	
Turbidez	UNT	100	5,00	13,00	2,00	3,00	5,75	13,00	2,00	
IQA			62	58	77	80	69	80	58	
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro										
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	maio	jul	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	27,0	27,0	17,0	18,0	26,0	23,0	27,0	17,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,09	8,12	7,92	7,93	8,05	8,02	8,12	7,92
OD	mg/L	5	6,2	7,5	7,2	7,1	1,8	6,0	7,5	1,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	2,0	5,0	2,0	5,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300.000	50.000	3.000	1.700	5.000	71940	300000	1700
Nitrogênio total	mg/L	-	0,87	1,06	1,47	1,27	11,09	3,15	11,09	0,87
Fosf.total	mg/L	0,025	0,128	0,142	0,254	0,263	2,750	0,707	2,750	0,128
Res.total	mg/L	-	333	360	323	374	470	372	470	323
Turbidez	UNT	100	3,00	4,00	4,00	5,00	20,00	7,20	20,00	3,00
IQA			51	55	61	62	30	52	62	30
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga										
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	maio	jul	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	28,0	26,0	18,0	20,0	26,0	23,6	28,0	18,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,92	7,82	7,83	7,72	7,79	7,82	7,92	7,72
OD	mg/L	5	3,4	5,5	2,2	2,1	0,2	2,7	5,5	0,2
DBO (5,20)	mg/L	5	4,0	2,0	8,0	12,0	25,0	10,2	25,0	2,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	5.000.000	5.000.000	2.300.000	280.000	30.000.000	8516000	30000000	280000
Nitrogênio total	mg/L	-	3,62	1,75	14,83	10,31	17,69	9,64	17,69	1,75
Fosf.total	mg/L	0,025	0,127	0,147	2,050	1,544	3,417	1,457	3,417	0,127
Res.total	mg/L	-	383	375	414	451	642	453	642	375
Turbidez	UNT	100	6,00	6,00	15,00	16,00	23,00	13,20	23,00	6,00
IQA			41	48	25	25	15	31	48	15
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, na nascente										
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	maio	jul	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	28,0	27,0	17,0	18,0	23,0	22,6	28,0	17,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,08	7,95	8,12	8,12	7,80	8,01	8,12	7,80
OD	mg/L	5	7,1	7,8	8,6	9,2	3,6	7,3	9,2	3,6
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,2	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	500	300	220	300	700	404	700	220
Nitrogênio total	mg/L	-	0,00	0,03	0,30	0,28	0,16	0,15	0,30	0,00
Fosf.total	mg/L	0,025	0,000	0,360	0,024	0,060	0,036	0,096	0,360	0,000
Res.total	mg/L	-	296	318	335	393	359	340	393	296
Turbidez	UNT	100	5,00	6,00	3,00	2,00	2,00	3,60	6,00	2,00
IQA			74	76	77	74	61	72	77	61

Tabela 11 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2000.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,5	20,0	23,0	24,0	23,0	16,0	16,0	21,5	27,0	25,0	21,7	27,0	16,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,66	8,00	8,05	8,11	7,93	8,00	8,31	7,75	8,25	8,05	8,01	8,31	7,66
OD	mg/L	5	6,9	6,9	7,2	7,4	7,1	7,3	7,5	7,7	8,3	6,9	7,3	8,3	6,9
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	3,0	1,0	2,0	5,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,8	5,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	9.000	600	500	50.000	1.300	30.000	3.000	3.000	50	5.000	2555	50000	50
Nitrogênio total	mg/L	-	1,06	0,88	0,70	1,68	0,92	1,89	0,16	0,90	0,10	0,71	0,90	1,89	0,10
Fosf.total	mg/L	0,025	0,210	0,224	0,091	0,289	0,084	0,220	0,227	0,090	0,062	0,082	0,158	0,289	0,062
Res.total	mg/L	-	321	270	341	439	324	401	318	304	239	271	323	439	239
Turbidez	UNT	100	247,00	7,00	3,00	476,00	5,00	64,00	12,00	9,00	5,00	7,36	83,54	476,00	3,00
IQA	-	-	47	67	70	40	67	46	61	66	81	63	61	81	40
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	25,0	27,0	24,0	24,0	23,0	20,0	21,0	17,0	26,0	26,0	23,3	27,0	17,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,88	7,83	8,13	8,13	7,84	7,93	8,09	7,89	7,58	8,52	7,98	7,98	7,58
OD	mg/L	5	4,6	3,8	7,3	6,7	6,4	7,5	7,2	6,2	5,4	6,7	6,2	7,5	3,8
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	9,0	2,0	7,0	1,0	1,0	10,0	3,0	3,0	2,0	3,9	10,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	50.000	500.000	23.000	30.000	800	9.000	5.000	1.700	300	2.300	7696	7696	300
Nitrogênio total	mg/L	-	0,81	7,55	0,60	0,73	0,16	0,49	0,81	0,09	1,29	0,50	1,30	7,55	0,09
Fosf.total	mg/L	0,025	1,360	2,254	0,201	0,141	0,022	0,220	0,387	0,036	0,953	0,230	0,580	2,254	0,022
Res.total	mg/L	-	410	267	388	315	390	358	401	376	340	299	354	410	267
Turbidez	UNT	100	9,00	9,00	4,00	16,00	4,00	4,20	5,52	43,00	14,00	4,17	11,29	43,00	4,00
IQA	-	-	36	31	55	46	69	58	51	60	50	62	52	69	31
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	22,0	28,0	24,0	26,0	24,0	21,0	21,0	17,0	27,0	25,0	23,5	28,0	17,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,66	7,77	7,76	8,29	8,13	7,74	7,78	8,18	7,68	8,18	7,91	8,29	7,66
OD	mg/L	5	2,0	0,9	2,4	7,3	5,8	5,8	5,8	5,9	6,4	5,1	4,7	7,3	0,9
DBO (5,20)	mg/L	5	3,0	13,0	4,0	3,0	5,0	6,0	8,0	3,0	3,0	18,0	6,6	18,0	3,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	350.000	11.000.000	2.300.000	2.400.000	170.000	80.000	220.000	70.000	170.000	300.000	432119	11000000	70000
Nitrogênio total	mg/L	-	12,57	22,71	4,18	1,74	7,00	5,20	9,35	0,73	0,18	4,39	6,81	22,71	0,18
Fosf.total	mg/L	0,025	2,216	3,205	0,452	0,261	1,100	0,940	1,464	0,088	0,057	0,689	1,047	3,205	0,057
Res.total	mg/L	-	400	551	422	311	468	387	446	404	426	410	423	551	311
Turbidez	UNT	100	5,00	25,00	8,00	14,00	9,00	4,00	8,00	29,00	3,00	6,12	11,11	29,00	3,00
IQA	-	-	27	19	33	26	43	40	33	48	50	34	35	50	19
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, próximo a nascente															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	21,0	23,0	24,0	24,0	23,0	20,0	19,0	18,0	24,0	24,0	22,0	24,0	18,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,88	7,98	7,99	7,75	7,21	7,68	7,86	7,92	8,22	8,37	7,88	8,37	7,21
OD	mg/L	5	7,4	6,7	8,1	7,2	6,7	7,7	8,8	7,2	7,3	7,1	7,4	8,8	6,7
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	4,0	2,0	3,0	1,5	4,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	700	230	300	1.100	500	230	300	800	800	300	451	1100	230
Nitrogênio total	mg/L	-	0,18	0,31	0,29	1,27	0,50	0,25	0,43	0,53	0,20	0,50	0,45	1,27	0,18
Fosf.total	mg/L	0,025	0,099	0,095	0,026	0,043	0,022	0,044	0,050	0,021	0,033	0,000	0,043	0,099	0,000
Res.total	mg/L	-	384	365	337	261	393	344	369	387	298	377	352	393	261
Turbidez	UNT	100	1,00	1,00	1,00	11,00	2,00	2,00	1,00	19,00	2,00	5,58	4,56	19,00	1,00
IQA	-	-	70	73	76	71	73	76	76	65	69	72	72	76	65

Tabela 12 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2001.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz															
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	26,0	26,0	26,0	21,0	22,5	21,0	22,0	24,0	23,6	26,0	21,0		
pH	-	6,0 a 9,0	8,17	8,59	8,76	8,84	8,68	8,65	8,69	8,57	8,62	8,84	8,17		
OD	mg/L	5	6,8	6,7	6,3	8,9	6,9	10,1	8,2	6,9	7,6	10,1	6,3		
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	2,0	1,0		
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	5.000	7000	300	900	1.100	1.300	2.300	500	2300	7000	300		
Nitrogênio total	mg/L	-	0,16	0,19	0,47	0,13	0,08	0,05	0,19	0,08	0,17	0,47	0,05		
Fosf.total	mg/L	0,025	0,135	0,113	0,034	0,143	0,100	0,108	0,181	0,298	0,139	0,298	0,034		
Res.total	mg/L	-	267	280	249	307	323	297	295	268	286	323	249		
Turbidez	UNT	100	5,97	5,00	27,30	2,97	3,26	3,80	2,01	1,88	6,52	27,30	1,88		
IQA	-	-	64	61	68	67	66	67	64	66	65	68	61		
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro															
Parâmetro	unidade	padrão*	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	25,0	25,0	27,0	25,0	18,5	22,0	23,0	14,0	23,0	23,4	22,6	27,0	14,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,42	8,72	8,19	8,45	8,70	8,89	8,58	8,26	7,88	8,07	8,42	8,89	7,88
OD	mg/L	5	5,2	6,5	5,7	7,9	7,1	7,5	5,8	4,4	3,7	6,5	6,0	7,9	3,7
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	2,0	3,0	5,0	1,0	2,0	5,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	80.000	11.000	17.000	8.000	3000	13.000	2.200	30.000	8000	16.000	18820	80000	2200
Nitrogênio total	mg/L	-	6,14	0,40	1,61	0,20	0,35	0,61	0,42	0,19	7,81	0,50	1,82	7,81	0,19
Fosf.total	mg/L	0,025	1,241	0,163	0,492	0,199	0,250	0,294	0,380	0,138	2,026	0,352	0,554	2,026	0,138
Res.total	mg/L	-	356	327	365	416	325	376	354	392	402	367	368	416	325
Turbidez	UNT	100	5,06	15,50	4,26	4,40	3,12	3,65	3,19	1,84	2,16	2,78	4,60	15,50	1,84
IQA	-	-	40	55	50	58	58	52	57	46	36	54	51	58	36
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga															
Parâmetro	unidade	padrão*	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	27,0	24,5	28,0	27,0	23,0	22,0	23,0	15,0	23,0	23,1	23,6	28,0	15,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,33	8,40	8,43	8,10	8,33	8,48	8,35	8,14	7,67	7,82	8,21	8,48	7,67
OD	mg/L	5	4,8	5,4	3,6	5,4	4,6	8,2	4,6	4,4	2,6	4,7	4,8	8,2	2,6
DBO (5,20)	mg/L	5	3,0	*	4,0	5,0	16,0	11,0	7,0	5,0	4,0	5,0	6,7	16,0	3,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300.000	800.000	1.300.000	300.000	500.000	3.000.000	5.000.000	800.000	230.000	230.000	1246000	5000000	230000
Nitrogênio total	mg/L	-	32,02	15,28	16,59	6,86	23,84	12,22	12,28	9,12	14,88	7,40	15,05	32,02	6,86
Fosf.total	mg/L	0,025	3,243	1,446	2,227	1,189	2,187	1,710	1,800	1,666	2,858	1,234	1,956	3,243	1,189
Res.total	mg/L	-	403	381	432	388	409	451	458	437	427	412	420	458	381
Turbidez	UNT	100	8,10	9,54	9,03	7,18	114,00	17,70	6,16	4,23	4,40	3,55	18,39	114,00	3,55
IQA	-	-	30	34	30	37	22	33	32	31	27	35	31	37	22
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, na nascente															
Parâmetro	unidade	padrão*	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	24,0	24,0	26,0	23,5	19,0	22,0	20,0	12,0	21,0	22,0	21,4	26,0	12,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,53	8,51	8,06	8,06	8,53	8,48	8,51	8,33	7,84	8,01	8,29	8,53	7,84
OD	mg/L	5	7,5	6,6	7,4	8,1	7,6	8,2	7,5	8,2	5,2	7,5	7,4	8,2	5,2
DBO (5,20)	mg/L	5	2,0	1,0	1,0	zero	1,0	zero	2,0	1,0	1,0	zero	1,3	2,0	1,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	300	230	500	1.100	140	500	500	300	1.300	230	510	1300	140
Nitrogênio total	mg/L	-	0,03	0,15	0,09	0,17	zero	0,07	0,10	0,10	0,06	0,25	0,11	0,25	0,03
Fosf.total	mg/L	0,025	0,044	0,022	0,021	0,036	0,016	0,020	0,034	0,034	0,033	0,019	0,028	0,044	0,016
Res.total	mg/L	-	342	323	410	372	361	402	370	363	355	323	362	410	323
Turbidez	UNT	100	2,35	3,90	4,21	9,43	1,98	1,99	0,76	1,19	1,45	1,43	2,87	9,43	0,76
IQA	-	-	74	74	73	71	76	73	71	73	65	77	73	77	65

Tabela 13 – Dados de qualidade das águas do Córrego Bonito, ano 2002.

Ponto: BO2000 - Córrego Bonito, na foz													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	média	máximo	mínimo	
Temperatura água	°C	-	25,0	24,0	26,0	20,0	21,0	21,5	25,0	23,2	26,0	20,0	
pH	-	6,0 a 9,0	8,00	8,10	8,90	7,90	8,20	7,90	8,20	8,17	8,90	7,90	
OD	mg/L	5	6,5	6,8	7,4	7,7	8,5	7,0	8,3	7,5	8,5	6,5	
DBO (5,20)	mg/L	5	0,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0	0,9	2,0	0,0	
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	5000	5000	800	1100	800	300	300	1900	5000	300	
Nitrogênio total	mg/L	-	1,39	1,52	1,97	1,44	1,57	0,88	1,68	1,49	1,97	0,88	
Fosf.total	mg/L	0,025	0,236	0,164	0,208	0,239	0,215	0,172	0,151	0,198	0,239	0,151	
Res.total	mg/L	-	296	299	308	320	300	384	258	309	384	258	
Turbidez	UNT	100	2,36	3,36	2,22	1,69	1,25	4,83	12,30	4,00	12,30	1,25	
IQA	-	-	61	62	64	66	67	70	72	66	72	61	
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	25,0	20,0	24,0	20,0	23,0	26,0	26,0	23,0	23,4	26,0	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	8,00	8,80	8,50	7,90	8,00	8,00	7,90	8,00	8,14	8,80	7,90
OD	mg/L	5	5,0	6,9	5,7	4,8	5,5	4,9	4,9	6,1	5,5	6,9	4,8
DBO (5,20)	mg/L	5	10,0	6,0	2,0	6,0	5,0	3,0	14,0	10,0	7,0	14,0	2,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	160.000	8.000	8.000	8.000	2.200	24.000	11.000	13.000	29275	160000	2200
Nitrogênio total	mg/L	-	2,20	2,91	9,78	13,47	4,74	7,67	10,19	17,04	8,50	17,04	2,20
Fosf.total	mg/L	0,025	0,305	0,379	0,230	0,385	0,712	9,521	1,558	0,458	1,694	9,521	0,230
Res.total	mg/L	-	385	371	456	455	378	483	423	340	411	483	340
Turbidez	UNT	100	28,00	5,10	3,34	2,17	3,19	6,03	5,04	6,03	7,36	28,00	2,17
IQA	-	-	39	49	52	43	52	37	37	40	44	52	37
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	28,5	20,0	24,0	23,0	24,0	23,0	28,0	23,0	24,2	28,5	20,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,80	8,00	8,20	7,90	7,80	7,80	7,90	7,90	7,90	8,20	7,80
OD	mg/L	5	1,7	5,6	4,5	3,6	4,3	5,2	3,0	4,9	4,1	5,6	1,7
DBO (5,20)	mg/L	5	7,0	12,0	7,0	12,0	7,0	10,0	20,0	7,0	10,3	20,0	7,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	1.700.000	7.000.000	700.000	300.000	300.000	500.000	1.700.000	500.000	1587500	7000000	300000
Nitrogênio total	mg/L	-	12,11	15,55	28,26	40,91	27,93	17,38	19,56	21,96	22,96	40,91	12,11
Fosf.total	mg/L	0,025	1,638	2,538	2,710	0,448	4,754	13,952	2,009	1,152	3,650	13,952	0,448
Res.total	mg/L	-	455	505	503	510	486	541	519	432	494	541	432
Turbidez	UNT	100	10,80	14,50	6,68	4,08	7,13	10,30	9,25	8,99	8,97	14,50	4,08
IQA	-	-	26	29	28	29	28	29	24	29	28	29	24
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, na nascente													
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	abr	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo
Temperatura água	°C	-	24,0	20,0	21,5	19,0	23,0	18,0	24,0	22,0	21,4	24,0	18,0
pH	-	6,0 a 9,0	7,90	7,50	8,30	8,00	7,50	8,00	7,90	8,00	7,89	8,30	7,50
OD	mg/L	5	7,8	8,7	7,9	9,1	6,6	6,0	5,3	6,0	7,2	9,1	5,3
DBO (5,20)	mg/L	5	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	0,0
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	2200	1300	1100	110	1100	700	210	2400	1140	2400	110
Nitrogênio total	mg/L	-	0,30	0,78	0,22	0,31	0,28	0,22	0,29	0,37	0,35	0,78	0,22
Fosf.total	mg/L	0,025	0,025	0,330	0,035	0,075	0,177	0,012	0,036	0,007	0,087	0,330	0,007
Res.total	mg/L	-	345	344	388	368	372	407	356	394	372	407	344
Turbidez	UNT	100	13,80	5,62	1,25	2,56	1,59	1,48	1,36	1,54	3,65	13,80	1,25
IQA	-	-	68	65	70	78	67	68	71	68	69	78	65

ANEXO 2A

Quadro1 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2073.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	#	#	#		24	20
fevereiro	#	#	#	25	24,5	24	24,5	#	25		
março	#	#	#	#	19	23	#	#	21		
abril	#	#	#	#	22	23	25	23	23		
maio	#	19,8	#	21	20	22	#	#	21		
junho	#	14,7	#	#	21	22,5	24	#	21		
julho	#	20,7	#	#	14	21,5	19,5	21,5	19		
agosto	#	20,3	#	#	16	21	20	#	19		
setembro	#	21,5	#	#	21	23	24	#	22		
outubro	#	22,3	#	24	23	#	23	22	23		
novembro	#	22	#	#	25	#	#	#	24		
dezembro	#	26	#	#	#	28	#	#	27		
MÉDIA	#	21	#####	23	21	23	23	22	22		

Quadro 2 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2065.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	#	#	#		25	21
fevereiro	#	#	#	26	21	26	26	#	25		
março	#	#	#	#	20	26	#	#	23		
abril	#	#	#	#	24	24,5	26	23,5	25		
maio	#	#	#	20	21	21	#	#	21		
junho	#	19,7	#	#	22	22	23	#	22		
julho	#	19,8	#	#	14	20	19	21,5	19		
agosto	23	20,4	#	#	17	21,5	20	#	20		
setembro	#	23,4	#	#	21	25	21	#	23		
outubro	24	23	#	27	24	#	24	23	24		
novembro	26	24	#	#	25	#	#	#	25		
dezembro	#	28	#	#	#	#	#	#	28		
MÉDIA ANUAL	24	23	#####	24	21	23	23	23	23		

Quadro 3 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2047.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	#	#	#	#####	25	21
fevereiro	#	#	#	26	21,5	29	26	#	26		
março	#	#	#	#	21	26	#	#	24		
abril	#	#	#	#	23	26	26	23,5	25		
maio	#	#	#	19	22	20	#	#	20		
junho	21	19,3	#	#	24	22	25	#	22		
julho	#	20,2	#	#	16	19	20	21,5	19		
agosto	23	20,8	#	#	16	21	19	#	20		
setembro	#	24,3	#	#	21	25	21,6	#	23		
outubro	24	25,2	#	26	25	#	28	25,0	26		
novembro	26	24	#	#	25	#	#	#	25		
dezembro	#	27	#	#	#	#	#	#	27		
MÉDIA	24	23	#####	24	21	24	24	23,33	23		

Quadro 4 – Série histórica da temperatura da água do Rio Formoso, ponto FO2000.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	#	#	#	#DIV/0!	26	22
fevereiro	#	#	#	27	22	29	27	#	26		
março	#	#	#	#	20	29	#	#	25		
abril	#	#	#	#	24	26	26	24	25		
maio	#	21,7	#	20	26	22	#	#	22		
junho	#	19,3	#	#	24	23	24	#	23		
julho	#	19,1	#	#	16	19	20	22	19		
agosto	22	21,8	#	#	18	21	20	#	21		
setembro	#	25,2	#	#	22	25	23	#	24		
outubro	27	26,7	#	27	25	#	29	25	27		
novembro	27	25	#	#	27	#	#	#	26		
dezembro	#	28	#	#	#	#	#	#	28		
MÉDIA	25	23	#####	25	22	24	24	24	24		

Quadro 5 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2014.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	24	#	#	24	24	20
fevereiro	#	#	#	28	21	24	24	#	24		
março	#	#	28	27	23	26	#	#	26		
abril	#	#	26,5	#	24	23,5	20	24	24		
maio	#	19,7	22	17	24	19	#	#	20		
junho	#	17	19	#	23	22	21,5	#	21		
julho	#	19,2	20	18	20	20	19	18	19		
agosto	#	18	18	#	19	12	23	#	18		
setembro	#	23,2	19	#	18	21	18	#	20		
outubro	#	22,2	21	23	24	22	24	24,5	23		
novembro	#	22	#	#	24	#	22	#	23		
dezembro	#	28	#	#	#	#	#	#	28		
MEDIA	#####	21	22	23	22	21	21	22,167	22		

Quadro 6 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2010.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	T. água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	27	#	#	27	26	21
fevereiro	#	#	#	28	22	24,5	28,5	#	26		
março	#	#	27	26	28	28	#	#	27		
abril	#	#	28	#	24	27	20	27	25		
maio	#	20,6	22	18	26	23	#	#	22		
junho	19	15,9	21	#	24	22	24	#	21		
julho	#	21,7	22,5	20	21	23	23	21	22		
agosto	23	19,7	19	#	21	15	24	#	20		
setembro	21	26,7	23	#	17	23	23	#	22		
outubro	23	26,1	22	26	27	23,1	28	24,5	25		
novembro	26	23	#	#	25	#	23	#	24		
dezembro	25	28	#	#	#	#	#	#	27		
MÉDIA	23	23	23	24	24	24	24	24	23		

Quadro 7 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2008.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	25	#	#	25	25	21
fevereiro	#	#	#	27	25	25	25	#	26		
março	#	#	26	27	27	27	#	#	27		
abril	#	#	26	#	24	25	20	26	24		
maio	#	21	20	17	24	18,5	#	#	20		
junho	19	16,5	19	#	23	22	24	#	21		
julho	#	19,8	20,5	18	20	23	20	19	20		
agosto	22	18,5	20	#	21	14	23	#	20		
setembro	23	24	24	#	17	23	26	#	23		
outubro	24	22	23	26	26	23,5	26	25,5	25		
novembro	25	23	#	#	26	#	23	#	24		
dezembro	27	28	#	#	#	#	#	#	28		
MÉDIA	23	22	22	23	23	23	23	24	23		

Quadro 8 – Série histórica da temperatura da água do Córrego Bonito, ponto BO2000.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	MÉDIA		
Mês/Parâmetro	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	T.água	mensal	verão	inverno
janeiro	#	#	#	#	#	#	#	#	#DIV/0!	25	21,0
fevereiro	#	#	#	27	21,5	26	25	#	25		
março	#	#	26,5	25	20	26	#	#	24		
abril	#	#	27	#	23	26	24	23,5	25		
maio	#	25,2	21,5	17	24	21	#	#	22		
junho	21	20,7	18	#	23	22,5	26	#	22		
julho	#	19,2	21	#	16	21	20	22	20		
agosto	22	20,6	20	#	16	22	21	#	20		
setembro	#	24	22	#	21,5	24	21,5	#	23		
outubro	23	24,3	22	30	27	#	25	30	26		
novembro	24	24	#	#	25	#	#	#	24		
dezembro	#	27	#	#	#	#	#	#	27		
MÉDIA	23	23	22	25	22	24	23	25	23		

Tabela 14 – Dados de qualidade de água do Rio Formoso, ano 2000.

Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo	Dpadrão	Variância
Temperatura água	°C	-	22	20	24	26	24	16	18	22	25	27	22,4	27	16	3,534	12,489
pH	-	6,0 a 9,0	7,86	7,98	8,24	8,29	8,28	7,94	8,42	8,05	7,95	8,28	8,127	8,42	7,86	0,194	0,037
OD	mg/L	5	6,9	8,2	7,4	7,3	8,02	7,4	7,6	8,2	8,4	7,1	7,652	8,4	6,9	0,518	0,269
DBO (5,20)	mg/L	5	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1,4	2	1	0,516	0,267
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	16000	110	170	5000	130	130	110	50	280	1400	374,7	16000	50	5038,357	25385040
Nitrogênio total	mg/L	-	0,91	0,64	0,73	0,81	0,29	0,32	0,40	0,42	1,08	0,19	0,579	1,08	0,19	0,298	0,089
Fosf.total	mg/L	0,025	0,16	0,084	0,043	0,117	0,026	0,048	0,087	0,026	0,148	0,041	0,078	0,16	0,026	0,050	0,002
Res.total	mg/L	-	391	215	252	277	238	264	277	264	323	187	268,8	391	187	56,635	3207,511
Turbidez	UNT	100	191	6	4	52	2	12	16	4	3	11,1	30,11	191	2	58,427	3413,677
Ponto: FO2047 - Rio Formoso, na Ilha do Padre																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	21,5	21	23	22	24	16	16	21	25	25	21,45	25	16	3,236	10,469
pH	-	6,0 a 9,0	7,8	7,98	8,04	8,03	8,2	8	8,21	7,95	8,05	8,2	8,045	8,21	7,8	0,129	0,017
OD	mg/L	5	8,5	7	8,5	8	8,2	7,8	8,1	9,2	8,6	7,9	8,18	9,2	7	0,585	0,342
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	1	3	1	2	1	1	0	2	1,3	3	0	0,823	0,678
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	1300	230	110	50000	800	220	300	170	30	80	358,9	50000	30	15702,512	246568871
Nitrogênio total	mg/L	-	0,65	0,32	0,85	2,42	0,44	0,37	0,84	0,33	0,32	0,25	0,679	2,42	0,25	0,650	0,423
Fosf.total	mg/L	0,025	0,061	0,097	0,052	0,406	0,026	0,03	0,089	0,031	0,022	0,08	0,089	0,406	0,022	0,115	0,013
Res.total	mg/L	-	256	201	232	813	270	263	321	272	227	200	305,5	813	200	181,980	33116,722
Turbidez	UNT	100	36	7	4	856	3	10	13	2	1	2,82	93,48	856	1	268,121	71888,790
Ponto: FO2065 - Rio Formoso, no Balneário Municipal																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	21	20	24	21	22	14	17	21	24	25	20,9	25	14	3,348	11,211
pH	-	6,0 a 9,0	8	8,4	8,04	7,97	7,95	7,9	8,12	7,7	8,15	7,96	8,017	8,4	7,7	0,183	0,033
OD	mg/L	5	8,1	7,5	7,8	7,3	8,1	7,1	7,6	8,8	8,1	8	7,84	8,8	7,1	0,490	0,240
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0,9	1	0	0,316	0,100
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	220	300	110	3000	130	500	300	110	80	80	222,6	3000	80	894,391	799934
Nitrogênio total	mg/L	-	0,54	0,41	0,48	0,49	0,3	0,19	0,13	0,26	0,22	0,2	0,322	0,54	0,13	0,146	0,021
Fosf.total	mg/L	0,025	0,005	0,095	0,000	0,025	0,022	0,012	0,035	0,019	0,013	0,04	0,027	0,095	0	0,027	0,001
Res.total	mg/L	-	264	209	251	155	238	239	325	242	248	208	237,9	325	155	43,667	1906,767
Turbidez	UNT	100	2	6	4	12	0	11	10	1	1	1,03	4,803	12	0	4,635	21,486
Ponto: FO2073 - Rio Formoso, a montante do rio Sucuri, próximo a nascente																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo		
Temperatura água	°C	-	24,5	19	22	20	21	14	16	21	23	25	20,6	25	14	3,500	12,247
pH	-	6,0 a 9,0	7,76	7,62	7,72	7,69	7,72	7,78	7,87	7,6	7,8	7,86	7,74	7,87	7,6	0,091	0,008
OD	mg/L	5	7,2	7,3	6,9	7	7,2	7,2	7,3	7,9	7,2	7,2	7,2	7,9	6,9	0,263	0,069
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1,3	2	1	0,483	0,233
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	800	90000	700	500	230	500	70	220	500	700	659,7	90000	70	28313,199	801637262
Nitrogênio total	mg/L	-	0	0,18	0,19	0,42	0,38	0,18	0	0,4	0,07	0,23	0,205	0,42	0	0,156	0,024
Fosf.total	mg/L	0,025	0,013	0,099	0,051	0,043	0,022	0,03	0,02	0,035	0,021	0,074	0,041	0,099	0,013	0,027	0,001
Res.total	mg/L	-	283	221	282	213	269	258	311	280	261	285	266	311	213	29,922	895,344
Turbidez	UNT	100	2	7		14	2	9	12	3	2	2	6	14	2	4,781	22,861

Tabela 15 – Dados de qualidade de água do Córrego Bonito, ano 2000.

Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo	Dpadrão	Variância
Temperatura água	°C	-	21,5	20,0	23,0	24,0	23,0	16,0	16,0	21,5	27,0	25,0	21,7	27	16	3,584	12,844
pH	-	6,0 a 9,0	7,66	8,00	8,05	8,11	7,93	8,00	8,31	7,75	8,25	8,05	8,01	8,31	7,66	0,199	0,040
OD	mg/L	5	6,9	6,9	7,2	7,4	7,1	7,3	7,5	7,7	8,3	6,9	7,3	8,3	6,9	0,439	0,193
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	3	1	2	5	1	1	1	2	1,8	5	1	1,317	1,733
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	9.000	600	500	50.000	1.300	30.000	3.000	3.000	50	5.000	2554,81	50000	50	16589	275189139
Nitrogênio total	mg/L	-	1,06	0,88	0,70	1,68	0,92	1,89	0,16	0,90	0,10	0,71	0,9	1,89	0,1	0,566	0,320
Fosf.total	mg/L	0,025	0,210	0,224	0,091	0,289	0,084	0,220	0,227	0,090	0,062	0,082	0,158	0,289	0,062	0,083	0,007
Res.total	mg/L	-	321	270	341	439	324	401	318	304	239	271	323	439	239	60,391	3647,067
Turbidez	UNT	100	247	7	3	476	5	64	12	9	5	7	83,5	476	3	157,157	24698,393
Ponto: BO2008 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Saladeiro																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo	Dpadrão	Variância
Temperatura água	°C	-	25,0	27,0	24,0	24,0	23,0	20,0	21,0	17,0	26,0	26,0	23,3	27	17	3,129	9,789
pH	-	6,0 a 9,0	7,88	7,83	8,13	8,13	7,84	7,93	8,09	7,89	7,58	8,52	7,98	7,978464	7,58	0,252	0,063
OD	mg/L	5	4,6	3,8	7,3	6,7	6,4	7,5	7,2	6,2	5,4	6,7	6,2	7,5	3,8	1,220	1,488
DBO (5,20)	mg/L	5	1	9	2	7	1	1	10	3	3	2	3,9	10	1	3,446	11,878
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	50.000	500.000	23.000	30.000	800	9.000	5.000	1.700	300	2.300	7695,54	7695,538	300	154684	23927007667
Nitrogênio total	mg/L	-	27,66	8,24	1,34	1,49	0,24	1,69	3,12	0,17	5,33	1,90	5,118	27,66	0,17	8,298	68,861
Fosf.total	mg/L	0,025	1,360	2,254	0,201	0,141	0,022	0,220	0,387	0,036	0,953	0,230	0,580	2,254	0,022	0,729	0,531
Res.total	mg/L	-	410	267	388	315	390	358	401	376	340	299	354	410	267	47,850	2289,600
Turbidez	UNT	100	9	9	4	16	4	4	6	43	14	4	11,3	43	4	11,954	142,898
Ponto: BO2010 - Córrego Bonito, a montante da foz do cór. Restinga																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo	Dpadrão	Variância
Temperatura água	°C	-	22,0	28,0	24,0	26,0	24,0	21,0	21,0	17,0	27,0	25,0	23,5	28	17	3,308	10,944
pH	-	6,0 a 9,0	7,66	7,77	7,76	8,29	8,13	7,74	7,78	8,18	7,68	8,18	7,91	8,29	7,66	0,245	0,060
OD	mg/L	5	2	0,9	2,4	7,3	5,8	5,8	5,8	5,9	6,4	5,1	4,7	7,3	0,9	2,157	4,654
DBO (5,20)	mg/L	5	3	13	4	3	5	6	8	3	3	18	6,6	18	3	5,103	26,044
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	350.000	11.000.000	2.300.000	2.400.000	170.000	80.000	220.000	70.000	170.000	300.000	432119	11000000	70000	3387487	11475071111111
Nitrogênio total	mg/L	-	13,31	23,08	5,23	2,58	10,91	6,30	11,78	1,06	0,65	7,81	8,271	23,08	0,65	6,830	46,643
Fosf.total	mg/L	0,025	2,216	3,205	0,452	0,261	1,100	0,940	1,464	0,088	0,057	0,689	1,0472	3,205	0,057	1,012	1,023
Res.total	mg/L	-	400	551	422	311	468	387	446	404	426	410	423	551	311	61,323	3760,500
Turbidez	UNT	100	5	25	8	14	9	4	8	29	3	6	11,1	29	3	8,967	80,410
Ponto: BO2014 - Córrego Bonito, próximo a nascente																	
Parâmetro	unidade	padrão*	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	média	máximo	mínimo	Dpadrão	Variância
Temperatura água	°C	-	21,0	23,0	24,0	24,0	23,0	20,0	19,0	18,0	24,0	24,0	22	24	18	2,309	5,333
pH	-	6,0 a 9,0	7,88	7,98	7,99	7,75	7,21	7,68	7,86	7,92	8,22	8,37	7,88	8,37	7,21	0,314	0,098
OD	mg/L	5	7,44	6,7	8,1	7,2	6,7	7,7	8,8	7,2	7,3	7,1	7,4	8,8	6,7	0,641	0,411
DBO (5,20)	mg/L	5	1	1	1	1	0	1	1	4	2	3	1,5	4	0	1,179	1,389
Coliforme Fecal	NMP/100 mL	1000	700	230	300	1.100	500	230	300	800	800	300	451,488	1100	230	305,330	93227
Nitrogênio total	mg/L	-	0,18	0,31	0,29	1,27	0,50	0,25	0,43	0,53	0,20	0,50	0,446	1,27	0,18	0,317	0,101
Fosf.total	mg/L	0,025	0,099	0,095	0,026	0,043	0,022	0,044	0,050	0,021	0,033	0,000	0,0433	0,099	0	0,032	0,001
Res.total	mg/L	-	384	365	337	261	393	344	369	387	298	377	352	393	261	42,813	1832,944
Turbidez	UNT	100	1	1	1	11	2	2	1	19	2	6	4,56	19	1	5,976	35,709

ANEXO 3A

Quadro 9 – Valor do subíndice temperatura para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
Desvio em relação a média		-2	-4	0	2	0	-8	-6	-2	1	3
média FO2000 =	24	86	67	92	80	92	55	55	86	88	68
Desvio em relação a média		2	2	0	1	-1	7	7	2	-2	-2
média FO2047 =	23	84	80	92	88	91	28	28	80	86	86
Desvio em relação a média		2	3	-1	2	1	9	6	2	-1	-2
média FO2065	23	80	68	91	80	88	20	33	80	91	86
Desvio em relação a média		-3	3	0	2	1	8	6	1	-1	-3
média FO2073	22	82	68	92	80	88	24	33	88	91	78

Quadro 10 – Valor do subíndice oxigênio dissolvido para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000	mg/L	6,90	8,20	7,40	7,30	8,02	7,40	7,60	8,20	8,40	7,10
Cs' = 8,17	%sat	84	100	91	89	98	91	93	100	103	87
li =		91	99	96	95	99	96	97	99	99	93
FO2047 / 2000	mg/L	8,50	7,00	8,50	8,00	8,20	7,80	8,10	9,20	8,60	7,90
Cs' = 8,32	%sat	102	84	102	96	99	94	97	111	103	95
li =		99	91	99	98	99	97	98	97	99	98
FO2065 / 2000	mg/L	8,10	7,50	7,80	7,30	8,10	7,10	7,60	8,80	8,10	8,00
Cs' = 8,25	%sat	98	91	95	88	98	86	92	107	98	97
li =		99	96	98	94	99	92	96	98	99	98
FO2073 / 2000	mg/L	7,20	7,30	6,90	7,00	7,20	7,20	7,30	7,90	7,20	7,20
Cs' = 8,43	%sat	85	87	82	83	85	85	87	94	85	85
li =		92	93	88	90	92	92	93	97	92	92

Quadro 11 – Valor do subíndice DBO para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000	mg/L	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2
li =		78	88	78	88	88	88	88	88	78	78
FO2047	mg/L	1	1	1	3	1	2	1	1	0	2
		88	88	88	70	88	78	88	88	100	78
FO2065	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
		88	88	88	88	88	88	88	88	100	88
FO2073	mg/L	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2
		88	88	88	88	78	78	88	88	88	78

Quadro 12 – Valor do subíndice nitrogênio total para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000	NKT	0,5	0,47	0,55	0,5	0,1	0,06	0	0,21	0,36	0
	NO3	0,39	0,17	0,18	0,28	0,19	0,26	0,4	0,21	0,71	0,19
	NO2	0,02	0	0	0,03	0	0	0	0	0,01	0
	NT	0,910	0,640	0,730	0,810	0,290	0,320	0,400	0,420	1,080	0,190
	li	87	88	88	88	90	90	89	89	87	90
FO2047 / 2000	NKT	0	0,11	0,35	2,14	0,15	0,07	0	0,1	0,13	0
	NO3	0,64	0,21	0,5	0,28	0,29	0,3	0,84	0,23	0,19	0,22
	NO2	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NT	0,650	0,320	0,850	2,420	0,440	0,370	0,840	0,330	0,320	0,220
	li	88	90	87	81	89	89	87	90	90	90
FO2065 / 2000	NKT	0	0,2	0,3	0,35	0,09	0,02	0	0,07	0,04	0
	NO3	0,54	0,21	0,18	0,14	0,21	0,17	0,13	0,19	0,18	0,2
	NO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NT	0,540	0,410	0,480	0,490	0,300	0,190	0,130	0,260	0,220	0,200
	li	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90
FO2073 / 2000	NKT	0	0,18	0,19	0,42	0,38	0,18	0	0,4	0,07	0,23
	NO3	0,74	0,52	0,45	0,36	0,49	0,4	0,59	0,73	0,26	0,48
	NO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NT	0,740	0,700	0,640	0,780	0,870	0,580	0,590	1,130	0,330	0,710
	li	88	88	88	88	87	89	88	86	90	88

Quadro 13 – Valor do subíndice fosfato total para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000	mg/L	0,160	0,084	0,043	0,117	0,026	0,048	0,087	0,026	0,148	0,041
	li=	83	94	100	89	103	99	93	103	85	101
FO2047 / 2000	mg/L	0,061	0,097	0,052	0,406	0,026	0,030	0,089	0,031	0,022	0,080
	li=	97	92	99	62	103	103	93	102	104	94
FO2065 / 2000	mg/L	0,005	0,095	0,000	0,025	0,022	0,012	0,035	0,019	0,013	0,040
	li=	107	92	108	104	104	106	102	105	106	101
FO2073 / 2000	mg/L	0,01	0,1	0,051	0,043	0,022	0,03	0,02	0,04	0,02	0,074
	li=	106	91	99	100	104	103	104	102	104	95

Quadro 14 – Valor do subíndice sólido total para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000	mg/L	391	215	252	277	238	264	277	264	323	187
	li	48	73	67	64	70	66	64	66	57	77
FO2047 / 2000	mg/L	256	201	232	813	270	263	321	272	227	200
	li	67	75	70	20	65	66	57	65	71	75
FO2065 / 2000	mg/L	264	209	251	155	238	239	325	242	248	208
	li	66	74	68	81	70	69	57	69	68	74
FO2073 / 2000	mg/L	283	221	282	213	269	258	311	280	261	285
	li	63	72	63	73	65	67	59	63	66	63

Quadro 15 – Valor do subíndice pH para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000		7,86	7,98	8,24	8,29	8,28	7,94	8,42	8,05	7,95	8,28
	li	93	89	79	77	77	91	71	87	90	77
FO2047 / 2000		7,80	7,98	8,04	8,03	8,20	8,00	8,21	7,95	8,05	8,20
	li	94	89	87	87	81	89	80	90	87	81
FO2065 / 2000		8,00	8,40	8,04	7,97	7,95	7,90	8,12	7,70	8,15	7,96
	li	89	72	87	90	90	92	84	96	83	90
FO2073 / 2000		7,76	7,62	7,72	7,69	7,72	7,78	7,87	7,60	7,80	7,86
	li	95	97	96	97	96	95	93	98	94	93

Quadro 16 – Valor do subíndice coliforme fecal para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000		16000	110	170	5000	130	130	110	50	280	1400
	li	8	37	32	11	35	35	37	47	28	17
FO2047 / 2000		1300	230	110	50000	800	220	300	170	30	80
	li	17	30	37	5	20	30	27	32	54	41
FO2065 / 2000		220	300	110	3000	130	500	300	110	80	80
	li	30	27	37	13	35	23	27	37	41	41
FO2073 / 2000		800	90000	700	500	230	500	70	220	500	700
	li	20	5	21	23	30	23	42	30	23	21

Quadro 17 – Valor do subíndice turbidez para o Rio Formoso, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
FO2000 / 2000		191	6	4	52	2	12	16	4	3	11
	li	5	84	89	37	94	72	66	89	92	74
FO2047 / 2000		36	7	4	856	3	10	13	2	1	2,8
	li	47	82	89	5	92	76	71	94	97	92
FO2065 / 2000		2	6	4	12	0	11	10	1	1	1
	li	94	84	89	72	100	74	76	97	97	97
FO2073 / 2000		2	7	14	14	2	9	12	3	2	2
	li	94	82	69	69	94	78	72	92	94	94

Quadro 18 – Valor do subíndice temperatura para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
Desvio em relação a média		2	3	0	-1	0	7	7	2	-4	-2
média BO2000 =	23	84	68	92	91	92	28	28	84	67	86
Desvio em relação a média		-2	-4	-1	-1	0	3	2	6	-3	-3
média BO2008 =	23	86	67	91	91	92	68	80	33	78	78
Desvio em relação a média		1	-5	-1	-3	-1	2	2	6	-4	-2
média BO2010 =	23	88	55	91	78	91	80	80	33	67	86
Desvio em relação a média		1	-1	-2	-2	-1	2	3	4	-2	-2
média BO2014 =	22	88	91	86	86	91	80	68	54	86	86

Quadro 19 – Valor do subíndice oxigênio dissolvido para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000	mg/L	6,9	6,9	7,2	7,4	7,1	7,3	7,5	7,7	8,3	6,9
Cs' = 8,33	%sat	83	83	86	89	85	88	90	92	100	83
li =		89	89	93	94	92	94	95	97	99	89
BO2008 / 2000	mg/L	4,6	3,8	7,3	6,7	6,4	7,5	7,2	6,2	5,4	6,7
Cs' = 8,29	%sat	55	46	88	81	77	90	87	75	65	81
li =		52	38	94	87	83	95	93	80	67	87
BO2010 / 2000	mg/L	2,0	0,9	2,4	7,3	5,8	5,8	5,8	5,9	6,4	5,1
Cs' = 8,07	%sat	25	11	30	90	72	72	72	73	79	63
li =		15	8	19	95	76	76	76	78	86	64
BO2014 / 2000	mg/L	7,4	6,7	8,1	7,2	6,7	7,7	8,8	7,2	7,3	7,1
Cs' = 8,24	%sat	90	81	98	87	81	93	107	87	89	86
li =		95	88	99	93	88	97	98	93	94	92

Quadro 20 – Valor do subíndice DBO para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000	mg/L	1	1	3	1	2	5	1	1	1	2
li =		88	88	70	88	78	55	88	88	88	78
BO2008	mg/L	1	9	2	7	1	1	10	3	3	2
		88	35	78	43	88	88	31	70	70	78
BO2010	mg/L	3	13	4	3	5	6	8	3	3	18
		70	22	62	70	55	49	39	70	70	13
BO2014	mg/L	1	1	1	1	0	1	1	4	2	3
		88	88	88	88	100	88	88	62	78	70

Quadro 21 – Valor do subíndice nitrogênio total para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000	NKT	0,00	0,22	0,28	1,43	0,27	1,23	0,00	0,30	0,00	0,00
	NO3	0,79	0,65	0,42	0,22	0,64	0,62	0,13	0,59	0,10	0,70
	NO2	0,06	0,01	0,00	0,03	0,01	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01
	NT	0,85	0,88	0,70	1,68	0,92	1,89	0,16	0,90	0,10	0,71
	li	87	87	88	84	87	83	90	87	90	88
BO2008 / 2000	NKT	27,23	7,55	0,60	0,73	0,16	0,49	0,81	0,09	1,29	0,50
	NO3	0,36	0,47	0,66	0,71	0,08	1,14	2,11	0,07	3,75	1,37
	NO2	0,07	0,22	0,08	0,05	0,00	0,06	0,20	0,01	0,29	0,03
	NT	27,66	8,24	1,34	1,49	0,24	1,69	3,12	0,17	5,33	1,90
	li	26	62	86	85	90	84	79	90	71	83
BO2010 / 2000	NKT	12,57	22,71	4,18	1,74	7,00	5,20	9,35	0,73	0,18	4,39
	NO3	0,63	0,14	1,03	0,17	3,90	0,98	2,17	0,29	0,44	2,97
	NO2	0,11	0,22	0,02	0,67	0,01	0,12	0,26	0,04	0,03	0,26
	NT	13,31	23,07	5,23	2,58	10,91	6,30	11,78	1,06	0,65	7,62
	li	50	32	72	81	55	68	53	87	88	64
BO2014 / 2000	NKT	0,11	0,14	0,20	0,63	0,34	0,15	0,31	0,33	0,15	0,39
	NO3	0,07	0,16	0,09	0,53	0,16	0,10	0,10	0,19	0,05	0,11
	NO2	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
	NT	0,18	0,31	0,29	1,17	0,50	0,25	0,43	0,53	0,20	0,50
	li	90	90	90	86	89	90	89	89	90	89

Quadro 22 – Valor do subíndice fosfato total para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000	mg/L	0,21	0,22	0,091	0,289	0,084	0,22	0,23	0,09	0,06	0,082
	li=	78	76	93	70	94	77	76	93	97	94
BO2008 / 2000	mg/L	1,360	2,254	0,201	0,141	0,022	0,220	0,387	0,036	0,953	0,230
	li=	31	21	79	86	104	77	63	102	39	76
BO2010 / 2000	mg/L	2,216	3,205	0,452	0,261	1,100	0,940	1,464	0,088	0,057	0,689
	li=	21	16	59	73	36	39	29	93	98	47
BO2014 / 2000	mg/L	0,099	0,095	0,026	0,043	0,022	0,044	0,050	0,021	0,033	0,000
	li=	91	92	103	100	104	100	99	104	102	108

Quadro 23 – Valor do subíndice sólidos totais para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000	mg/L	321	270	341	439	324	401	318	304	239	271
	li	57	65	55	41	57	46	58	60	69	65
BO2008 / 2000	mg/L	410	267	388	315	390	358	401	376	340	299
	li	45	65	48	58	48	52	46	50	55	61
BO2010 / 2000	mg/L	400	551	422	311	468	387	446	404	426	410
	li	47	20	44	59	37	48	40	46	43	45
BO2014 / 2000	mg/L	384	365	337	261	393	344	369	387	298	377
	li	49	51	55	66	47	54	51	48	61	50

Quadro 24 – Valor do subíndice pH para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000		7,66	8,00	8,05	8,11	7,93	8,00	8,31	7,75	8,25	8,05
	li	97	89	87	84	91	89	76	96	79	87
BO2008 / 2000		7,88	7,83	8,13	8,13	7,84	7,93	8,09	7,89	7,58	8,52
	li	92	94	84	84	93	91	85	92	98	67
BO2010 / 2000		7,66	7,77	7,76	8,29	8,13	7,74	7,78	8,18	7,68	8,18
	li	97	95	95	77	84	96	95	82	97	82
BO2014 / 2000		7,88	7,98	7,99	7,75	7,21	7,68	7,86	7,92	8,22	8,37
	li	92	89	89	96	91	97	93	91	80	73

Quadro 25 – Valor do subíndice coliforme fecal para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000		9.000	600	500	50.000	1.300	30.000	3.000	3.000	50	5.000
	li	9	22	23	5	17	6	13	13	47	11
BO2008 / 2000		50.000	500.000	23.000	30.000	800	9.000	5.000	1.700	300	2.300
	li	5	3	7	6	20	9	11	16	27	14
BO2010 / 2000		350.000	11.000.000	2.300.000	2.400.000	170.000	80.000	220.000	70.000	170.000	300.000
	li	3	2	2	2	4	5	3	5	4	3
BO2014 / 2000		700	230	300	1.100	500	230	300	800	800	300
	li	21	30	27	18	23	30	27	20	20	27

Quadro 26 – Valor do subíndice turbidez para o Córrego Bonito, ano 2000.

		fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
BO2000 / 2000		247	7	3	476	5	64	12	9	5	7,4
	li	5	82	92	5	87	31	72	78	87	81
BO2008 / 2000		9,0	9,0	4,0	16,0	4,0	4,2	5,5	43,0	14,0	4,2
	li	78	78	89	66	89	89	85	42	69	89
BO2010 / 2000		5,0	25,0	8,0	14,0	9,0	4,0	8,0	29,0	3,0	6,1
	li	87	56	80	69	78	89	80	52	92	84
BO2014 / 2000		1,0	1,0	1,0	11,0	2,0	2,0	1,0	19,0	2,0	5,6
	li	97	97	97	74	94	94	97	62	94	85

Quadro 27 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2000.

Local: Córrego Bonito, na foz				Cidade: Bonito - MS		Data da Medição: 2/12/2004				
Interessado: PGTA				H. Início: 15:00		H. Término: 15:45		Duração da Medição: 0:45		
Equipamento utilizado: Molinete				Condições do Tempo: Limpo						
Posição	Base	Abscissa	Distância	Profundidade	Posição	Velocidade	Média na vertical	Média no segmento	Área	Vazão
	(m)	(m)	(m)	(m)	Molinete	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m²)	(m³/s)
PI-MD		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
IA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
	1	0,50	0,50	0,84	0,50	0,20	0,20		0,21	0,04200
	2	1,00	0,50	0,85	0,51	0,37	0,37		0,43	0,15910
	3	1,50	0,50	0,75	0,45	0,36	0,36		0,38	0,13680
	4	2,00	0,50	0,69	0,41	0,40	0,40		0,35	0,14000
	5	2,50	0,50	0,53	0,32	0,36	0,36		0,27	0,09720
	6	3,00	0,50	0,46	0,28	0,23	0,23		0,23	0,05290
FA-ME		3,60	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
Descarga Total:		Área Total:		Largura Total:		Velocidade média:		Profundidade média:		
0.628 m³/s		1.87 m²		3.60 m		0.34 m/s		0.52 m		

Quadro 28 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2010.

Local: Córrego Bonito, a montante do Restinga				Cidade: Bonito - MS		Data da Medição: 3/12/2004				
Interessado: PGTA				H. Início: 8:45		H. Término: 09:30		Duração da Medição: 0:45		
Equipamento utilizado: Molinete				Condições do Tempo: Limpo						
Posição	Base	Abscissa	Distância	Profundidade	Posição	Velocidade	Média na vertical (m/s)	Média no segmento (m/s)	Área	Vazão
	(m)	(m)	(m)	(m)	Molinete	(m/s)			(m²)	(m³/s)
PI-MD		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
IA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
	1	0,10	0,10	0,20	0,12	0,90	0,90		0,01	0,00900
	2	0,20	0,10	0,24	0,14	0,88	0,88		0,02	0,01760
	3	0,30	0,10	0,22	0,13	0,70	0,70		0,02	0,01400
	4	0,40	0,10	0,22	0,13	0,68	0,68		0,02	0,01360
	5	0,50	0,10	0,22	0,13	0,76	0,76		0,02	0,01520
	6	0,60	0,10	0,21	0,13	0,90	0,90		0,02	0,01800
	7	0,70	0,10	0,18	0,11	0,83	0,83		0,02	0,01660
	8	0,80	0,10	0,14	0,08	0,86	0,86		0,01	0,00860
	9	0,90	0,10	0,14	0,08	0,73	0,73		0,01	0,00730
	10	1,00	0,10	0,14	0,08	0,60	0,60		0,01	0,00600
	11	1,10	0,10	0,08	0,05	0,36	0,36		0,01	0,00360
FA-ME		1,30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
Descarga Total:		Área Total:		Largura Total:		Velocidade média:		Profundidade média:		
0.130 m³/s		0.17 m²		1.30 m		0.76 m/s		0.13 m		

Quadro 29 – Descarga líquida medida no Córrego Bonito, ponto BO2014.

Local: Córrego Bonito, nascente				Cidade: Bonito - MS		Data da Medição: 3/12/2004				
Interessado: PGTA				H. Início: 7:50		H. Término: 08:05		Duração da Medição: 0:15		
Equipamento utilizado: Molinete				Condições do Tempo: Limpo						
Posição	Base (m)	Abcissa (m)	Distância (m)	Profundidade (m)	Posição Molinete	Velocidade (m/s)	Média na vertical (m/s)	Média no segmento (m/s)	Área (m²)	Vazão (m³/s)
PI-MD		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
IA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
	1	0,30	0,30	0,20	0,12	0,15	0,15		0,03	0,00450
	2	0,60	0,30	0,19	0,11	0,18	0,18		0,06	0,01080
	3	0,90	0,30	0,20	0,12	0,23	0,23		0,06	0,01380
	4	1,20	0,30	0,19	0,11	0,20	0,20		0,06	0,01200
	5	1,50	0,30	0,13	0,08	0,19	0,19		0,04	0,00760
	6	1,80	0,30	0,11	0,07	0,14	0,14		0,03	0,00420
	7	2,10	0,30	0,05	0,03	0,09	0,09		0,02	0,00180
FA-ME		2,50	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
Descarga Total: 0,055 m³/s		Área Total: 0,30 m²		Largura Total: 2,50 m		Velocidade média: 0,18 m/s		Profundidade média: 0,12 m		

Quadro 30 – Descarga líquida medida no Rio Formoso, ponto FO2055.

Local: Rio Formoso, a jusante da foz do Cór. Bonito				Cidade: Bonito - MS		Data da Medição:		2/12/2004		
Interessado: PGTA				H. Início: 11:00		H. Término: 13:10		Duração da Medição: 2:10		
Equipamento utilizado: Molinete				Condições do Tempo: Limpo						
Posição	Base (m)	Abscissa (m)	Distância (m)	Profundidade (m)	Posição Molinete	Velocidade (m/s)	Média na vertical (m/s)	Média no segmento (m/S)	Área (m²)	Vazão (m³/s)
PI-MD		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
IA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
	1	3,50	3,50	1,75	1,05	0,54	0,47		3,06	1,43820
					0,35	0,40				
	2	4,50	1,00	2,28	1,37	0,02	0,23		5,13	1,17990
					0,46	0,44				
					2,26	2,10				
	3	5,50	1,00	2,83	1,70	0,82	1,24		2,83	3,50920
					0,57	1,22				
					2,26	2,06				
	4	6,50	1,00	2,82	1,69	1,10	1,36		2,82	3,83520
					0,56	1,18				
					2,22	2,26				
	5	7,50	1,00	2,77	1,66	2,46	1,81		2,77	5,01370
					0,55	0,06				
					2,04	2,56				
	6	8,50	1,00	2,55	1,53	2,48	2,26		2,55	5,76300
					0,51	1,50				
					2,00	2,68				
	7	9,50	1,00	2,50	1,50	3,82	2,60		2,50	6,50000
					0,50	0,06				
					1,84	3,10				
	8	10,50	1,00	2,30	1,38	0,08	0,96		2,30	2,20800
					0,46	0,58				
					1,85	0,24				
	9	11,50	1,00	2,31	1,39	0,28	0,44		2,31	1,01640
					0,46	0,96				
					1,90	0,22				
	10	12,50	1,00	2,38	1,43	0,32	0,26		2,38	0,61880
					0,48	0,16				
					1,92	0,36				
	11	13,50	1,00	2,40	1,44	0,36	0,46		2,40	1,10400
					0,48	0,76				
					1,91	0,52				
	12	14,50	1,00	2,39	1,43	0,62	0,47		2,39	1,12330
					0,48	0,12				
					1,66	0,36				
	13	15,50	1,00	2,07	1,24	0,72	0,51		2,07	1,05570
					0,41	0,22				
					1,63	0,38				
	14	16,50	1,00	2,04	1,22	0,42	0,41		2,04	0,83640
					0,41	0,40				
	15	17,50	1,00	1,41	0,85	0,42	0,35		1,41	0,49350
					0,28	0,28				
	16	18,50	1,00	1,35	0,81	0,28	0,23			
					0,27	0,18				
FA-ME		19,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000
Descarga Total:		Area Total:		Largura Total:		Velocidade média:		Profundidade média:		
35.695 m³/s		38.96 m²		19.50 m		0.92 m/s		2.00 m		

Quadro 31 – Descarga líquida medida no Rio Formoso, ponto FO2065.

Local: Rio Formoso, no balneário municipal				Cidade: Bonito - MS		Data da Medição:		3/12/2004			
Interessado: PGTA				H. Início:	09:20	H. Término:	10:45	Duração da Medição:		1:25	
Equipamento utilizado: Molinete fluviométrico				Condições do Tempo: Limpo							
Posição	Base	Abscissa	Distância	Profundidade	Posição	Velocidade	Média na	Média no	Área	Vazão	
	(m)	(m)	(m)	(m)	Molinete	(m/s)	Vertical	Segmento	(m²)	(m³/s)	
							(m/s)	(m/s)			
PI-MD		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000	
IA		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000	
	1	1,50	1,50	1,26	0,76	1,52	1,49		0,95	1,41550	
					0,25	1,46					
	2	2,00	0,50	1,27	0,76	0,40	0,53		1,27	0,67310	
					0,25	0,65					
					1,74	0,50					
	3	2,50	0,50	2,18	1,31	0,60	0,55		1,09	0,59950	
					0,44	0,50					
					1,78	0,40					
	4	3,00	0,50	2,22	1,33	0,84	0,72		1,11	0,79920	
					0,44	0,80					
					1,81	0,20					
	5	3,50	0,50	2,26	1,36	0,80	0,69		1,13	0,77970	
					0,45	0,96					
					1,76	0,40					
	6	4,00	0,50	2,20	1,32	0,50	0,47		1,10	0,51700	
					0,44	0,48					
					1,83	0,80					
	7	4,50	0,50	2,29	1,37	1,20	1,00		1,15	1,15000	
					0,46	0,80					
					1,74	0,30					
	8	5,00	0,50	2,17	1,30	0,80	0,58		1,09	0,63220	
					0,43	0,40					
					1,82	0,40					
	9	5,50	0,50	2,28	1,37	0,80	0,65		1,14	0,74100	
					0,46	0,60					
					1,60	0,80					
	10	6,00	0,50	2,00	1,20	1,20	1,03		1,00	1,03000	
					0,40	0,90					
					1,57	0,60					
	11	6,50	0,50	1,96	1,18	1,00	0,95		0,98	0,93100	
					0,39	1,20					
					1,15	0,60					
	12	7,00	0,50	1,44	0,86	1,00	0,95		0,72	0,68400	
					0,29	1,20					
	13	7,50	0,50	1,22	0,73	0,50	0,65		0,61	0,39650	
					0,24	0,80					
	14	8,00	0,50	1,16	0,70	1,20	1,00		0,58	0,58000	
					0,23	0,80					
	15	8,50	0,50	1,17	0,70	0,80	1,00		0,59	0,59000	
					0,23	1,20					
FA-ME		10,50	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00000	
Descarga Total:			Área Total:		Largura Total:		Profundidade média:			Velocidade média	
	11,519	m³/s	14,51	m²	10,50		m/s		1,38	m	0,79