

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

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS UTILIZANDO ÍNDICES
AMBIENTAIS E UM ESTUDO DE METAIS EM ÁGUAS, SEDIMENTOS E
MACRÓFITAS NO LAGO DO AMOR**

Dirce Martins de Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Maria Lúcia Ribeiro.

Campo Grande-MS

7 de dezembro de 2005

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL/UFMS

OLIVEIRA, Dirce Martins de

Avaliação da Qualidade das Águas utilizando Índices Ambientais e um estudo de Metais em Águas, Sedimentos e Macrófitas no Lago do Amor /Dirce Martins de Oliveira – Campo Grande/MS, 2005.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 7 de dezembro de 2005.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Lúcia Ribeiro

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: _____

Título: _____

Dissertação defendida e aprovada em 7 / 12 / 2005 , pela comissão julgadora:

(Assinatura) APROVADA _____

(Nome/Instituição) Dr^a Maria Lúcia Ribeiro DHT/UFMS

(Assinatura) APROVADA _____

(Nome/Instituição) Dr Hary Bollman – PUC/Paraná

(Assinatura) APROVADA _____

(Nome/Instituição) Dr Kennedy Francis Roche – DHT/UFMS

_____/_____/_____
Data

Coordenador

DEDICATÓRIA

A Deus, aos meus Pais, à amiga Celina; e a Comunidade Científica.

AGRADECIMENTOS

À amiga Celina, pela amizade, dedicação, companheirismo e apoio incondicional nesta dissertação.

À Professora Doutora Maria Lúcia Ribeiro pela orientação deste trabalho e, especialmente, pelo incentivo no tema apresentado, mostrando-se preocupada em monitorar e recuperar este recurso hídrico que se encontra quase que condenado pela poluição.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do curso de Mestrado em Tecnologias Ambientais, para o apoio à evolução científica e preparação de profissionais na área ambiental.

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Transportes, docentes de alta qualificação. Aos técnicos do Laboratório Lacqua pela disponibilidade dada na realização das leituras dos metais.

Aos alunos do curso de Engenharia Ambiental: André dos Santos Oliveira, Carlo Renan Cáceres de Brito, Leonardo Pinheiro Bezerra e Rafael Almeida Castro, pelo apoio na coleta de águas e sedimentos.

À Empresa Sanágua e, em especial, aos Administradores Fabiano Stort e Luciene Queder, as Biólogas Giuliana Corsini Rezende da Costa e Keila Souza Silva, ao Químico Leandro Honório, pelo patrocínio direto dos administradores e apoio técnico dos profissionais.

Aos colaboradores do Laboratório Central – LACEN: em especial à Gerente de Bromatologia e Química, Sônia Viana e à Coordenadora Maria Cândia, pela contribuição da realização desta dissertação.

Ao meu pai Diogo Adolfo de Oliveira (*in memoriam*), pelo apoio no início dos estudos e à minha mãe Fracília Martins de Oliveira pelo apoio e paciência nas ausências.

A Deus, por ter me dado força e saúde para iniciar e terminar esta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	iii

RESUMO ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivos Gerais.....	3
2.2	Objetivos Específicos.....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	Índice de Qualidade das Águas –IQA _{Cetesb}	4
3.2	Índice de Estado Trófico – IQA _{IET}	6
3.3	Poluição das Águas.....	8
3.4	Poluição dos sedimentos.....	10
3.5	Macrófitas Aquáticas.....	14
3.6	Significado Sanitário dos Metais em estudo.....	15
3.7	Legislações.....	21
4	METODOLOGIA.....	25
4.1	Amostragem.....	25
4.1.1	Amostragem de águas.....	26
4.1.2	Amostragem de sedimentos.....	26
4.1.3	Amostragem da macrófita.....	27
4.2	Identificação dos pontos de amostragem.....	28
4.3	Métodos.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
5.1	Águas.....	32
5.1.1	Ponto 1 – Lago do Amor na entrada do Córrego Bandeira.....	33
5.1.2	Ponto 2 – Lago do Amor na entrada do Córrego Cabaça.....	33
5.1.3	Ponto 3 – Lago do Amor na barragem próximo ao Hospital Universitário.....	34
5.1.4	Ponto 4 – Lago do Amor na barragem ao centro.....	35
5.1.5	Ponto 5 – Lago do Amor na região central.....	35
5.1.6	Ponto 6 – Lago do Amor na barragem próximo ao vertedouro.....	36
5.1.7	Ponto 7 – Lago do Amor na próximo à piscina da UFMS.....	36

5.2	Sedimentos.....	37
5.2.1	Cd.....	39
5.2.2	Pb.....	40
5.2.3	Cu.....	41
5.2.4	Cr.....	42
5.2.5	Hg.....	43
5.2.6	Ni.....	44
5.2.7	Zn.....	45
5.2.8	Al.....	46
5.2.9	Ba.....	46
5.2.10	Fe.....	47
5.2.11	Mn.....	48
5.3.	Macrófita.....	50
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	52
6.1.	Água.....	52
6.2.	Sedimentos.....	52
6.3.	Macrófita.....	53
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
	ANEXOS	60
	ANEXO A – Procedimentos Operacionais Padrões dos metais seguindo APHA, AWWA, WPCF, 20ª ed., 1998.	
	ANEXO B – Soluções para eliminar interferentes dos metais determinados no Lago do Amor	
	ANEXO C – Fotos dos Laboratórios	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização do Lago do Amor.....	2
FIGURA 3.1	Curva de variação dos parâmetros do IQA _{Cetesb}	5
FIGURA 4.1	Amostrador alfa vertical para coleta de amostras de água.....	26
FIGURA 4.2	Amostrador “Core” para coleta de amostras de sedimentos	26
FIGURA 4.3	Amostrador “Core” e acessórios.....	27
FIGURA 4.4	Imagem satélite do Lago do Amor e dos pontos amostrais.....	29
FIGURA 4.5	Imagem do Lago do Amor vista pelo DQI da UFMS, em junho 2004.	29
FIGURA 4.6	Amostragem em junho.....	30
FIGURA 4.7	Amostragem em novembro.....	30
FIGURA 4.8	Amostragem em junho.....	30
FIGURA 4.9	Amostragem em novembro.....	30
FIGURA 4.10	Amostragem em junho.....	30
FIGURA 4.11	Amostragem em novembro.....	30
FIGURA 5.1	Perfil dos sedimentos para Cd nos pontos de amostragens.....	39
FIGURA 5.2	Perfil dos sedimentos para Pb nos pontos de amostragens.....	40
FIGURA 5.3	Perfil dos sedimentos para Cu nos pontos de amostragens.....	41
FIGURA 5.4	Perfil dos sedimentos para Cr nos pontos de amostragens.....	42
FIGURA 5.5	Perfil dos sedimentos para Hg nos pontos de amostragens.....	43
FIGURA 5.6	Perfil dos sedimentos para Ni nos pontos de amostragens.....	44
FIGURA 5.7	Perfil dos sedimentos para Zn nos pontos de amostragens.....	45
FIGURA 5.8	Perfil dos sedimentos para Al nos pontos de amostragens.....	46
FIGURA 5.9	Perfil dos sedimentos para Ba nos pontos de amostragens.....	47
FIGURA 5.10	Perfil dos sedimentos para Fe nos pontos de amostragens.....	47
FIGURA 5.11	Perfil dos sedimentos para Mn nos pontos de amostragens.....	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1	Parâmetros e pesos para IQA _{Cetesb}	5
TABELA 3.2	Níveis de trofia.....	7
TABELA 3.3	Classificação dos lagos segundo os graus de trofia.....	8
TABELA 3.4	Diretrizes para sedimentos das enseadas dos Lagos.....	11
TABELA 3.5	Padrões de Qualidade para Águas Doces.....	22
TABELA 3.6	Níveis de Classificação do Material a ser Dragado para Águas Doces...	24
TABELA 4.1	Fatias das amostras de sedimentos.....	27
TABELA 4.2	Pontos de amostragens georeferenciados e discriminação do Local de coleta.....	28
TABELA 4.3	Métodos analíticos dos parâmetros.....	31
TABELA 5.1	Resultados dos parâmetros analisados em águas no Lago do Amor.....	32
TABELA 5.2	Resultados dos metais em sedimentos no Lago do Amor.....	38
TABELA 5.3	Concentrações de metais em sedimentos.....	49
TABELA 5.4	Resultados dos metais na água da macrófita, em águas e sedimentos.....	50
TABELA 5.5	Concentrações de metais na macrófita em mg.kg ⁻¹ em peso seco.....	50
TABELA 5.6	Concentrações médias de metais nos tecidos morfológicos da macrófita.....	51

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Ag	Prata
Al	Alumínio
Ba	Bário
Cd	Cádmio
Cetesb	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cu	Cobre
Cr	Cromo
DBO _{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, a 20°C)
Fe	Ferro
Hg	Mercúrio
HCl	Ácido Clorídrico
HNO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
IET	Índice de Estado Trófico
IREP	Índice de Risco Ecológico Potencial
mL	Mililitro
mg.l ⁻¹	Miligramas por litro
mg.kg ⁻¹	Miligramas por quilograma
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
NH ₃	Nitrogênio Amoniacal
Ni	Níquel
ng.l ⁻¹	Nanogramas por litro
NKT	Nitrogênio Kjeldhal Total
NO ₃ ⁻	Nitrogênio Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrogênio Nitrito
N _{org}	Nitrogênio Orgânico
OD	Oxigênio Dissolvido
Pb	Chumbo
P	Fósforo
PA	Para Análise
pH	Potencial Hidrogeniônico

POP	Procedimento Operacional Padrão
ppm	Parte por milhão
ppb	Parte por bilhão
PVC	
SNC	Sistema Nervoso Central
Se	Selênio
Zn	Zinco
EAA	Espectrometria de Absorção Atômica
µg	Micrograma
µg.l ⁻¹	Micrograma por litro
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
USEPA	Agência de Proteção Ambiental Norte Americana

RESUMO

OLIVEIRA, D. M. (2005). Avaliação da Qualidade das Águas utilizando Índices Ambientais e um Estudo de Metais em Águas, Sedimentos e Macrófitas no Lago do Amor. Campo Grande/MS, 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

Avaliou-se, neste trabalho, os Índices de Qualidade das Águas do Lago do Amor em Campo Grande/MS, utilizando o Índice de Qualidade das Águas adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), que contempla os parâmetros Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais e o Índice de Estado Trófico, que contemplou os parâmetros Fósforo Total e Transparência. Foram avaliadas as concentrações de metais no Lago do Amor em águas, sedimentos e macrófitas (*Eichhornia crassipes*). Para a amostragem de água utilizou-se um amostrador alfa vertical e para sedimentos um amostrador de núcleo “Core”. Os metais determinados foram: Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco. O Índice de Qualidade das águas apresentou qualidade variando de BOA a RUIM nos pontos amostrados. O Índice de Estado Trófico indicou condições EUTRÓFICAS, MESOTRÓFICAS e HIPEREUTRÓFICAS. Os parâmetros que estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05 são: Coliformes Fecais, Coliformes Totais, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido, Cor e Turbidez, e os metais em desconformidade são: Cádmio, Chumbo, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco em águas. Os metais que estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 344/04, no perfil dos sedimentos, são: Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco. Nas macrófitas as concentrações dos metais Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco são maiores na raiz do que no talo e folha.

Palavras-Chave: Índices, Água, Sedimentos, Lago do Amor

ABSTRACT

OLIVEIRA, D. M. (2005). Evaluation of Water Quality used Indexes Environmental and Study of Metals in Water, Sediments and Macrophytes in Lake Amor. Campo Grande/MS, 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

In this study was evaluated the water quality indexes in the Lake of Amor in Campo Grande – MS City. The Water Quality Index, adapted by Environmental Sanitation Company (Cetesb) of the São Paulo State and Trophic State Index were used. The Water Quality Index uses Dissolved Oxygen, Fecal Coliforms, pH, Biochemical Oxygen Demand, Total Nitrogen, Total Phosphorus, Temperature, Total Solids and Turbidity parameters. The Trophic State Index uses Total Phosphorus and Transparence parameters. Metal concentrations in waters, in sediments and in macrophytes were considered. In case of water samples, an alpha vertical sampler was used and “Core” Sampler applied to sediments. The metals analyzed were: Aluminum, Barium, Cadmium, Lead, Copper, Chromium, Iron, Manganese, Mercury, Nickel and Zinc. The Water Quality Index shows results varying of GOOD to BAD in the analyzed points. The Trophic State Index indicated EUTROPHIC, MESOTROPHIC e HIPERTROPHIC conditions. The parameters in bad agreement with Conama nº 357/05 Resolution were: Fecal Coliforms, Total Coliforms, Total Phosphorus, Dissolved Oxygen, Color and Turbidity, In waters, the metals in bad agreement with this resolution were: Cadmium, Lead, Manganese, Mercury, Nickel and Zinc. In relation to sediment profiles, the metals in bad agreement with Conama nº 344/04 Resolution were: Cadmium, Lead, Copper, Mercury, Nickel and Zinc. In case of macrophytes the analyses shown that the metals Aluminum, Barium, Cadmium, Lead, Copper, Chromium, Iron, Manganese, Mercury, Nickel and Zinc present concentrations higher in the roots than in the stalks and leaves.

Key-Word: Index, Water Quality, Sediments, Lake of Amor

1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados em lagos apontam que eles não são permanentes. São fenômenos de pouca durabilidade na escala geológica, podendo surgir ou desaparecer com o passar do tempo, cujo desaparecimento pode estar relacionado a metabolismos, acúmulo de matéria orgânica no sedimento e deposição de sedimentos transportados por córregos que alimentam um lago (ESTEVES, 1998).

A ação do homem por meio de usos múltiplos da água para irrigação, diluição de despejos, geração de energia, recreação, dessedentação de animais, distribuição para consumo humano, dentre outros, o clima, o solo, a vegetação da região, o ecossistema aquático podem também alterar a qualidade das águas.

As aplicações de Índices permitem uma interpretação adequada da qualidade das águas, sendo que o Índice de Qualidade das Águas utilizado e adaptado pela Cetesb, da *National Sanitation Foundation* (IQA_{Cetesb}), contempla os seguintes parâmetros: OD, Coliformes Fecais, pH, DBO_{5,20}, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Temperatura, Turbidez e Sólidos Totais, e o Índice da Qualidade das Águas para Estado Trófico (IQA_{IET}) avalia a qualidade da água pelo enriquecimento de nutrientes, medindo o potencial de eutrofização e classifica o lago em grau de trofia, quanto aos seus possíveis usos, onde contempla o parâmetro de Fósforo Total e Transparência.

Este trabalho avalia a qualidade da água do Lago do Amor, bem como a presença dos seguintes metais Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Mercúrio, Níquel e Zinco em águas, sedimentos e em macrófitas, observando os limites estabelecidos pelas Resoluções Conama nº 357/05 e 344/04, assim como a Deliberação Ceca nº 003/87, do Estado de Mato Grosso do Sul.

A importância de se determinar metais em sedimentos, tem sido cada vez mais utilizada em estudos de avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos, pela sua capacidade de absorver nutrientes, metais e substâncias orgânicas, considerando depósitos naturais de contaminantes (ESTEVES, 1998).

A determinação dos metais em macrófitas aquáticas (*Eichhornia crassipes*) foi realizada visando dar início a uma investigação da quantidade desses metais, que poderiam ser absorvidos por essas plantas.

1.1 Localização do Lago do Amor

O Lago do Amor está situado na Avenida Senador Filinto Müller, entre o Hospital Universitário e o Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, em Campo Grande/MS, com uma área de lâmina de água de 110.000 m², onde habita um grande número de espécies animais e vegetais neste corpo hídrico, recebendo a contribuição do Córrego Bandeira que surge nas imediações do Bairro Itamaracá, na Avenida Três Barras e do Córrego Cabaça que surge próximo à Rua Spipe Calarge, na Vila Carlota. Esses córregos deságuam no lago, depois se unem ao Córrego Anhanduizinho e seguem para o Rio Paraná.

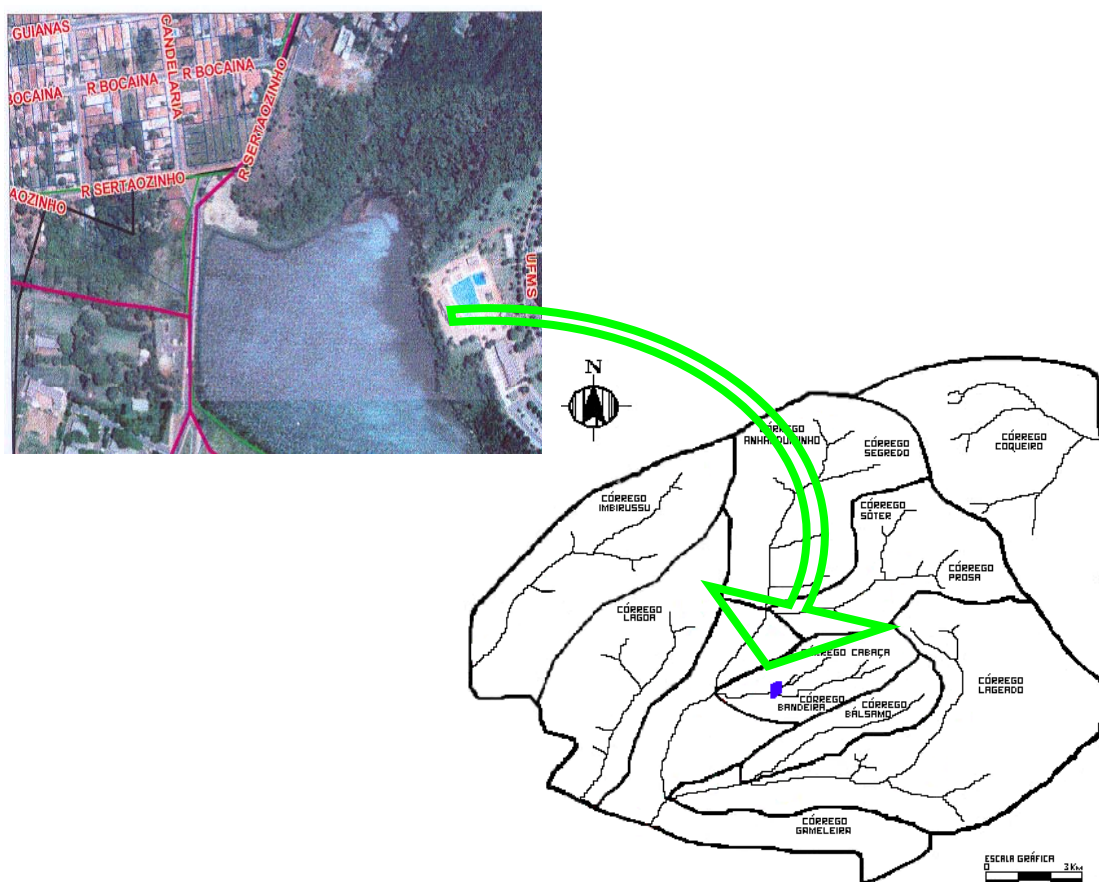


Figura 1: Localização do Lago do Amor

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Avaliar a qualidade da água aplicando o IQA_{Cetesb} e o IQA_{IET}, na água do Lago do Amor, e determinar as concentrações dos metais Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn e Hg em água, sedimentos e macrófita, visando dar início a um monitoramento de qualidade de água, sedimento e macrófitas para a preservação da vida aquática.

2.2. Objetivos específicos

Avaliar a qualidade da água aplicando o IQA_{Cetesb} e o IQA_{IET}, na água do Lago do Amor.

Avaliar o perfil de metais em sedimentos do Lago do Amor da UFMS, utilizando amostrador “Core”, a fim de melhor visualização da sua distribuição no leito do lago.

Determinar os metais Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn e Hg no talo-folha e na raiz de Macrófitas Aquáticas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Indicador e Índice de Qualidade das Águas – IQA_{Cetesb}

Segundo OTT (1978), o Índice de Qualidade das Águas desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* é um indicador baseado na opinião de especialistas, cujos profissionais elegeram nove parâmetros ambientais: Coliformes Fecais, $DBO_{5,20}$, Fósforo Total, Nitrogênio Total, OD, pH, Sólidos Totais, Temperatura da água e Turbidez. Cada parâmetro possui um peso relativo (tabela 3.1), para seguir a escala de avaliação da qualidade das águas adaptada pela Cetesb:

$IQA \leq 19$	QUALIDADE PÉSSIMA
$19 < IQA \leq 36$	QUALIDADE RUIM
$36 < IQA \leq 51$	QUALIDADE REGULAR
$51 < IQA \leq 79$	QUALIDADE BOA
$79 < IQA \leq 100$	QUALIDADE ÓTIMA

Com a seguinte formulação (equação 3.1):

$$IQA_{Cetesb} = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (\text{equação 3.1})$$

Em que:

IQA_{Cetesb} = Índice de Qualidade das Águas, adaptado pela Cetesb;

n = número de parâmetros;

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro (curvas médias);

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro.

Para cada parâmetro analisado, o resultado obtido é lançado em uma curva estabelecida de valores correspondentes a subíndices (figura 3.1), cujas proporções encontradas são elevadas ao exponencial (peso considerado descrito na tabela 3.1) e calcula-se, posteriormente, o produto em todos os subíndices. Com esse resultado final, compara-se à escala de qualidade. Os pesos para os subíndices, estão representados na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Parâmetros e pesos para IQA_{Cetesb}

Parâmetros	Unidades	Pesos
OD (% de saturação)	mg de $O_2 \cdot l^{-1}$	0,17
Coliformes Fecais	NMP.(100 ml) ⁻¹	0,15
pH	-	0,12
DBO _{5,20°C}	mg de $O_2 \cdot l^{-1}$	0,10
Nitrogênio Total	mg de N. l^{-1}	0,10
Fósforo Total	mg de P. l^{-1}	0,10
Temperatura da Água	°C	0,10
Turbidez	NTU	0,08
Sólidos Totais	mg. l^{-1}	0,08

Fonte: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/SP, 2003.

A Figura 3.1 apresenta a curva de variação dos parâmetros para o cálculo do IQA_{Cetesb} :

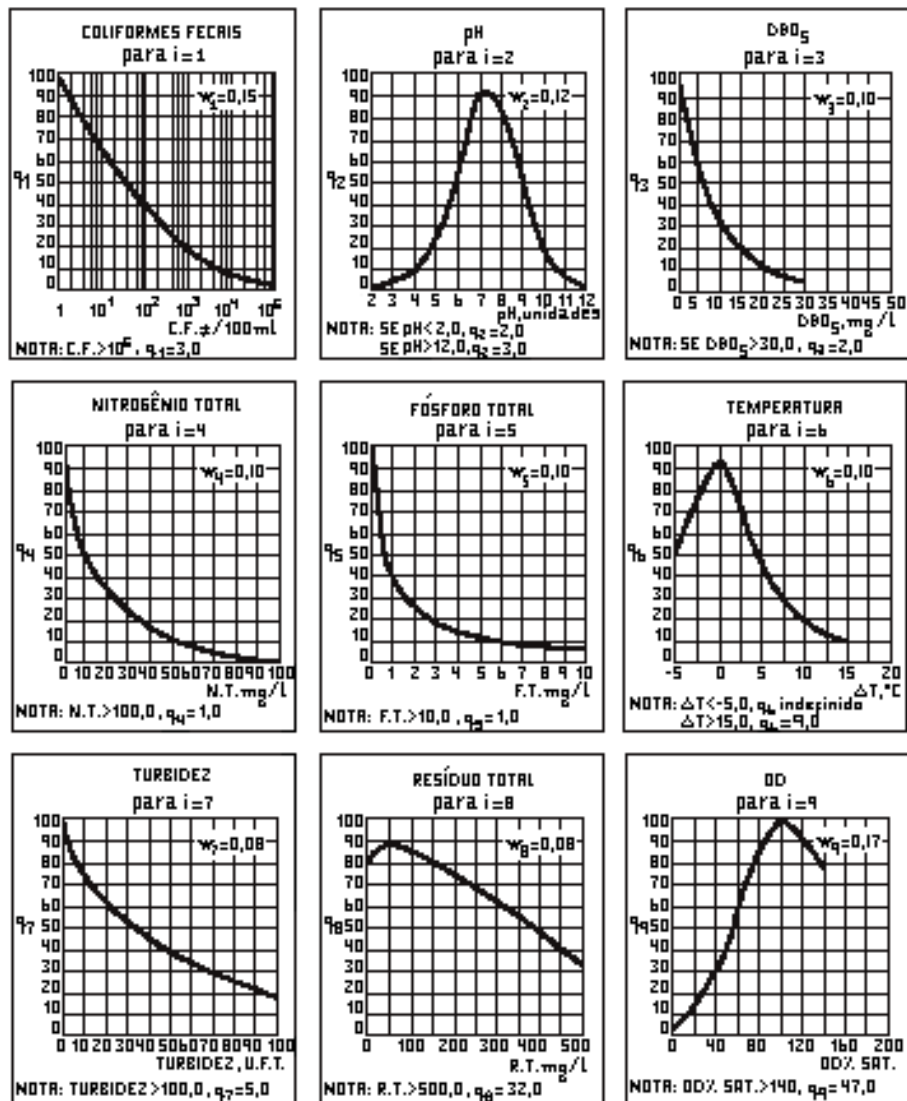


Figura 3.1 - Curvas de variação dos parâmetros IQA_{Cetesb} .

3.2 Índice de Estado Trófico - IQA_{IET}

Segundo a SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE apud CARLSON & SIMPSON (1996), modificado por TOLEDO et al. (1990); este índice revela o grau de trofia por meio de equações (3.2 e 3.3), utilizadas como média para a equação 3.4, por meio das concentrações dos parâmetros de Clorofila- α e Fósforo Total, resultando no IQA_{IET} .

$$IQA_{IET}(P) = 10 \left\{ 6 - \left[\frac{\ln \left(\frac{80,32}{P} \right)}{\ln 2} \right] \right\} \quad (\text{equação 3.2})$$

Em que:

$IQA_{IET}(P)$ = Índice de estado trófico para o parâmetro Fósforo Total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

P = concentração de fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

A equação 4.3 mostra o cálculo para o IET considerado para a Clorofila- α .

$$IQA_{IET}(CL) = 10 \left\{ 6 - \left[\frac{2,04 - 0,695 \ln CL}{\ln 2} \right] \right\} \quad (\text{equação 3.3})$$

Em que:

$IQA_{IET}(CL)$ = Índice de estado trófico para o parâmetro Clorofila- α

CL = concentração de Clorofila α ($\mu\text{g.l}^{-1}$)

A equação 4.4 é a média das equações 3.2 e 3.3

$$IQA_{IET} = \frac{IET(P) + IET(CL)}{2} \quad (\text{equação 3.4})$$

Para a classificação deste índice, a tabela 3.2 apresenta os seguintes estados de trofia: OLIGOTRÓFICO, MESOTRÓFICO, EUTRÓFICO e HIPEREUTRÓFICO:

Tabela 3.2 - Níveis de trofia

IET	Classificação	Especiação
$IET \leq 44$	OLIGOTRÓFICO	Corpos de água limpos, de baixa produtividade em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água.
$44 < IET \leq 54$	MESOTRÓFICO	Corpos de água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$54 < IET \leq 74$	EUTRÓFICO	Corpos de água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetada por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferência nos seus múltiplos usos.
$IET > 74$	HIPEREUTRÓFICO	Corpos de água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânicas e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, podendo inclusive estar associados a episódios de florações de algas e de mortandade de peixes e causar consequências indesejáveis sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE/SP, 2003.

A transparência da água foi realizada pelo disco de Secchi. Segundo ESTEVES (1998), a profundidade em metros obtida quando do desaparecimento do disco, que não é mais sensível ao olho humano, é denominada transparência do disco de Secchi.

Segundo CARLSON & SIMPSON (1996), o IET é relativamente simples de calcular utilizando a transparência, a equação 3.5 representa o cálculo por transparência:

$$IQA_{IET}(S) = 60 - 14,41 \ln(S) \quad (\text{equação 3.5})$$

Em que:

$IQA_{IET}(S)$ = Índice de estado trófico para o parâmetro Transparência.

S = medida da transparência (m).

A tabela 3.3 apresenta a classificação deste índice, utilizando a transparência pelo disco de Secchi.

Tabela 3.3 – Classificação dos lagos segundo os graus de trofia

IET (S)	Cl ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	T(m)	P($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Atributos	
<30	<0,95	>8	<6	OLIGOTRÓFICO	- Água transparente, oxigênio na camada do hipolíminio;
30-40	0,95-2,6	8-4	6-12		- Hipolíminio em lagos rasos e anóxicos.
40-50	2,6-7,3	4-2	12-24	MESOTRÓFICO	- Água moderadamente clara, com aumento de probabilidade de anoxia hipolímica durante o verão.
50-60	7,3-20	2-1	24-48	EUTRÓFICO	- Hipolíminio anóxico, possíveis problemas com macrófitas;
60-70	20-56	0,5-1	48-96		- Algas azuis-turquesa dominantes, algas escumosas e problemas com macrófitas.
70-80	56-155	0,25-0,5	96-192	HIPEREUTRÓFICO	- Produtividade limitada clara, repleta de algas e macrófitas.
>80	>155	<0,25	192-384		- Algas Escumosas, poucas macrófitas.

Fonte: CARLSON & SIMPSON (1996).

3.3 Poluição das Águas

LIMA *et al.* (2003), utilizaram o $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$ e IQA_{IET} como ferramentas para avaliação da qualidade ambiental de uma lagoa natural receptora de efluentes tratados da indústria de petróleo do pólo industrial de Guamaré-RN, avaliando a qualidade de um corpo aquático, utilizando parâmetros físico-químicos, como o OD, $\text{DBO}_{5,20}$, entre outros, a fim de avaliar o nível de impacto sofrido por esse corpo lântico submetido a cargas eventuais de efluentes tratados da indústria de petróleo. Os valores médios encontrados para o $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$ e IQA_{IET} foram de 63,63 (qualidade BOA) e 45,98 (MESOTRÓFICO), respectivamente. A utilização dos $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$ e do IQA_{IET} apresentaram resultados satisfatórios nesse estudo, indicando que esses índices podem ser utilizados em conjunto com outros indicadores de poluição ambiental.

A eutrofização é o processo de enriquecimento de lagos, represas ou rios, resultante de um aumento de sais minerais existentes em esgotos domésticos e industriais, provocando um crescimento excessivo das plantas aquáticas e um aumento de nutrientes como o nitrogênio e fósforo, não é comum a eutrofização ocorrer em rios, pois às condições ambientais são desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas (SPERLING, 1996).

Segundo DIAS (2003), a avaliação da qualidade das águas na Microbacia do Rio Dourados/MS pelo $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$, concluiu que os resultados para esse índice não comprometeram a qualidade das águas superficiais, pois 67,5% dos pontos coletados são de qualidade boa, embora algumas amostragens indicaram qualidade ruim, a autodepuração do corpo hídrico

refez esta condição para boa. Os parâmetros em desconformidade com a Resolução Conama nº 20/86 foram: Coliformes Fecais, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Turbidez.

Estudos realizados na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe no Nordeste brasileiro, por GUNKEL *et al.* (2003), avaliaram a qualidade da água, o ecossistema aquático e a armazenagem de água para abastecimento entre outros tipos de uso. Encontraram os seguintes problemas de qualidade de água: alto nível trófico, crescimento excessivo de algas e ocorrência de cianobactérias. A qualidade da água caracterizou-se pela alta temperatura da água, de 30 °C; pH de 7,2; elevado intervalo da condutividade elétrica de 187 até 2.585 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em condições de água doce até salobra; concentração de P igual a 1,28 mg P.l^{-1} , baixas concentrações de OD de 1,4 $\text{mg O}_2.\text{l}^{-1}$, concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ de 6,2 $\text{mg O}_2.\text{l}^{-1}$, contaminação significativa por bactérias coliformes de 160.000 $\text{NMP}.(100\text{ml})^{-1}$ atribuído à poluição por esgotos domésticos, e altas concentrações de Fe de 0,8 a 1,5 mg.l^{-1} Fe.

Elementos-traços podem estar presentes em águas superficiais e subterrâneas e sua contaminação é facilitada pela dispersão de materiais particulados no meio ambiente (GUILHERME *et al.*, 1998).

As quantidades de metais traços são comuns em águas, e alguns são geralmente essenciais à saúde, como: Ca, Mg, K e Na que atuam nas funções normais do corpo. Os metais Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se e Zn são necessários em baixos níveis de concentrações, pois atuam como catalisadores nas atividades enzimáticas. A água para consumo humano, que contém níveis elevados desses metais essenciais, ou de metais tóxicos, tais como: o Al, As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se e Ag, podem ser prejudiciais à saúde. Outras fontes de contaminação dos metais são: corrosão das tubulações e despejos nos locais de eliminação de resíduos (JENNINGS, SNEED, CLAIR, 1996).

Em um velho depósito, foi descoberto ao Norte de Sulawesi província da Indonésia, quantidades de Hg que foram usados como amálgama para finas partículas de ouro em brocas, para uso artesanal. O Hg usado em processos de amalgamação foi despejado em cursos de água, causando problemas. As altas densidades desse líquido são rapidamente sedimentadas, o Hg pode ser absorvido por substâncias orgânicas possibilitando o transporte das partículas dispersas nas águas dos rios. Os resultados de Hg total, do ano de 2000, foram genericamente baixos. Todos os valores estão abaixo dos padrões para potabilidade, que é de 0,001 mg.l^{-1} estabelecido pela OMS e adotado pelo Governo da Indonésia. No ano de 2001, os valores

encontrados em dois pontos, apresentaram um aumento na concentração de Hg. No ano de 2000 foi de 0,0001 e 0,00005 mg.l⁻¹; e no ano de 2001 foi de 0,00056 e 0,00092 mg.l⁻¹, respectivamente, o aumento desse nível de Hg em um intervalo de seis meses poderá significar problemas. Esses resultados sinalizam medidas urgentes de regulamentações de testes de controle de qualidade para os níveis de Hg, especialmente para águas potáveis. Especial atenção poderá ser dada nas atividades mineradoras e buscar soluções para impedir resultados de epidemia, em função da continuidade da descarga de Hg pela atividade mineradora de ouro artesanal (LIMBONG *et al.*, 2004).

Para o estudo das medidas dos teores de alguns metais pesados, ao longo dos Rios Piracicaba e Doce, em São Paulo, foram coletadas amostras de água em quinze estações de amostragem, em cinco períodos de coleta (seca de 1993 à seca de 1995). Medidas de pH, Temperatura, Condutividade Elétrica e Alcalinidade Total da água foram determinadas no campo. Os metais pesados foram analisados pelas técnicas de via úmida e espectrofotometria de absorção atômica. Não foi detectado Hg em nenhuma das amostras de água, e outros metais como Cr, Pb, Zn, Ni e Cu estavam, em geral, abaixo do limite máximo permitido, de acordo com a Resolução Conama nº 20/86 (OBERDÁ, 1996).

A investigação da avaliação da quantidade de distribuição de metais traços na bacia do Rio Survey's, na Georgia (EUA), mostrou a importância de se manter um programa de monitoramento contemplando os metais Cu, Au, Ag, Pb, Zn e Hg. Na vistoria do local, encontrou-se um complexo industrial envolvido na extração de uma variedade de metais raros. Devido à existência de poucos dados de distribuição de metais traços, pesquisaram as informações básicas para uma futura comparação e determinação de metais, que dependendo da concentração é uma ameaça para a vida biológica (RICKERT *et al.*, 1975).

3.4 Poluição dos Sedimentos

No Brasil, o estudo da sedimentologia começou a ter grande importância nas regiões mais habitadas do centro e sul do país. Deve-se isso à interferência antrópica, com o mau uso do solo, causando diversos problemas acarretados pela erosão, transporte de sedimentos nos rios, depósito em locais indesejáveis e assoreamentos dos rios, lagos e reservatórios. Sedimento é a partícula derivada da rocha, ou de materiais biológicos, que pode ser transportada por fluído; é a partícula derivada da fragmentação de rochas, por processo físico ou químico, e que é transportada pela água ou pelo vento do lugar de origem aos rios e aos locais de deposição; é

o material sólido em suspensão na água ou depositado no leito. Entre essas partículas estão os sólidos dissolvidos pela água, cuja importância é grande em diversos estudos. Essa dissolução é responsável pela salinização de lagos, reservatórios e, principalmente, os mares e oceanos ao longo dos tempos geológicos (CARVALHO & LOU, 1985).

A sedimentologia e a geoquímica de sedimentos superficiais, nos Grandes Lagos da América do Norte, têm informações da distribuição dos sedimentos e a concentração de metais. Em amostras coletadas, os sedimentos são processados para identificação de organismos bentônicos e medidas de pH. De qualquer modo, um número reduzido de coletas entre as estações de amostragem possibilitou bons resultados nos Grandes Lagos, desde o ano de 1970. Baseando-se nas concentrações, os sedimentos foram classificados como: não poluídos, moderadamente poluídos e muito poluídos. A tabela 3.4 apresenta uma diretriz para classificação dos sedimentos na enseada dos Grandes Lagos (MUDROCH & AZCUE, 1995).

Tabela 3.4- Diretriz para sedimentos nos Grandes Lagos em mg.kg^{-1}

Elemento	Não Poluídos (Menor do que)	Moderadamente Poluído	Muito Poluído (Maior do que)
As	3	3-8	8
Ba	20	20-60	60
Cd			6
Cr	25	25-75	75
Cu	25	25-50	50
Fe	17000	17000-25000	25000
Pb	40	40-60	60
Mn	300	300-500	500
Hg	1		1
Ni	20	20-50	50
Zn	90	90-200	200

Fonte: Adaptado da USEPA (1977) *apud* MUDROCH & AZCUE (1995).

Pode-se distinguir os principais fenômenos do ciclo hidrológico (interceptação, evaporação, infiltração) e determinar os processos de deslocamento de partículas sólidas: desagregação, erosão, transporte, sedimentação, depósito e consolidação. As alterações do ciclo hidrossedimentológico adaptam-se às feições das bacias hidrográficas, tais como: perfis longitudinais dos cursos de água em função da erosão das cabeceiras e da formação de depósitos nas partes mais baixas; várzeas, cuja extensão lateral aumenta quando o rio chega a sua foz; leitos que também vão se alargando de montante para jusante, e cujo material de fundo vem diminuindo de tamanho. Essas formas têm três grandes conjuntos na produção de

sedimentos: vertentes, que constituem a área de captação e produção de sedimentos; leitos, em que se concentra o escoamento que se propaga até a saída da bacia do complexo água/sedimentos produzido pelos interflúvios e planícies aluviais que circundam as calhas e que funcionam como receptores dos sedimentos produzidos à montante, quando os rios transbordam, ou como áreas fornecedoras de sedimentos (TUCCI, 2001).

O Índice de Risco Ecológico Potencial (IREP) é utilizado na contaminação por metais pesados em lagos e sistemas aquáticos costeiros da Suécia, na avaliação de sedimentos, permitindo identificar os contaminantes e as áreas que necessitam de atenção. O IREP foi adaptado às condições brasileiras para que possa ser utilizado como instrumento de gerenciamento da contaminação em sistemas aquáticos costeiros na Baía de Guanabara/RJ. O grau de contaminação obtido para a baía inteira, é menor na Região Oeste da baía. O IREP da Baía de Guanabara é baixo, indicando que o elevado estado trófico desses sistemas reduz o risco ecológico potencial da contaminação por metais, apesar das elevadas concentrações observadas. O Hg e o Cd apresentaram, respectivamente, os maiores valores de IREP de 25,4 e 5,7 para a Baía de Guanabara. O IREP da Baía de Guanabara aumentará exponencialmente à medida em que for reduzido o seu estado trófico, em um possível cenário futuro de melhoria de sua qualidade de água (CAMPOS, 2000).

O Rio Gualaxo do Norte, situado na Região Sudeste do Quadrilátero Ferrífero/MG, recebe os efluentes das minas de ferro de Timbopeba, Capanema, Samarco e Samitri e de garimpos. Foram realizadas análises de águas e sedimentos no interior da Mina de Timbopeba, nos efluentes das minas de ferro e no curso principal do Rio Gualaxo do Norte, de sua cabeceira até sua desembocadura. Esse rio percorre várias seqüências geológicas associadas à ocorrências de minerais metálicos. Os valores de Fe, Mn e Al, em águas, estão acima do limite estabelecido pela legislação brasileira. Elevados teores de Fe e Mn nas águas e sedimentos estudados, são atribuídos às fontes litogênicas associadas às atividades garimpeiras. Os comportamentos dos elementos químicos nos diagramas químicos são os principais indicadores de que o garimpo de Antônio Pereira, que vem historicamente explorando encostas e leitos de rios da cabeceira do Rio Gualaxo do Norte, é a principal fonte antropogênica de elementos tóxicos (As, Mn, Sb, Ba e Hg) em sedimentos desse Rio. Os teores desses metais excederam o limite estabelecido pela legislação. Anomalias químicas de Cr, Ni e Mo foram caracterizadas nos sedimentos de um tributário do Rio Gualaxo (Rio Natividade) aparentemente associadas à composição litogeoquímica. O Cr apresentou teores 149 vezes acima do limite estabelecido pela legislação. Anomalias de Cu, Pb e Zn

identificadas em Bento Rodrigues são provavelmente atribuídas aos depósitos auríferos arqueanos (COSTA, 2001).

Elementos-traços podem estar presentes em águas superficiais e subterrâneas, em solos e sedimentos por processos naturais (intemperismo e lixiviação de metais no perfil do solo) e atividades antropogênicas (mineração e indústria, além da geração de efluentes de águas residuárias), e podem se ligar a partículas orgânicas ou inorgânicas por meio de adsorção e assimilação, retornando à forma dissolvida por meio da mineralização da biota, dessorção ou ressolubilização. Próxima à interface água-sedimento, pode ocorrer uma zona anóxica, de depleção de O_2 , em que reações de redução e dissolução de óxidos de Fe (III) e Mn (IV) podem liberar metais catiônicos (Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+}) ou oxianions (AsO_3^{-3}). A dissolução desses óxidos leva à liberação de Fe^{2+} e Mn^{2+} que, na presença de O_2 , sofrem oxidação e reprecipitação, levando novamente à formação de óxidos de Fe(III) e Mn(IV), que podem adsorver elementos-traços dissolvidos, sofrendo sedimentação no fundo de um lago, ficando sujeitos a novos ciclos de redução e dissolução (GUILHERME *et al.*, 1998).

A Baía de Guayamas está localizada no Estado de Sonora, México. O porto contém muitas atividades urbanas. Existem mais de 100 tipos de barcos e 63 efluentes de origem industrial e águas residuárias municipais contaminadas que descarregam no ambiente marinho, contribuindo para a eutrofização de sedimentos marinhos e a adsorção de metais em plantas aquáticas. Esse estudo avaliou o grau de contaminação dos metais em sedimentos marinhos, usando o índice de geoacumulação em 25 pontos de coleta para os metais: cobre, manganês, zinco, chumbo, níquel e cádmio. As maiores concentrações encontradas dos metais são: Cu é de 339 mg.kg^{-1} ; Mn de 247 mg.kg^{-1} ; Zn = 367 mg.kg^{-1} ; Pb = 81 mg.kg^{-1} ; Ni = $58,5 \text{ mg.kg}^{-1}$; e Cd = $5,1 \text{ mg.kg}^{-1}$. A utilização do Índice de geoacumulação para o nível de poluição dos metais Cu, Zn e Pb, em algumas áreas da Baía de Guayamas é moderadamente elevado, para o nível de Cd na baía é muito alto (MÉNDEZ *et al.*, 2004).

Amostras de sedimentos e peixes em quinze estações de amostragem, em cinco períodos de coleta (seca de 1993 à seca de 1995) para medidas dos teores de alguns metais pesados, ao longo dos Rios Piracicaba e Doce, em São Paulo, foram avaliados por OBERDÁ (1996). Em amostras de peixe, foram detectados somente Zn e Hg, e nas amostras de sedimentos, Cr, Pb, Zn, Ni e Hg estavam acima da concentração máxima permitida. Em geral, a estação seca apresentou teores mais elevados que os de chuva. Esses resultados e considerações permitem

concluir que os Rios Piracicaba e Doce estão poluídos com metais pesados, com exceção do Cu.

A morfologia de um lago na bacia é importante na determinação de interações de água-sedimento. Lagos rasos geralmente mostram aumento de produtividade biológica. A formação geológica favorece os solos superficiais no lago, que capta sua maior importância na determinação da composição química da água do lago. Desgastes e transportes de partículas de minerais do solo orgânico e inorgânico são importantes para contribuição dos processos sedimentológicos, especialmente durante períodos de grande descarga. Os elementos-traços são dissolvidos na água de reservatórios dos lagos, em pequenas concentrações, ng.l^{-1} . O aumento da deposição favorece um aumento de níveis de metais como Pb, Cd, Hg e Zn. No lago regional da Normandia, Suécia e Finlândia, encontraram altos níveis de Zn, Cd e Pb, registrados no lago sul comparado com o norte. Essas diferenças são parcialmente explicadas pelo fato da parte sul da região receber substâncias ácidas e, conseqüentemente, baixo pH (SALBU & STEINNES, 1995).

3.5 Macrófitas Aquáticas

A limnologia é o ramo da ciência que estuda os lagos, a comunidade aquática, tanto que é difícil diferenciar um lago de uma lagoa. Muitos autores consideram lagoa como corpos de águas rasos, de água doce, salobra ou salgada, onde a radiação solar pode atingir os sedimentos e com isso possibilitar o crescimento de macrófitas em toda região. O crescimento excessivo de macrófitas traz problemas para o meio ambiente, tais como: proliferação de mosquitos transmissores de doenças hídricas, redução da concentração de oxigênio dissolvido, aumento do nível de eutrofização principalmente pelo aumento dos nutrientes: nitrogênio e fósforo. As macrófitas absorvem grandes quantidades de nutrientes e metais como Fe, Cu, Zn, Ni, Cd e Pb. Há três métodos de controle das macrófitas aquáticas, que são: o mecânico, o químico e o biológico (ESTEVES, 1998).

Para determinar a contaminação de metais em algumas macrófitas aquáticas em rios urbanos, no Sudeste de Queensland na Austrália, foram amostrados plantas e sedimentos. Os metais analisados foram Cd, Cu, Pb e Zn utilizando absorção atômica por chama. Em geral valores encontrados nas raízes das plantas possuem elevadas concentrações de metais próximo aos sedimentos, e absorvem maiores concentrações de metais do que nas folhas. Encontraram-se altos níveis de metais totais. Para o Zn a concentração obtida foi de $4300\mu\text{g.g}^{-1}$, Cd igual

6,5µg.g⁻¹, Cu igual 431µg.g⁻¹ e Pb igual 63,9µg.g⁻¹ em peso seco na raiz (CARDWELL, HAWKER, GREENWAY, 2002).

3.6 - Significado Sanitário dos Metais em Estudo

Os elementos químicos encontrados na natureza, geralmente em concentrações pequenas, em ppm e ppb, são conhecidos como elementos-traços, e o termo metal pesado, que é utilizado em várias publicações não tem consistência, pois não há uma distinção entre metal, ametal e semimetal, mas alguns autores aplicam esses termos como metais pesados em função do peso e toxicidade. Os metais Fe, Zn, Mn e Cu são essenciais aos organismos vivos, em níveis abaixo da Resolução Conama nº 357/05 por possuírem importância no metabolismo na vida aquática. Os elementos-traços como Hg, Pb, Cd, Cr e Ni não possuem função biológica conhecida e são considerados tóxicos a uma grande variedade de organismos quando apresentarem concentrações acima da Resolução Conama nº 357/05 (ESTEVES, 1998).

Segundo DUFFUS (2002), o termo “metal pesado” deve ser definido pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC). Não se pode relacionar entre densidade (gravitacional), e vários outros conceitos físico-químicos para definir “metais pesados” e atribuir a toxicidade ou ecotoxicidade. A bioavaliação depende de parâmetros biológicos e de propriedades físico-químicas dos elementos metálicos, seus íons e seus compostos, uma classificação de elementos metálicos pode basear cientificamente as legislações através da tabela periódica. O termo “metal pesado”, torna-se obsoleto porque não há coerência científica, portanto utiliza-se o termo “metal” para referenciar os metais e seus compostos. Isto implica no metal puro e seus compostos com propriedades físico-químicas, biológicas e toxicológicas.

Na lista da agência para registro de substâncias tóxicas e doenças norte-americana (ATSDR, 2003), consta uma ordem de prioridade de substâncias toxicológicas que ameaçam potencialmente a saúde humana. Essa lista é revisada e publicada periodicamente de dois em dois anos, para refletir a informação adicional em substâncias perigosas. A ordem crescente de toxicidade inicia-se com o As (1) e termina em (271). Dos metais analisados segue a ordem de toxicidade: Pb (2), Hg (3), Cd (7), Ni (53), Zn (73), Cr (76), Ba (102), Cu (129), Mn (138) e Al (186).

A Agência de Proteção Ambiental norte-americana (USEPA) tem classificado treze metais como poluentes primordiais: Al, Sb, As, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Ag e Zn; e a fonte de

conservação e recuperação norte-americana tem listado oito metais, com mobilidade no solo, como tóxicos, sendo: As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se e Ag (PATNAIK, 1997).

Segundo PNUE (1984) *apud* MANSOUR E SIDKY (2002) a presença de metais no ambiente é particularmente devido a processos naturais, tais como atividades vulcânicas e erosão, mas é principalmente resultado de resíduos industriais.

A seguir serão apresentadas algumas características dos metais estudados.

3.6.1 Alumínio

Os efeitos ambientais do Alumínio estão relacionados com águas superficiais que possuem acidez elevada. O Alumínio é muito tóxico aos peixes em águas ácidas. Suas guelras se constituem no principal órgão afetado e a morte dos peixes se dá devido à combinação de ionoregulador, osmoregulador e deficiência respiratória (EXLEY, CHAPPELL, BIRCHAL, 1991).

A acumulação de Alumínio em alguns pacientes com insuficiência renal crônica é associada com o desenvolvimento dos fenômenos tóxicos: diálise encefalopática, diálise osteodistrófica (desnutrição) e anemia. A acumulação de Alumínio também ocorre em pacientes que não estão em diálise, principalmente em jovens e crianças com função renal não desenvolvida. O Alumínio também causa uma toxicidade na etiologia da doença de Alzheimer, esclerose e doença de Parkinson (HEWITT, SAVORY, WILLS, 1990).

3.6.2 Bário

Os sais de Bário são utilizados industrialmente na elaboração de pigmentos, fogos de artifício, fabricação de vidros e inseticidas. A entrada do Bário no corpo humano é feita por meio do ar e da água, pois nenhum alimento contém Bário em quantidades apreciáveis. A ingestão de Bário pode causar sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos sanguíneos e nervos. Em doses pequenas ou moderadas, produz o aumento transitório da pressão sanguínea. A dose fatal para o homem é considerada entre 0,8 a 0,9 g como Cloreto (550 a 660 mg de Bário). Até agora não se comprovou que possua efeito acumulativo (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.3 Cádmio

O Cádmio é usado na natureza para ligar-se com Cu, Pb, Ag, Al e Ni. É também utilizado em galvanoplastia, cerâmica, pigmentação, baterias, fotografia e reatores nucleares. Sais de Cádmio são empregados como inseticidas e anti-helmínticos. Ainda que Cloretos, Nitratos e Sulfatos de Cádmio sejam altamente solúveis em água, os Carbonatos e Hidróxidos são insolúveis. Assim, em altos valores de pH haverá precipitação do Cádmio. A intoxicação com sais de Cádmio causa câibras, náuseas, vômitos e diarreia. Tende a se concentrar no fígado, rins, pâncreas e tireóide, em seres humanos e nos animais. Em geral, muitas plantas e tecidos animais contém aproximadamente 1 mg de Cd por kg de tecido. O consumo diário de Cádmio, pelo homem, pode variar de 4 a 60 µg, dependendo dos alimentos ingeridos. Pode causar tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, aumento da inibição, doenças crônicas de envelhecimento e câncer (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

Podem ocorrer outros efeitos nocivos pela presença de Cádmio, acima dos padrões ambientais, tais como: paralisia respiratória e colapso cardíaco em casos de intoxicação aguda; osteomalecia (afinamento dos ossos); doença itai-itai (ocorrida no Japão, caracterizando-se por alteração no sistema renal–urinário com grande perda de Cálcio); alterações fisiológicas nos organismos aquáticos semelhantes às observadas para o homem (SAWYER, 1987).

3.6.4 Chumbo

O Chumbo é um metal tóxico, que tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais. Aparece na natureza principalmente como sulfeto, carbonato, sulfato e clorofosfato de Chumbo. Sua toxicidade é afetada pelo pH, matéria orgânica, pela presença de outros metais, Dureza e Oxigênio Dissolvido. A toxicidade do Chumbo diminui com o aumento da Dureza e aumenta com a diminuição do Oxigênio Dissolvido. A presença acima dos padrões ambientais pode causar efeitos nocivos, tais como: anemia, disfunção neurológica, enfraquecimento renal, irritabilidade, paralisia dos nervos, pressão sangüínea elevada, edema de papila, convulsão e coma, além de nefrite saturnina. É cancerígeno, mutagênico e teratogênico. A USEPA (1973) recomenda que, devido a pouca informação disponível sobre a sua remoção nos processos convencionais de tratamento de água, o Chumbo não deve exceder a 0,05 mg.l⁻¹, nos mananciais de água para abastecimento público, e a legislação brasileira

recomenda a sua concentração menor que 0,010 mg.l⁻¹ para a classe 1 da Resolução Conama nº 357/05 (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.5 Cobre

Os sais de Cobre ocorrem em águas superficiais naturais apenas em quantidades traços, aproximadamente 0,05 mg.l⁻¹. A toxicidade é afetada por condições ambientais, tais como Temperatura, Dureza, Turbidez e Dióxido de Carbono. Elevadas concentrações de Cobre podem produzir vômitos, perturbações no fígado, sabor desagradável na água e efeitos tóxicos para uma extensa variedade de formas aquáticas. Concentrações de 0,015 mg.l⁻¹ a 3,0 mg.l⁻¹ têm sido indicadas como tóxicas, em água doce, para muitas espécies de peixes, crustáceos, moluscos e plânctons em geral (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.6 Cromo

O Cromo é um elemento-traço essencial à nutrição humana, mas raramente encontrado em águas naturais. A sua toxicidade em relação à vida aquática, varia amplamente com a espécie, Temperatura, pH, valência, Oxigênio Dissolvido e efeitos sinérgicos e antagônicos. Geralmente, o estado de oxidação depende da forma como o Cromo é lançado, e das condições ambientais do corpo receptor, mas, em condições normais de pH e Oxigênio Dissolvido, a forma hexavalente é mais tóxica para os peixes. Os efeitos que uma intoxicação por Cromo pode causar são: corrosão das mucosas, problemas respiratórios e modificações hematológicas. Os organismos aquáticos apresentam variação de 0,03 a 118 mg.l⁻¹, em relação à sensibilidade ao Cromo. Considerando o Cromo hexavalente, uma concentração de 0,05 mg.l⁻¹, causa a morte de *Daphnia magna* em 6 dias (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.7 Ferro

Altas concentrações de Ferro em águas podem propiciar o desenvolvimento das ferro-bactérias, que se encontram em rede e reservatórios de distribuição, em poços profundos. As ferro-bactérias transmitem à água odores fétidos e cores avermelhadas, verde-escura ou negra, além de obstruírem as canalizações. A Organização Mundial de Saúde (OMS), nos seus padrões de 1971, recomenda como teores máximo desejável e permissível, 0,1 e 1,0 mg.l⁻¹ como Ferro Total; respectivamente (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

O Ferro na água não é um perigo para a saúde, mas pode aumentar a quantidade de organismos patogênicos, já que muitos destes organismos requerem este elemento para seu desenvolvimento (JENNINGS, SNEED, CLAIR, 1996).

3.6.8 Manganês

O Manganês é utilizado na fabricação de fósforos de segurança, pilhas secas, fertilizantes, fungicidas, rações, eletrodos para solda, catalisadores, vidros, tintas e produtos farmacêuticos. As exposições mais comuns ocorrem por fumos e poeiras de Manganês. A via respiratória é a principal via de introdução e absorção desse metal nas exposições ocupacionais. Os sintomas provocados pelo Manganês no sistema nervoso central são: distúrbios do sono, dores musculares, excitabilidade mental e movimentos desajeitados, dificuldade da fala, tremor, psicose maníaco-depressiva e a clássica síndrome que lembra o mal de Parkinson, além de bronquite aguda, da asma brônquica e da pneumonia (CAMPOS, 2004).

O Manganês, em grandes doses, causa dor de cabeça, apatia, irritabilidade, insônia e fraqueza dos pés. A exposição por longo período pode resultar em uma desordem no sistema nervoso (JENNINGS, SNEED, CLAIR, 1996).

3.6.9 Mercúrio

O Mercúrio pode adentrar nos corpos de água na forma de sais, compostos orgânicos ou na forma metálica e que, ao sofrer ações de microrganismos podem ser transformados em Metilmercúrio, um composto nocivo, sendo que um complexo organo-mercúrio, em pequena concentração, é capaz de reduzir o crescimento do fitoplâncton (ESTEVES, 1998).

Os compostos de Mercúrio orgânico são utilizados em fungicidas na agricultura e em indústrias. Os efeitos da aplicação, em contato com o solo, transformam-no em compostos insolúveis com fixação de grupos sulfurosos na matéria orgânica e lodos. Um dos mais graves acidentes de envenenamento por Mercúrio ocorreu em Minamata, no Japão, em 1953, causado pelos efluentes de uma fábrica de PVC que utilizava Mercúrio inorgânico no processo. Esses efluentes eram despejados na Baía de Minamata e o Mercúrio foi convertido em Cloreto de Metilmercúrio por ação de bactérias anaeróbicas encontradas no lodo da baía, o Metilmercúrio produzido contaminou algas, moluscos e peixes, entrando na cadeia alimentar da população local. Os habitantes que viviam perto da baía e que comeram os peixes

contaminados, adquiriram doenças que causaram profundas desordens neurológicas e muitas vezes a morte. Esta ocorrência ficou conhecida como doença de Minamata (BAIRD, 1998).

As concentrações naturais de Mercúrio na água, variam de menos de $0,1$ a $17,0 \mu\text{g.L}^{-1}$, sendo que a maioria dos valores é igual ou menor que $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$. A alta toxicidade dos compostos mercuriais relaciona-se com maior afinidade pelos solventes orgânicos, grupos sulfidril e amina, presentes em aminoácidos. A estabilidade dos compostos orgânicos e inorgânicos, determinada pelo estado de oxidação, juntamente com pH, é o principal fator que influi na toxicidade de Mercúrio. Altas concentrações mercuriais podem causar efeitos nocivos, como: intoxicação aguda: náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia sangüínea, danos ao rins e morte; intoxicação crônica: inflamação da boca e gengivas, dilatação das glândulas salivares, salivação excessiva, perda de dentes, problemas renais, alterações psicológicas e psicomotoras; efeitos genéticos: rompimento dos cromossomos, inibição do mecanismo mitótico, destruição dos tecidos neurais (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.10 Níquel

O Níquel, na forma elementar, raramente ocorre na natureza, porém são encontrados compostos de Níquel em muitos minerais. Embora, como metal puro, o Níquel seja insolúvel na água, seus sais são altamente solúveis, podendo estar presentes na água devido a despejos industriais. Os sais de Níquel são tóxicos para as plantas em geral. Para a vida aquática, os níveis de toxicidade são variáveis e determinados pelo pH e efeitos sinérgicos de outros metais (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.6.11 Zinco

O Zinco é um elemento necessário ao desenvolvimento e crescimento de plantas e animais, ocorrendo em todas as águas minerais que suportem vida aquática. Em relação aos peixes e organismos aquáticos o Zinco exibe sua maior toxicidade, provocando mudanças adversas em sua morfologia e fisiologia, obstrução das guelras, causando crescimento e maturação retardados até à morte. A toxicidade do Zinco está relacionada com as reações de troca iônica existentes no meio hídrico. A concentração de Zinco é inversamente proporcional à Dureza e Oxigênio Dissolvido e diretamente proporcional à Temperatura (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

3.7 Legislações

3.7.1 Resolução Conama nº 357/05

A Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do Território Nacional, segundo os usos preponderantes a que as águas se destinam. As águas doces, em particular, são distribuídas em cinco classes:

Classe Especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1 - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2 - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3 - águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;

- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

Classe 4 - águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Na tabela 3.5 estão apresentados os padrões de qualidade para os parâmetros físico-químicos e metais, para águas doces determinados no Lago do Amor, segundo a Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005.

Tabela 3.5 - Padrões de Qualidade para Águas Doces

Parâmetros	unidade	Resolução Conama nº 357/05			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
CF	NMP.(100ml) ⁻¹	200	1000	4000	> 4000
CT	NMP.(100ml) ⁻¹	1000	5000	20000	> 20000
Cor	mg Pt-Co.l ⁻¹	natural	até 75	até 75	> 75
DBO	mg O ₂ .l ⁻¹	3	5	10	>10
FT (lêntico)	mg P.l ⁻¹	0,025	0,050	0,075	> 0,075
NH ₃	mg N.l ⁻¹	3,7	3,7	13,3	> 13,3
NO ₃ ⁻	mg N.l ⁻¹	10	10	10	> 10
NO ₂ ⁻	mg N.l ⁻¹	1	1	1	1
OD 30%	mg O ₂ .l ⁻¹	não < 6	não < 5	não < 4	> 2
OD 60%	mg O ₂ .l ⁻¹	não < 6	não < 5	não < 4	> 2
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
SDT	mg.l ⁻¹	500	500	500	> 500
Turbidez	UNT	40	100	100	> 100
Ba total	mg Ba.l ⁻¹	0,7	0,7	1,0	>1,0
Cd total	mg Cd.l ⁻¹	0,001	0,001	0,01	0,01
Pb total	mg Pb.l ⁻¹	0,01	0,01	0,033	0,05
Cr total	mg Cr.l ⁻¹	0,05	0,05	0,05	> 0,05
Mn total	mg Mn.l ⁻¹	0,1	0,1	0,5	> 0,5
Hg total	mg Hg.l ⁻¹	0,0002	0,0002	0,002	0,002
Ni total	mg Ni.l ⁻¹	0,025	0,025	0,025	> 0,025
Zn total	mg Zn.l ⁻¹	0,18	0,18	5	> 5

3.7.2 Resolução Conama nº 344/04

A Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

Material Dragado: material retirado ou deslocado do leito dos corpos de água decorrente da atividade de dragagem, desde que esse material não constitua bem mineral;

Órgão Ambiental Competente: órgão ambiental de proteção e controle ambiental do poder executivo federal, estadual ou municipal, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente, responsável pelo licenciamento ambiental, no âmbito de suas competências;

Disposição Final do Material Dragado: local onde serão colocados os materiais resultantes das atividades de dragagem, onde possam permanecer por tempo indeterminado, em seu estado natural ou transformado em material adequado a essa permanência, de forma a não prejudicar a segurança da navegação, não causar danos ao meio ambiente ou à saúde humana;

Águas Jurisdicionais Brasileiras: classificadas em águas interiores e águas marítimas, em particular as águas interiores são as águas compreendidas entre a costa e a linha de base reta, a partir de onde se mede o mar territorial; águas dos portos; águas das baías; águas dos rios e de suas desembocaduras; águas dos lagos; das lagoas e dos canais; águas entre os baixios a descoberto e a costa;

Eutrofização: processo natural de enriquecimento por nitrogênio e fósforo em lagos, represas, rios ou estuários e, conseqüentemente, da produção orgânica; nos casos onde houver impactos ambientais decorrentes de processos antrópicos, há uma aceleração significativa do processo natural, com prejuízos à beleza cênica, à qualidade ambiental e à biota aquática.

Para efeito da classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis:

Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota.

Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota.

Os critérios de qualidade fundamentam-se na comparação dos resultados da caracterização do material a ser dragado, com os valores orientadores previstos na tabela 3.6, a fim de orientar o gerenciamento da disposição do material dragado no procedimento de licenciamento ambiental.

Tabela 3.6 - Níveis de Classificação do Material a ser Dragado para Água Doce

Níveis de Classificação do Material a ser Dragado em mg.kg ⁻¹							
METAIS	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Limites Nível 1	0,6	35	35,7	37,3	0,17	18	123
Limites Nível 2	3,5	91,3	197	90	0,486	35,9	315

3.7.3 Lei Federal nº 9.433

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre os fundamentos dessa lei destaca-se: que a água é um bem de domínio público, é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos devem assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável e garantir a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Dos instrumentos destaca-se o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água.

3.7.4 Deliberação CECA nº 003

Deliberação CECA/MS nº 003, de 20 de junho de 1997, dispõe sobre a preservação das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul.

4 METODOLOGIA

Os metais totais determinados no Lago do Amor em águas, sedimentos e macrófitas foram o Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Hg, Ni e Zn. Os procedimentos operacionais padrões dos metais estão descritos no Anexo A. Foram considerados sete pontos de amostragem para amostras de água e seis pontos de amostragem para sedimentos e uma amostra de macrófitas.

As amostras foram analisadas no Laboratório de Águas do Departamento de Hidráulica e Transportes da UFMS. A técnica utilizada foi Espectrometria de Absorção Atômica, utilizando o equipamento Espectrômetro de Absorção Atômica, multiseqüencial 220-FS, para os metais conforme os métodos analíticos da APHA, AWWA, WPCF (1998).

Os padrões utilizados foram os padrões de solução concentrada para preparo das curvas de calibração de cada metal (Tritisol), e os reagentes utilizados foram os de grau P.A. As soluções para eliminar interferentes dos metais determinados no Lago do Amor, em água e sedimentos e soluções para a determinação do Mercúrio, estão descritas no Anexo B.

Os parâmetros: $\text{DBO}_{5,20}$, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Kjeldhal Total, Sólidos Totais e Turbidez para o cálculo do $\text{IQA}_{\text{cetesb}}$ foram analisados no laboratório de Físico-Química da Empresa Sanágua.

Os parâmetros de Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura da água e Transparência por meio do disco Secchi, foram realizados no momento da coleta.

A aplicação do IQA_{IET} contemplou os parâmetros Fósforo Total e Transparência para o cálculo de níveis de trofia.

4.1 Amostragem

A coleta e preservação das amostras de águas, sedimentos e macrófita realizaram-se conforme estabelece a APHA, AWWA, WPCF (1998), o Manual da USEPA (2001) e CARDWELL, HAWKER, GREENWAU (2002).

4.1.1 Amostragem de águas

Para a amostragem de água utilizou-se um amostrador alfa vertical para amostras compostas de coletas pontuais de água, conforme Figura 4.1.



Figura 4.1 - Amostrador alfa vertical para amostras de água.

4.1.2 Amostragem de sedimentos

As coletas de sedimentos foram realizadas com o amostrador de núcleo “*Core Sample*”, conforme Figura 4.2, composto de um conjunto de pesos, um suporte para tubos de policarbonato, ilustrado na Figura 4.3. A retirada da amostra foi realizada na posição vertical, até o limite da penetração do amostrador no sedimento.



Figura 4.2 – Amostrador “*Core*” para sedimentos.



Figura 4.3. Amostrador “Core” e acessórios.

As amostras de sedimentos em cada ponto foram fatiadas de acordo com a Tabela 4.1:

Tabela 4.1 – Fatias das amostras de sedimentos

Nº Fatias	Ponto 1 (cm)	Ponto 2 (cm)	Ponto 3 (cm)	Ponto 4 (cm)	Ponto 5 (cm)	Ponto 6 (cm)	Ponto 7 (cm)
1			4	8		*	
2				10		*	10
3	10					*	
4			3		10	*	
5	2	3			3	*	2
5		10				*	
10				3		*	

*Não foi coletada amostra neste ponto.

Não foi possível coletar amostras de sedimentos no Ponto 6, pois próximo ao vertedouro do lago não havia sedimentos suficientes para as análises.

4.1.3 Amostragem da macrófita

A coleta de uma macrófita para análise foi realizada em junho de 2004, com a seguinte divisão fisiológica: talo, juntamente com a folha, e a raiz separadamente. Foram realizadas análises de metais na água do recipiente de coleta da macrófita, cujo volume foi de 2 litros. Retirou-se a macrófita do recipiente de coleta e procedeu-se a uma lavagem com água destilada e deionizada na superfície para eliminação de resíduos sólidos impregnados. Realizaram-se análises de metais nesta água de lavagem, no talo junto com as folhas e nas raízes da macrófita.

4.2 Identificação dos pontos de amostragem

O Lago do Amor localiza-se na área do Campus da UFMS a uma altitude de 521m.

A Tabela 4.2 apresenta a discriminação dos pontos de amostragens no Lago do Amor em 2004, georeferenciados pelo equipamento de Posicionamento Global por Satélite (GPS) Modelo: BRUNTON MNS.

Tabela 4.2- Pontos de amostragens georeferenciados e discriminação do local da coleta

Pontos	Data	Longitude	Latitude	Discriminação
P01	17/06/04	54°36'53"	20°30'14"	Lago do Amor na entrada do Córrego Bandeira
P01	17/06/04			Coleta de sedimentos
P02	17/06/04	54°36'56"	20°30'07"	Lago do Amor na entrada do Córrego Cabaça
P02	17/06/04			Coleta de sedimentos
P03	17/06/04	54°37'04"	20°30'07"	Lago do Amor na barragem próxima ao Hospital
P03	22/06/04			Universitário Coleta de sedimentos
P04	17/06/04	54°37'05"	20°30'10"	Lago do Amor na barragem ao centro
P04	22/06/04			Coleta de sedimentos
P05	17/06/04	54°36'59"	20°30'10"	Lago do Amor na região central
P05	17/06/04			Coleta de sedimentos
P06	17/06/04	54°37'05"	20°30'12"	Lago do Amor na barragem próximo ao vertedouro
P06				Não teve sedimentos suficientes para a coleta
P07	17/06/04	54°36'57"	20°30'09"	Lago do Amor próximo à piscina da UFMS
	06/11/04			
P07	18/06/04			Coleta de sedimentos

A Figura 4.4 mostra os 7 pontos de amostragem no Lago do Amor.

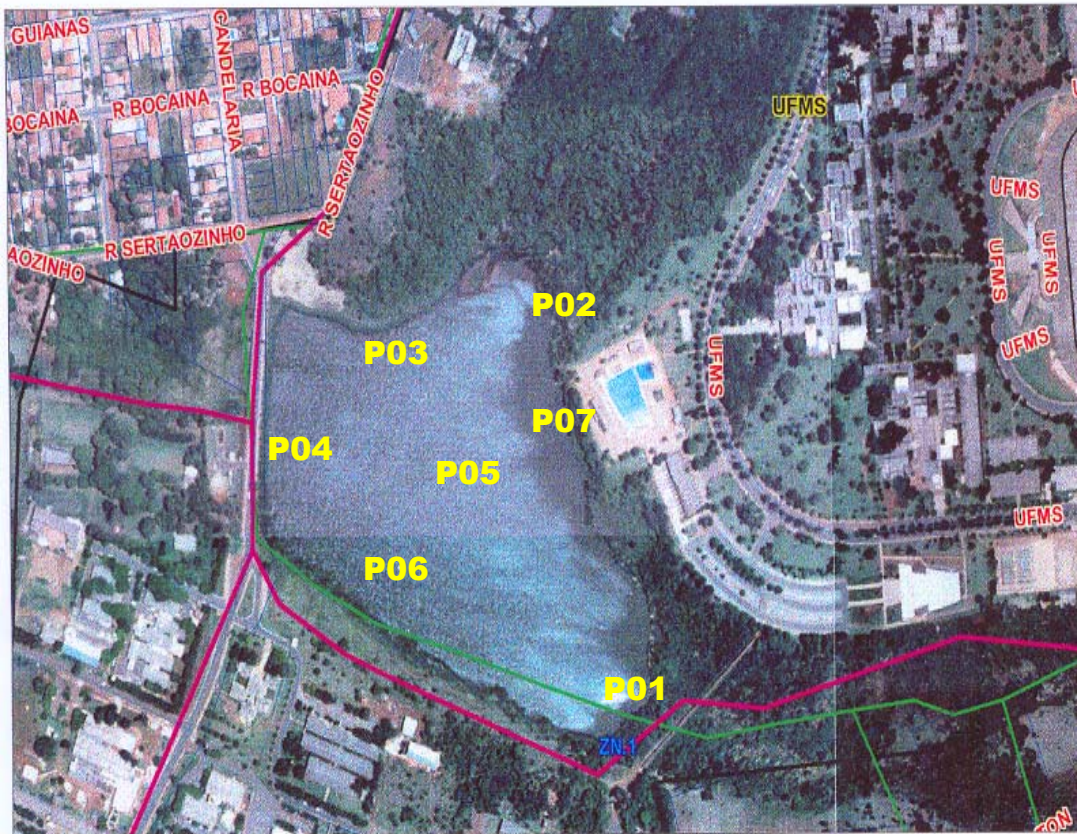


Figura 4.4 – Imagem satélite do Lago do Amor e dos pontos amostrais.
Fonte: GEOMORENA, 2000.

A Figura 4.5 mostra a imagem do Lago do Amor vista pelo Departamento de Química (DQI) – UFMS.



Figura 4.5 – Lago do Amor vista pelo DQI da UFMS, em junho de 2004.

Na amostragem, em junho de 2004, o Lago do Amor estava com uma quantidade de macrófitas regular; porém, na amostragem de novembro, o lago apresentou uma quantidade excessiva de macrófitas, impossibilitando assim, o acesso para a amostragem de água para a 2ª, 3ª e 4ª campanha de coleta nos pontos determinados que seria realizada no Lago do Amor. Para a 2ª campanha de amostragem só foi possível a coleta do ponto 7, próximo à piscina da UFMS. As Figuras, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 mostram as fotos nos dias das amostragens do Lago do Amor, nos meses de junho e novembro de 2004.



Figura 4.6 - amostragem em junho.



Figura 4.7 amostragem em novembro.



Figura 4.8 - amostragem em junho.



Figura 4.9 amostragem em novembro.



Figura 4.10 - amostragem em junho.



Figura 4.11 amostragem em novembro.

4.3 Métodos

Na tabela 4.3 são apresentados os métodos analíticos dos parâmetros analisados.

Tabela 4.3 – Métodos analíticos dos parâmetros

Parâmetros	Método	Número
Al total	EAA, chama de óxido nitroso / acetileno	3030
Ba total	EAA, chama de óxido nitroso / acetileno	3030
Cd total	EAA, chama ar / acetileno	3030
Pb total	EAA, chama de óxido nitroso / acetileno	3030
Cu total	EAA, chama ar / acetileno	3030
Coliforme Fecal	Tubos múltiplos	9223
DBO	Titulométrico	5210 B
DQO	Titulométrico	5220B
Cr total	EAA, chama de óxido nitroso / acetileno	3030
Fe total	EAA, chama ar / acetileno	3030
Fósforo Total	Colorimetria	4500-P - E
Mn total	EAA, chama ar / acetileno	3030
Hg total	EAA, com geração de vapor 'a frio	3112
Ni total	EAA, chama ar / acetileno	3030
NH ₃ -N	Colorimetria Método Fenato	4500-NH ₃ - F
NKT	Colorimetria Método Fenato	4500-N _{org} - C
NO ₃ ⁻	Colorimetria com Coluna de Cádmio	4500-NO ₃ ⁻ - E
NO ₂ ⁻	Colorimetria NED	4500-NO ₂ ⁻ - B
OD	Titulométrico por azida modificada	4500-O - B
pH	Eletrométrico	4500-H ⁺ - B
Sólidos Totais	Gravimetria	2540 B
Temp. da Água	Termômetro °C	-
Turbidez	Turbidimétrico	2130
Zn total	EAA, chama ar / acetileno	3030

Fonte: APHA, AWWA, WPCF 20° Ed. (1998).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Águas

A Tabela 5.1 apresenta os resultados das análises físico-químicas, bacteriológica, metais, bem como os índices de IQA_{Cetesb} e IQA_{IET} obtidos em águas no Lago do Amor, nos sete pontos de amostragens.

Tabela 5.1 - Resultados dos parâmetros analisados em águas no Lago do Amor

Parâmetros	unidade	Resolução Conama n° 357/05				Pontos de Coleta						
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	1	2	3	4	5	6	7
Data	dia/mês/ano					17/06/04	17/06/04	17/06/04	17/06/04	17/06/04	17/06/04	18/06/04
Hora	00:00					10:19	8:19	15:04	15:50	13:05	16:36	9:20
Latitude	-					20°30'14	20°30'07	20°30'07	20°30'10	20°30'10	20°30'12	20°30'09
Longitude	-					54°36'53	54°36'56	54°37'04	54°37'05	54°36'59	54°37'05	54°36'57
Conduct.	$\mu S \cdot cm^{-1}$					156	105	101	96	101	102	114
CF	NMP.(100ml) ⁻¹	200	1000	4000	> 4000	4.500	7.000	7.000	11.000	13.000	80.000	11.000
CT	NMP.(100ml) ⁻¹	1000	5000	20000	> 20000	17.000	16.000.000	1600.000	1600.000	1600.000	1600.000	1600.000.000
Cor	mg Pt-Co.l ⁻¹	natural	até 75	até 75	> 75	80	100	180	160	180	160	100
DBO	mg O ₂ .l ⁻¹	3	5	10	>10	2	1	2	1	2	1	2
DQO	mg O ₂ .l ⁻¹					7	4	7	5	6	4	9
FT (lêntico)	mg P.l ⁻¹	0,025	0,050	0,075	> 0,075	0,396	0,066	0,072	0,040	0,063	0,105	0,060
NH ₃	mg N.l ⁻¹	3,7	3,7	13,3	> 13,3	0,67	2,58	0,64	0,77	0,21	0,51	0,66
NKT	mg N.l ⁻¹					0,85	3,55	0,64	0,99	0,82	1,00	1,03
NO ₃ ⁻	mg N.l ⁻¹	10	10	10	> 10	0,66	0,49	0,46	0,42	0,42	0,42	0,44
NO ₂ ⁻	mg N.l ⁻¹	1	1	1	1	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
NT	mg N.l ⁻¹					1,53	4,07	1,13	1,44	1,27	1,44	1,5
OD 30%	mg O ₂ .l ⁻¹	não < 6	não < 5	não < 4	> 2	7,6	2,8	2,8	2,8	2,4	3,6	2,4
OD 60%	mg O ₂ .l ⁻¹	não < 6	não < 5	não < 4	> 2	7,6	1,7	2,5	1,7	2,4	2,2	2,7
pH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	7,36	6,72	6,88	6,82	6,76	6,64	6,74
ST	mg.l ⁻¹					72	59	56	49	50	58	59
SDT	mg.l ⁻¹	500	500	500	> 500	70	51	51	48	49	49	55
Temp. água	°C					21,8	18,0	18,0	17,4	18,2	18,4	18,9
Turbidez	UNT	40	100	100	> 100	40	44	37	41	46	35	30
S	m					0,34	0,30	0,32	0,36	0,36	0,36	0,40
Profund.	m					0,50	1,40	1,60	4,72	2,92	1,90	1,30
Chuva	sim ou não					não	não	não	não	não	não	sim
Al total	mg Al.l ⁻¹					1,1	1,4	3,0	2,7	2,4	1,0	2,5
Ba total	mg Ba.l ⁻¹	0,7	0,7	1,0	>1,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cd total	mg Cd.l ⁻¹	0,001	0,001	0,01	0,01	1,30	1,50	1,66	1,59	1,39	2,10	1,43
Pb total	mg Pb.l ⁻¹	0,01	0,01	0,033	0,05	0,10	0,08	0,11	0,08	0,11	0,21	0,11
Cu total	mg Cu.l ⁻¹					0,05	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Cr total	mg Cr.l ⁻¹	0,05	0,05	0,05	> 0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe total	mg Fe.l ⁻¹					4,4	3,3	3,2	3,3	2,8	3,8	2,9
Mn total	mg Mn.l ⁻¹	0,1	0,1	0,5	> 0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Hg total	mg Hg.l ⁻¹	0,0002	0,0002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
Ni total	mg Ni.l ⁻¹	0,025	0,025	0,025	> 0,025	0,024	0,025	0,026	0,025	0,020	0,023	0,026
Zn total	mg Zn.l ⁻¹	0,18	0,18	5	> 5	0,11	0,12	0,15	0,15	0,13	0,23	0,11
Índices												
IQA _{CETESB}						63	47	50	43	41	37	43
Condição						BÓIA	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Ruim
IET (FT)						83	57	58	50	56	64	56
Condição						H.	E	E	M	E	E	E
IET (S)						75,5	77,3	76,4	74,7	74,7	74,7	73,2
Condição						H	H	H	H	H	H	H

Dados: Conduct. = Condutividade; Temp = Temperatura; H = Hipereutrófico; E = Eutrófico; M = Mesotrófico; Profund. = Profundidade; S = Transparência.

Segundo a Resolução Conama nº 357/05, esse recurso hídrico está na condição para a Classe 4, na qual as águas só poderão ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Como o Lago do Amor encontrava-se praticamente coberto em toda a sua extensão por macrófitas, em novembro de 2004, não houve possibilidade de continuidade do monitoramento das águas.

A Resolução Conama nº 357/05 substituiu a Resolução Conama nº 20/86, dentre as alterações observadas, os parâmetros Alumínio e Cobre, que anteriormente eram dados em concentrações totais passaram para dissolvido, o que neste trabalho não pode ser realizada uma comparação, pois foi determinada a concentração de metal total.

A seguir, serão apresentadas as discussões dos resultados obtidos para águas em cada ponto de amostragem.

5.1.1 Ponto 1 - Lago do Amor na entrada do Córrego Bandeira

O ponto 1 apresentou qualidade da água de condição BOA para o $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$, embora o nível de Coliformes Fecais com $4.500 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ está acima da Resolução Conama nº 357/05, para a Classe 4; a concentração de Fósforo Total com $0,396 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ está em desconformidade com a legislação para a Classe 4, e a Turbidez está no limite da Classe 1. O Oxigênio Dissolvido de $7,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ está em conformidade com a Resolução Conama nº 357/05, pois a população de macrófitas, no dia da coleta, não estava tão acentuada neste ponto, favorecendo o Oxigênio Dissolvido.

A condição HIPEREUTRÓFICA para o IQA_{IET} é resultado dos parâmetros de Transparência de 0,34 m e Fósforo Total com uma concentração de $0,396 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Os metais Cádmio e Chumbo em água, ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/05, para a Classe 4, e os metais Manganês e Mercúrio apresentaram resultados acima para a Classe 2. Os metais Bário, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram valores menores para a Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.2 Ponto 2 - Lago do Amor na entrada do Córrego Cabaça

O $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$ no ponto 2 apresentou qualidade REGULAR com um nível de Coliformes Fecais de $7000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$. Esse resultado está acima do limite da Resolução Conama nº 357/05

para a Classe 4. O Oxigênio Dissolvido apresentou resultado de $2,8 \text{ mg.l}^{-1}$, portanto, está em desconformidade em relação ao limite para a Classe 3, a concentração de Fósforo Total encontrada de $0,066 \text{ mg.l}^{-1}$, está acima da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 2, e a Turbidez com 44 NTU está no limite para a Classe 1.

O resultado do IQA_{IET} para o parâmetro de Fósforo Total com uma concentração de $0,066 \text{ mg.l}^{-1}$ indicou condição EUTRÓFICA, e para Transparência com 0,30 m a condição foi HIPEREUTRÓFICA.

Os metais Cádmio e Chumbo, ultrapassaram os limites da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 4, e as concentrações de Manganês e Mercúrio estão acima para a Classe 2. Os metais Bário, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram concentrações abaixo dos limites da Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.3 Ponto 3 - Lago do Amor na barragem próxima ao Hospital Universitário

O ponto 3 apresentou qualidade REGULAR para o $\text{IQA}_{\text{Cetesb}}$, sendo que, as concentrações de Coliformes Fecais de $7000 \text{ NMP.(100mL)}^{-1}$ para Classe 4, de Oxigênio Dissolvido de $2,8 \text{ mg.l}^{-1}$, para Classe 3 e de Fósforo Total de $0,072 \text{ mg.l}^{-1}$ para a Classe 2, estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05, portanto esses parâmetros são os principais indicadores da qualidade REGULAR neste ponto.

Para o IQA_{IET} a condição HIPEREUTRÓFICA é em função do resultado do parâmetro Transparência com 0,32 m, e a condição EUTRÓFICA em função do resultado para Fósforo Total de concentração $0,072 \text{ mg.l}^{-1}$.

Os metais Cádmio e Chumbo estão acima da Resolução Conama nº 357/05, para a Classe 4, e os metais Manganês e Mercúrio estão acima para a Classe 2. A concentração de Níquel está em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 4. Os metais Bário, Cromo e Zinco apresentaram concentrações abaixo dos limites da Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.4 Ponto 4 - Lago do Amor na barragem ao centro

Para o ponto 4 a qualidade da água apresentou-se REGULAR para o IQA_{Cetesb} , porque as concentrações de Coliformes Fecais de $11.000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ para Classe 4 e de Oxigênio Dissolvido de $1,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ para Classe 3 estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05, a concentração de Fósforo Total de $0,040 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ e turbidez estão acima para a Classe 1, consistindo em ser os principais contribuintes para a qualidade REGULAR neste ponto.

O estado MESOTRÓFICO do IQA_{IET} , neste ponto, foi indicado pela análise do parâmetro Fósforo Total com concentração de $0,040 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, e a condição HIPEREUTRÓFICA pelo resultado da Transparência de 0,36 m.

As concentrações obtidas dos metais Cádmio e Chumbo ultrapassaram os limites da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 4, o metal Mercúrio está no limite da Classe 3 e o metal Níquel apresentou concentração no limite da Classe 1. Os metais Bário, Cromo e Zinco apresentaram concentrações abaixo dos limites da Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.5 Ponto 5 - Lago do Amor na região central

O ponto 5 apresentou qualidade REGULAR para o IQA_{CETESB} , porque o nível de Coliformes Fecais com $13.000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ para a Classe 4, Oxigênio Dissolvido de $2,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ para Classe 3, estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05; e a concentração de Fósforo Total com $0,063 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ está acima para a Classe 2, e a Turbidez apresentou acima da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 1, tornando esses parâmetros os indicadores da qualidade REGULAR neste ponto.

O IQA_{IET} apresentou condição EUTRÓFICA em função da concentração de Fósforo Total igual a $0,063 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, e a condição HIPEREUTRÓFICA em função da Transparência com medida de 0,36 m.

Os metais Cádmio e Chumbo em água, ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/05, para a Classe 4; a concentração de Mercúrio apresentou resultado no limite da Classe 3, e o metal Manganês apresentou resultados no limite da Classe 2. Os metais

Bário, Cromo, Níquel e Zinco apresentaram concentrações abaixo dos limites da Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.6 Ponto 6 - Lago do Amor na barragem próximo ao vertedouro

No ponto 6, a qualidade da água para o IQA_{Cetesb} apresentou-se REGULAR, porque as concentrações de Coliformes Fecais de $80.000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ e de Fósforo Ttotal de $0,105 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ para a Classe 4, Oxigênio Dissolvido de $3.6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ para a Classe 3 estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05, sendo esses parâmetros os principais contribuintes para a qualidade REGULAR neste ponto.

O resultado do IQA_{IET} foi de condição HIPEREUTRÓFICA em função do parâmetro da Transparência com $0,36 \text{ m}$, e para Fósforo Total com uma concentração de $0,105 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, indicou condição EUTRÓFICA.

Os metais Cádmio e Chumbo, ultrapassaram os limites da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 4, enquanto que Mercúrio e Zinco estão acima para a Classe 2 e o Manganês está no limite da Classe 2. Os metais Bário, Cromo e Níquel apresentaram concentrações abaixo dos limites da Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

5.1.7 Ponto 7 - Lago do Amor próximo à piscina da UFMS

O ponto 7, foi coletado em junho e novembro de 2004. Apresentou qualidade REGULAR em junho e RUIM em novembro para o IQA_{Cetesb} , porque as concentrações de Coliformes Fecais de $11.000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ em junho, e $900.000 \text{ NMP} \cdot (100\text{mL})^{-1}$ em novembro, estão acima para a Classe 4; Fósforo Total de $0,060 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ em junho está acima para a Classe 2 e $0,120 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, em novembro, acima para a Classe 4; Oxigênio Dissolvido de $2,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, em junho, está abaixo para a Classe 3 e $1,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ abaixo para a Classe 4, em novembro, e a concentração de $4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ de Demanda Bioquímica de Oxigênio em novembro, está acima para a Classe 1 da Resolução Conama nº 357/05.

O aumento das concentrações de Coliformes Fecais, Fósforo Total e $\text{DBO}_{5,20}$, de junho para novembro, e a diminuição de Oxigênio Dissolvido favoreceram a alteração da qualidade REGULAR para RUIM do IQA_{Cetesb} , observando que teve precipitação dois dias antes e no dia da coleta, em novembro.

A condição EUTRÓFICA do IQA_{IET} é em função das concentrações do parâmetro Fósforo Total de 0,060 e 0,120 $mg.l^{-1}$ nas duas coletas, respectivamente; e as medidas de Transparência com 0,40 e 0,30 m indicaram estado HIPEREUTRÓFICO, também nos dois meses coletados.

As concentrações dos metais Cádmio e Chumbo, nos meses de junho e novembro, ultrapassaram os limites da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 4, e o metal Mercúrio em junho para a Classe 2 e novembro para a Classe 4; o metal Níquel para os meses de junho e novembro para a Classe 4, o metal Zinco em junho apresentou abaixo da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 1, em novembro apresentou concentração acima para a Classe 2 e as concentrações do metal Manganês estão no limite da Classe 2, em junho, e no limite da Classe 3, em novembro. A concentração do metal Bário está abaixo da Classe 1 em junho, em novembro está no limite da Classe 2, a concentração de Cromo apresentou valores abaixo da Resolução Conama nº 357/05 para a Classe 1, em junho e novembro.

5.2 – Sedimentos

Os pontos de amostragens dos sedimentos são os mesmos para àqueles de água, com exceção do ponto 6, para sedimento, que não foi coletado, pois próximo ao vertedouro do lago não tiveram sedimentos suficientes para a coleta. As discussões dos resultados analíticos obtidos para os metais Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Níquel e Zinco em sedimentos no Lago do Amor foram comparados com a Resolução Conama nº 344/04.

A Tabela 5.2 apresenta os resultados dos metais em sedimentos no Lago do Amor, nas diversas fatias, bem como os valores limites da Resolução Conama nº 344/04. Para essa legislação existem dois níveis de limites em relação à probabilidade de efeitos adversos à biota, em que o nível 1 é definido como um limiar abaixo do que prevê a probabilidade desses efeitos, e o nível 2 é um limiar acima do qual prevê a probabilidade de efeitos adversos à biota.

Tabela 5.2 – Resultados dos metais totais em mg.kg⁻¹ em peso seco nos sedimentos nas diversas fatias

	Resolução Conama 344/04										
METAIS	Al	Ba	Fe	Mn	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Limites Nível 1	-	-	-	-	0,6	35	35,7	37,3	0,17	18	123
Limites Nível 2	-	-	-	-	3,5	91,3	197	90	0,486	35,9	315
Pontos											
P1 1a f 2 cm	26.836	69	2.371	526	2,8	102	140	37,0	0,343	33	243
P1 2a f 2 cm	26.836	76	2.347	463	7,2	103	141	17,9	0,342	30	269
P1 3a f 2 cm	26.851	63	2.339	394	5,7	100	133	16,3	0,487	33	247
P1 4a f 2 cm	26.476	61	2.327	387	7,6	104	131	15,6	0,278	31	290
P1 5a f 2 cm	26.642	58	2.316	356	9,6	97	134	16,9	0,288	30	241
P1 6a f 10 cm	27.030	55	2.308	332	15,7	102	130	17,5	0,549	31	233
P1 7a f 10 cm	27.675	55	12.871	282	9,2	89	139	18,6	0,383	32	209
P1 8a f 10 cm	27.075	71	2.279	284	4,8	102	136	20,9	0,359	33	254
P2 1a f 3 cm	27.878	63	2.239	251	3,4	125	227	22,8	0,706	38	337
P2 2a f 3 cm	28.022	74	2.240	238	1,3	121	229	24,7	1,351	36	328
P2 3a f 3 cm	28.092	68	2.234	229	0,8	122	226	25,5	0,754	37	326
P2 4a f 3 cm	28.223	68	2.223	228	1,1	115	229	26,4	0,596	37	319
P2 5a f 3 cm	28.287	74	2.217	219	5,0	122	233	26,8	0,836	38	309
P2 6a f 10 cm	28.083	82	2.199	222	34,0	120	251	27,9	0,846	40	302
P2 7a f 10 cm	27.937	77	2.191	241	0,9	115	249	27,6	0,902	39	229
P2 8a f 10 cm	27.276	48	2.126	85	0,9	67	127	23,1	0,677	32	73
P2 9a f 10 cm	26.930	39	2.104	73	2,2	62	111	22,4	0,753	36	61
P2 10a f 10 cm	26.025	45	2.117	108	9,8	91	171	24,9	0,467	34	90
P3 1a f 3 cm	27.405	66	2.128	161	29,9	120	187	28,3	0,748	40	317
P3 2a f 3 cm	26.786	69	2.122	152	8,7	105	158	29,8	2,104	40	275
P3 3a f 3 cm	26.888	66	2.064	163	18,2	112	165	30,2	1,250	39	267
P3 4a f 3 cm	26.905	63	2.069	173	10,3	87	182	30,6	1,138	40	164
P3 5a f 4 cm	27.352	68	2.082	171	4,4	87	187	31,3	6,608	40	152
P4 1a f 3 cm	27.717	66	2.061	134	16,1	98	145	29,2	25,235	41	215
P4 2a f 3 cm	27.950	71	2.032	132	6,2	121	157	30,6	1,280	43	230
P4 3a f 3 cm	28.428	87	2.018	137	2,4	105	169	30,6	1,298	42	260
P4 4a f 3 cm	28.321	84	2.009	131	3,9	105	170	31,5	1,760	44	240
P4 5a f 3 cm	27.703	90	1.986	137	7,6	103	163	30,6	1,140	45	235
P4 6a f 3 cm	27.550	129	1.953	156	3,6	104	144	31,2	24,266	42	213
P4 7a f 3 cm	26.750	89	1.942	141	2,0	103	143	31,0	16,088	44	225
P4 8a f 3 cm	28.722	111	1.940	150	1,8	129	176	32,1	24,309	48	252
P4 9a f 3 cm	27.505	100	1.911	153	3,7	113	167	31,3	22,401	46	228
P4 10a f 3 cm	27.725	97	1.893	151	30,4	111	161	31,9	20,379	47	241
P4 11a f 10 cm	25.550	92	1.893	140	57,6	104	130	30,0	23,750	46	208
P4 12a f 10 cm	27.978	87	1.877	159	0,7	105	159	32,1	1,108	48	179
P4 13a f 8 cm	26.800	84	1.842	149	26,6	104	145	31,2	0,804	47	186
P5 1a f 3 cm	25.305	84	1.822	96	6,8	105	121	28,9	1,019	44	266
P5 2a f 3 cm	23.711	82	1.806	91	1,8	102	104	28,3	1,350	42	212
P5 3a f 3 cm	23.975	82	1.774	96	4,5	104	110	29,3	0,981	44	225
P5 4a f 3 cm	25.576	90	1.778	108	13,5	105	127	28,9	0,914	45	251
P5 5a f 3 cm	25.225	108	1.747	112	2,1	110	121	29,3	0,822	45	239
P5 6a f 10 cm	25.824	100	1.777	113	1,3	112	131	29,9	1,059	48	253
P5 7a f 10 cm	26.024	90	1.743	118	3,0	116	136	30,1	1,295	44	226
P5 8a f 10 cm	28.438	95	1.686	126	2,1	126	170	31,3	1,053	50	235
P5 9a f 10 cm	28.669	95	1.690	139	2,4	104	174	31,4	1,155	47	192
P7 1a f 2 cm	27.150	89	1.661	111	6,5	124	575	30,0	0,965	48	351
P7 2a f 2cm	27.177	95	1.681	118	2,8	128	687	30,3	0,695	49	340
P7 3a f 2 cm	25.975	95	1.643	123	3,1	129	973	30,0	1,215	46	371
P7 4a f 2 cm	26.379	90	1.619	118	3,2	134	1042	30,0	1,064	47	364
P7 5a f 2 cm	24.957	77	1.629	130	17,5	105	712	29,9	0,847	47	288
P7 6a f 10 cm	25.304	63	1.530	61	2,8	140	161	27,1	0,843	45	90
P7 7a f 10 cm	21.126	58	1.577	41	2,1	76	116	26,3	0,891	44	55

5.2.1 Cádmio

A Figura 5.1 apresenta o perfil dos sedimentos para Cádmio nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

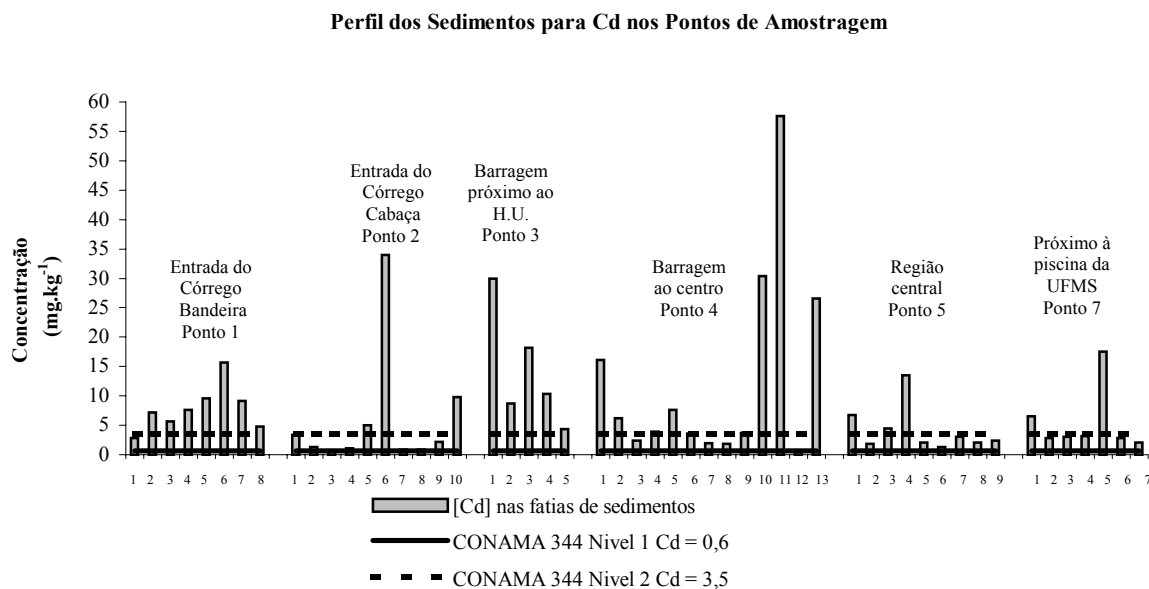


Figura 5.1 – Perfil dos sedimentos para Cd nos pontos de amostragens.

De acordo com a Figura 5.1, a menor concentração encontrada para o metal Cádmio foi de 0,7 mg.kg⁻¹ na 12^a fatia de 10 cm, e a maior concentração foi de 57,6 mg.kg⁻¹ na 11^a fatia nos sedimentos do Lago do Amor na barragem ao centro (Ponto 4). Essas concentrações estão acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Cádmio, nas amostras de água é de 0,03 – 2,10 mg.l⁻¹.

A pesquisa de MUDROCK & AZCUE, 1995 nos Grandes Lagos (EUA) classificou as concentrações de sedimentos para Cádmio, como muito poluído quando as concentrações estiverem acima de 6 mg.kg⁻¹.

Estudos de OUYANG *et al.* (2002) em sedimentos na sub-bacia dos Rios Cedar e Ortega na Flórida (EUA) apresentaram valores médios para Cádmio de 1,19 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0-0,1 m; 1,26 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0,11-0,56 m; 0,36 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0,57-1,88 m. A concentração de Cádmio em sedimentos marinho estudado por MÉNDEZ *et al.* (2004), na Baía de Guayamas no México, foi de 5,1 mg.kg⁻¹ e foi considerado muito alto.

Estudos de OLIVEIRA (2003), na Microbacia do Rio Dourados em Dourados/MS em sedimentos, obteve resultados para Cádmio respectivamente de 33 e 34 mg.kg^{-1} à montante e à jusante da cidade de Fátima do Sul.

5.2.2 Chumbo

A Figura 5.2 apresenta o perfil dos sedimentos para Chumbo nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

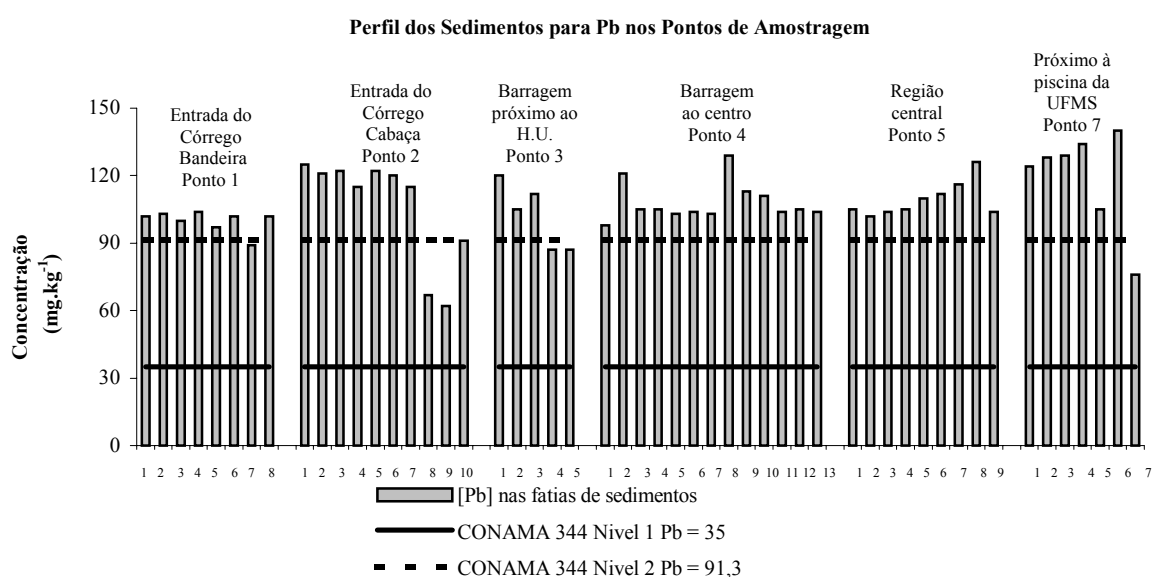


Figura 5.2 – Perfil dos sedimentos para Pb nos pontos de amostragens.

Conforme a Figura 5.2 a menor concentração obtida para Chumbo foi de 62 mg.kg^{-1} na 9ª fatia de 10 cm, na entrada do Córrego Cabaça (ponto 2) encontrando-se acima para o nível 1 da Resolução Conama nº 344/04, e o maior resultado foi de 140 mg.kg^{-1} na 6ª fatia de 10 cm próximo à piscina (ponto 7), nos sedimentos do Lago do Amor, sendo que essa concentração está acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Chumbo, nas amostras de água é de 0,08 – 0,58 mg.l^{-1} .

A pesquisa de MÉNDEZ *et al.*, 2004, no Estado de Sonora, Califórnia, México, encontrou concentrações de Chumbo igual 81 mg.kg^{-1} nos sedimentos na Baía de Guayamas. A pesquisa de SAMPAIO (2004) encontrou concentrações de Pb de 29,6 mg.kg^{-1} nos Rios Aquidauana e Correntes.

A pesquisa de OUYANG *et al.* (2002), em sedimentos na sub-bacia dos Rios Cedar e Ortega na Flórida (EUA) apresentaram valores médios para Chumbo de $84,20 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0-0,1 m; $82,04 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0,11-0,56 m; $19,94 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0,57-1,88 m.

5.2.3 Cobre

A Figura 5.3 apresenta o perfil dos sedimentos para Cobre nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

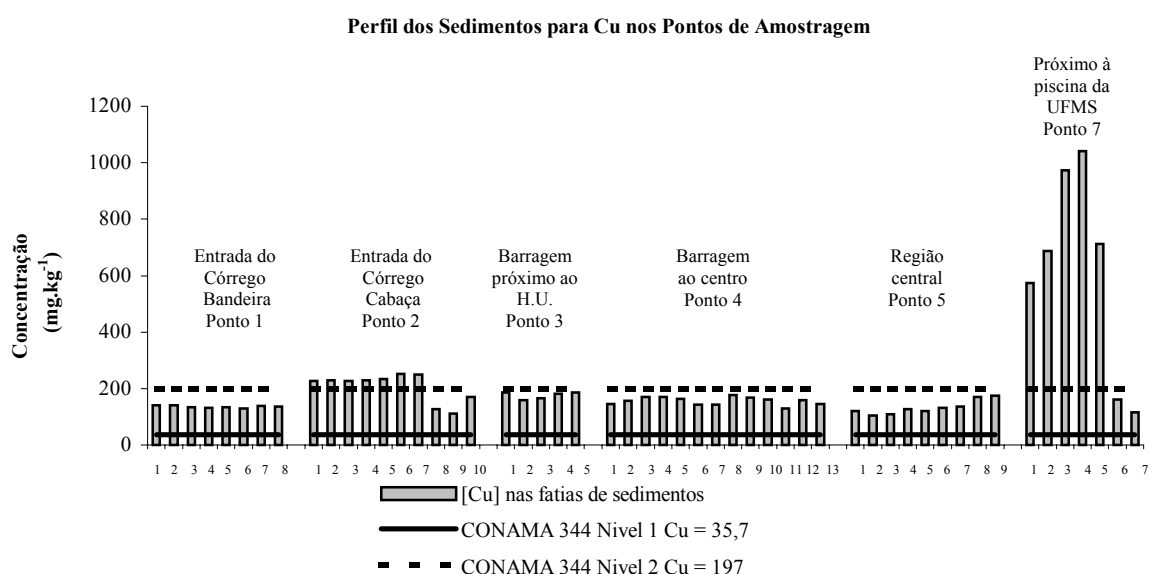


Figura 5.3 – Perfil dos sedimentos para Cu nos pontos de amostragens.

A Figura 5.3 apresenta a menor concentração para Cobre de 104 mg.kg^{-1} na 2ª fatia de 3 cm, na região central (ponto 5) encontrando-se acima para o nível 1 da Resolução Conama nº 344/04, e o maior resultado obtido foi de 1042 mg.kg^{-1} na 4ª fatia de 2 cm próximo à piscina (ponto 7), nos sedimentos do Lago do Amor, sendo que essa concentração encontra-se acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Cobre, nas amostras de água é de $0,02 - 0,71 \text{ mg.l}^{-1}$.

A pesquisa de MÉNDEZ *et al.* (2004), no Estado de Sonora, México, encontrou concentrações de Cobre igual a 339 mg.kg^{-1} na Baía de Guayamas. SAMPAIO em 2004 encontrou concentração de Cobre de $45,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ nos Rios Aquidauana e Correntes.

A pesquisa de OUYANG *et al.* (2002), em sedimentos na sub-bacia dos Rios Cedar e Ortega na Flórida (EUA) apresentaram valores médios para Cobre de $38,15 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0-0,1 m; $36,62 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0,11-0,56 m; $9,35 \text{ mg.kg}^{-1}$ em intervalo de profundidade de 0,57-1,88 m.

5.2.4 Cromo

A Figura 5.4 apresenta o perfil dos sedimentos para Cromo nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

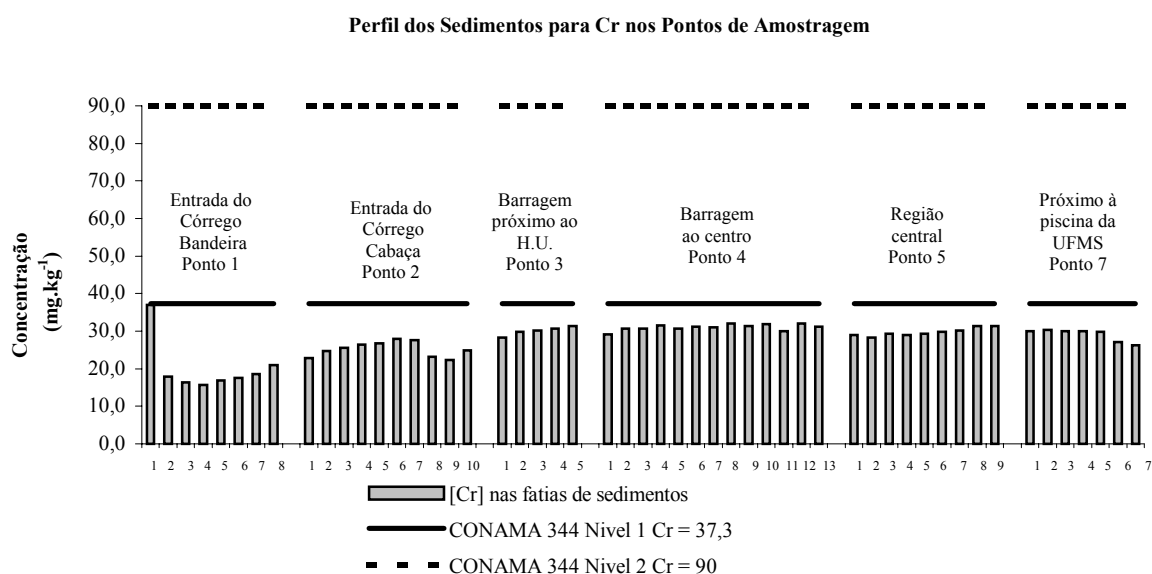


Figura 5.4 – Perfil dos sedimentos para Cr nos pontos de amostragens.

Conforme a Figura 5.4, a menor concentração obtida para Cromo foi de $15,6 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 4ª fatia de 2 cm, e o maior resultado foi de $37,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 1ª fatia de 2 cm na entrada do Córrego Bandeira (ponto 1) nos sedimentos do Lago do Amor, sendo que essas concentrações estão abaixo dos limites para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Cromo, nas amostras de água é de $0,01 - 0,04 \text{ mg.l}^{-1}$.

MUDROCK & AZCUE (1995), nos Grandes Lagos (EUA) classificou os sedimentos para Cromo, como moderadamente poluído quando as concentrações estiverem entre $25-75 \text{ mg.kg}^{-1}$. A pesquisa de SAMPAIO (2004), utilizando-se o amostrador “Core” para a coleta de sedimentos, encontrou concentrações de Cromo igual a $24,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ na foz do Rio Apa.

5.2.5 Mercúrio

A Figura 5.5 apresenta o perfil dos sedimentos para Mercúrio nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

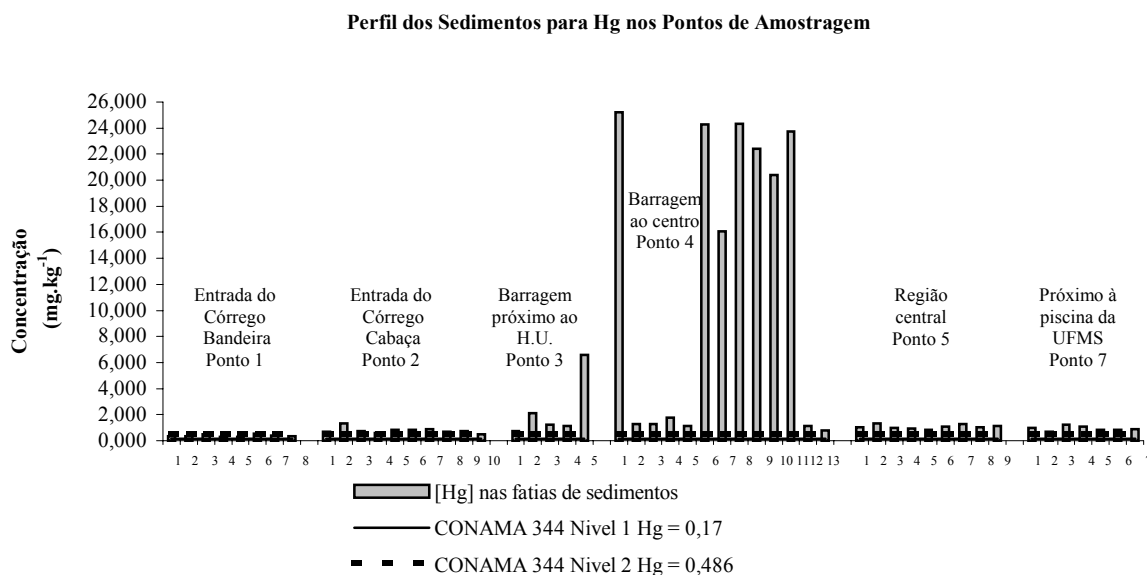


Figura 5.5 – Perfil dos sedimentos para Hg nos pontos de amostragens.

A Figura 5.5 apresenta a menor concentração para Mercúrio de $0,278 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 4ª fatia de 2 cm, na entrada do Córrego Bandeira (ponto 1) encontrando-se acima para o nível 1 da Resolução Conama nº 344/04, e o maior resultado obtido foi de $25,235 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 1ª fatia de 3 cm na barragem ao centro (ponto 4) nos sedimentos do Lago do Amor, sendo que essa concentração encontra-se acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Mercúrio, nas amostras de água é de $0,001 - 0,009 \text{ mg.l}^{-1}$.

A pesquisa de OLIVEIRA (2003), apresentou concentrações de Mercúrio de $0,2905 \text{ mg.kg}^{-1}$ à jusante da foz do Córrego Água Boa; $0,2354 \text{ mg.kg}^{-1}$ à montante da cidade de Fátima do Sul, $0,2324 \text{ mg.kg}^{-1}$ à jusante da cidade de Fátima do Sul e $0,4400 \text{ mg.kg}^{-1}$ nos sedimentos na foz do Rio Dourados em Dourados/MS.

A pesquisa de MUDROCK & AZCUE (1995), nos Grandes Lagos (EUA) classificou os sedimentos para Mercúrio, como muito poluído quando as concentrações estiverem acima de 1 mg.kg^{-1} .

5.2.6 Níquel

A Figura 5.6 apresenta o perfil dos sedimentos para Níquel nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

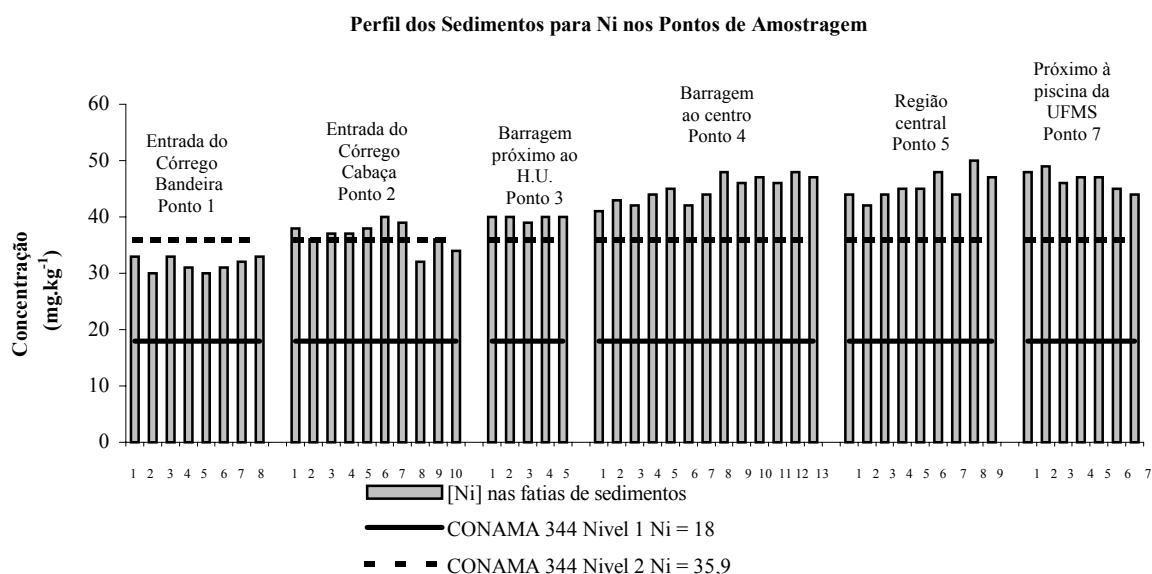


Figura 5.6 – Perfil dos sedimentos para Ni nos pontos de amostragens.

Conforme a Figura 5.6 a menor concentração obtida para Níquel foi de 30 mg.kg⁻¹ nas 2^a e 5^a fatias de 2 cm, na entrada do Córrego Bandeira (ponto 1) encontrando-se acima para o nível 1 da Resolução Conama nº 344/04, e o maior resultado foi de 50 mg.kg⁻¹ na 8^a fatia de 10 cm na região central (ponto 5) nos sedimentos do Lago do Amor, sendo que essa concentração está acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Níquel, nas amostras de água é de 0,020 – 0,113 mg.l⁻¹.

A pesquisa de MÉNDEZ *et al.* (2004), no Estado de Sonora, México, encontrou concentrações de Níquel igual 58,5 mg.kg⁻¹ na Baía de Guayamas. SAMPAIO em 2004 encontrou concentrações de Níquel de 20 mg.kg⁻¹ no Rios Aquidauana e Correntes.

5.2.7 Zinco

A Figura 5.7 apresenta o perfil dos sedimentos para Zinco nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

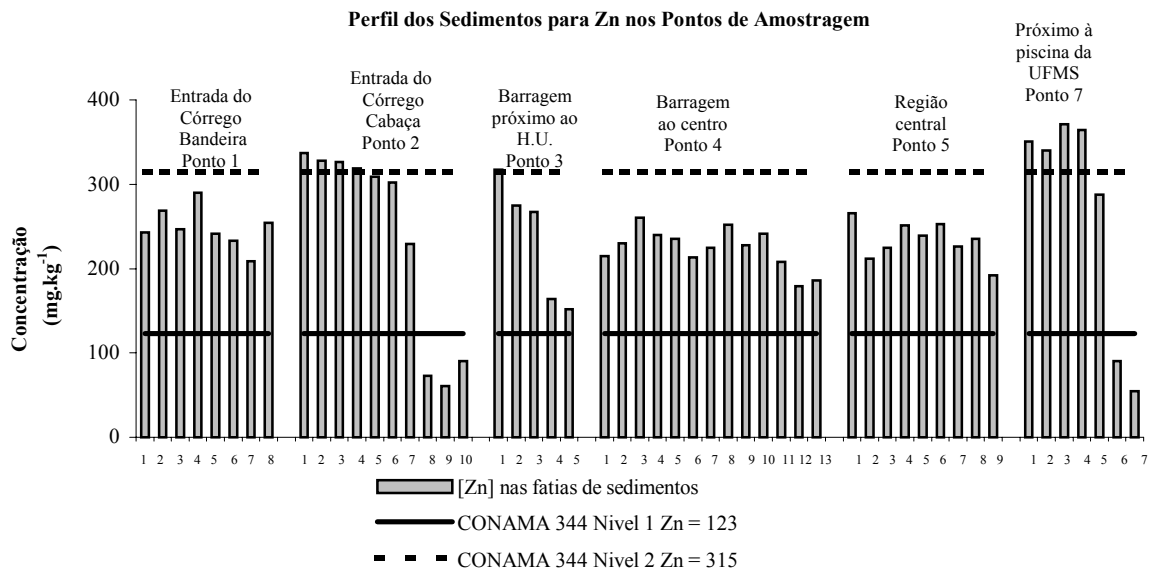


Figura 5.7 – Perfil dos sedimentos para Zn nos pontos de amostragens.

De acordo com a Figura 5.7, a menor concentração encontrada para Zinco foi de 55 mg.kg⁻¹ na 7ª fatia de 10 cm, sendo que essa concentração está abaixo do limite para o nível 1 da Resolução Conama nº 344/04; e a maior concentração foi de 371 mg.kg⁻¹ na 3ª fatia de 2cm nos sedimentos do Lago do Amor próximo à piscina (ponto 7), sendo que essa concentração está acima para os níveis 1 e 2 da Resolução Conama nº 344/04, no entanto, a faixa de concentração de Zinco, nas amostras de água é de 0,11 – 1,28 mg.l⁻¹.

A pesquisa de MÉNDEZ *et al.* (2004), no Estado de Sonora, México, encontrou concentrações de Zinco igual 367 mg.kg⁻¹ na Baía de Guayamas. A pesquisa de SAMPAIO (2004), encontrou concentrações de Zinco igual 48,4 mg.kg⁻¹ nos Rios Aquidauana e Correntes.

Estudos de OUYANG *et al.* (2002), em sedimentos na sub-bacia dos Rios Cedar e Ortega na Flórida (EUA) apresentaram valores médios para Zinco de 272,11 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0-0,1 m; 244,56 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0,11-0,56 m; 68,83 mg.kg⁻¹ em intervalo de profundidade de 0,57-1,88 m.

5.2.8 Alumínio

A Figura 5.8 apresenta o perfil dos sedimentos para Alumínio nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

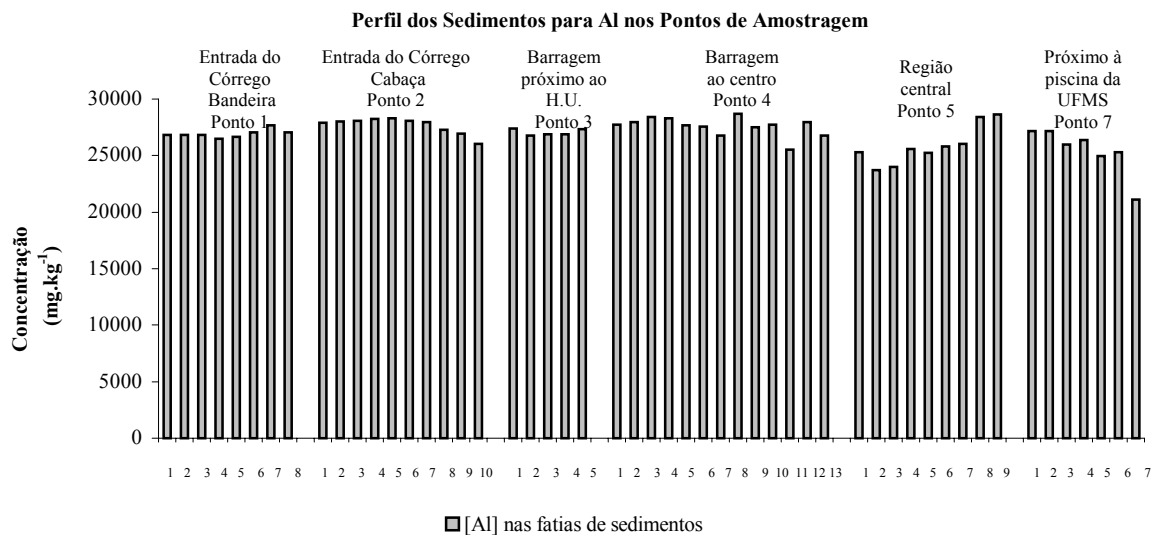


Figura 5.8 – Perfil dos sedimentos para Al nos pontos de amostragens.

Conforme a Figura 5.8, a menor concentração obtida para Alumínio foi de 21.126 mg.kg⁻¹ na 7ª fatia de 10 cm, próximo a piscina (ponto 7), e o maior resultado foi de 28.722 mg.kg⁻¹ na 8ª fatia de 3 cm na barragem ao centro (ponto 4) nos sedimentos do Lago do Amor, no entanto, a faixa de concentração de Alumínio, nas amostras de água é de 1,0 – 3,0 mg.l⁻¹.

5.2.9 Bário

A Figura 5.9 apresenta o perfil dos sedimentos para Bário nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

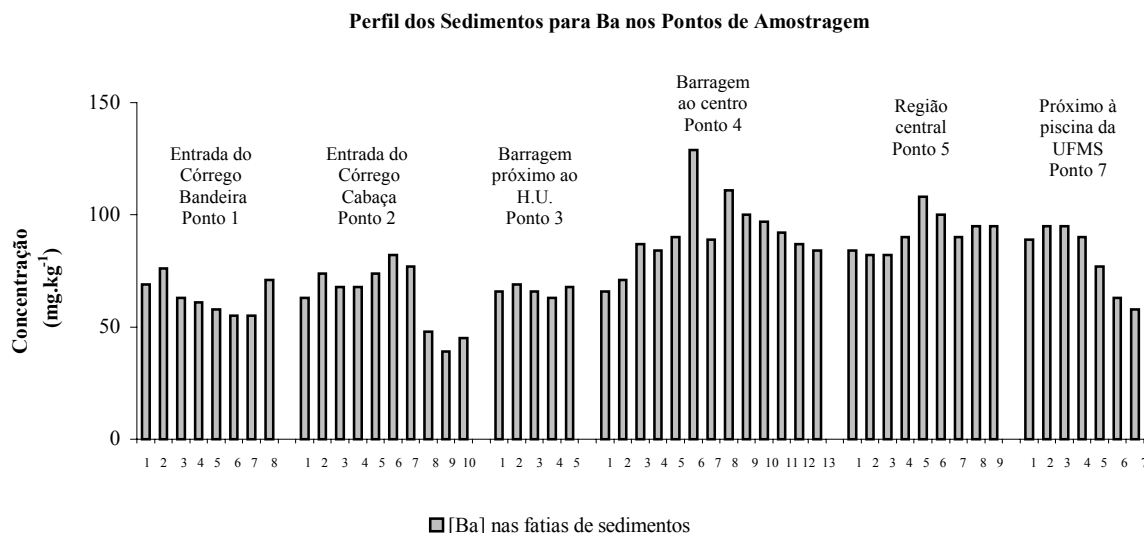


Figura 5.9 – Perfil dos sedimentos para Ba nos pontos de amostragens.

De acordo com a Figura 5.9, a menor concentração obtida para Bário foi de 39 mg.kg^{-1} na 9ª fatia de 10 cm, na entrada do Córrego Cabaça (ponto 2), e o maior resultado foi de 129 mg.kg^{-1} na 6ª fatia de 3 cm na barragem ao centro (ponto 4) nos sedimentos do Lago do Amor, no entanto, a faixa de concentração de Bário, nas amostras de água é de $0,2 - 0,7 \text{ mg.l}^{-1}$.

5.2.10 Ferro

A Figura 5.10 apresenta o perfil dos sedimentos para Ferro nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

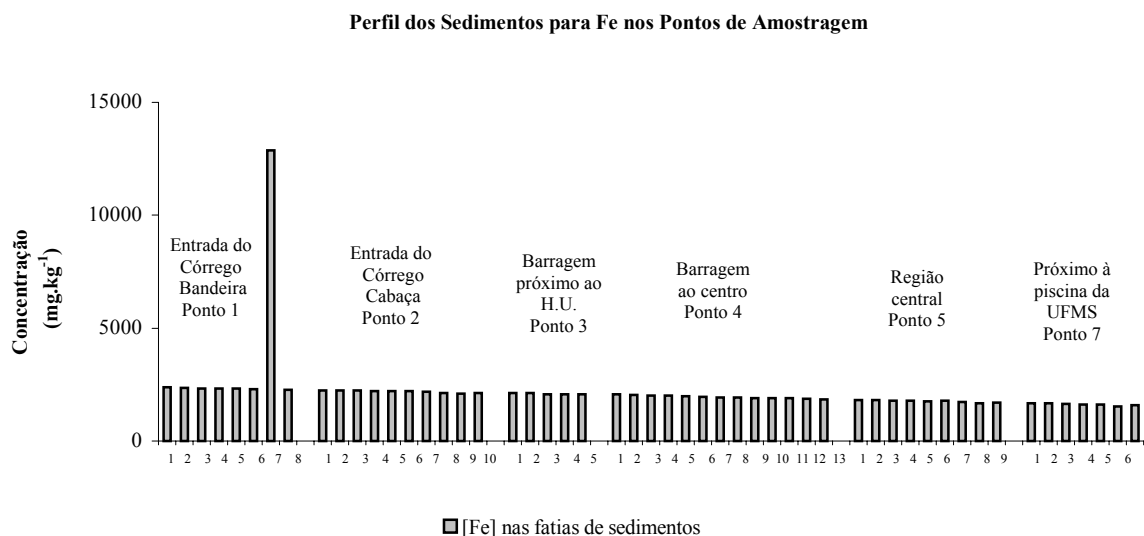


Figura 5.10 – Perfil dos sedimentos para Fe nos pontos de amostragens.

A Figura 5.10, apresenta a menor concentração para Ferro de 1.530 mg.kg^{-1} na 6ª fatia de 10 cm, próximo a piscina (ponto 7), e o maior resultado foi de $12.871 \text{ mg.kg}^{-1}$ na 7ª fatia de 10 cm na entrada do Córrego Bandeira (ponto 1) nos sedimentos do Lago do Amor, no entanto, a faixa de concentração de Ferro, nas amostras de água é de $2,8 - 7,9 \text{ mg.l}^{-1}$.

5.2.11 Manganês

A Figura 5.11 apresenta o perfil dos sedimentos para Manganês nos pontos de amostragens: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 no Lago do Amor.

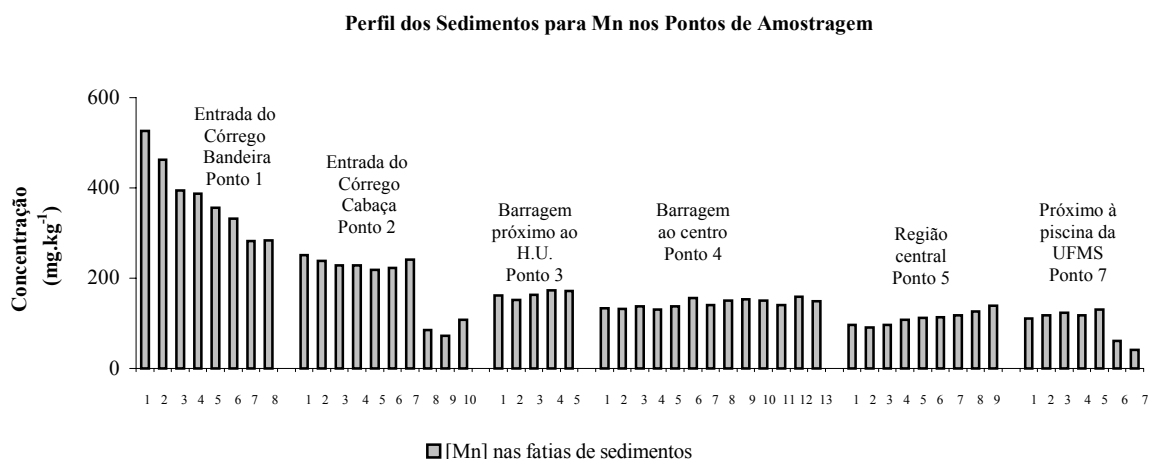


Figura 5.11 – Perfil dos sedimentos para Mn nos pontos de amostragens.

Conforme a Figura 5.11, a menor concentração obtida para Manganês foi de 41 mg.kg^{-1} na 7ª fatia de 10 cm, próximo a piscina (ponto 7), e o maior resultado foi de 526 mg.kg^{-1} na 1ª fatia de 2 cm na entrada do Córrego Bandeira (ponto 1) nos sedimentos do Lago do Amor, no entanto, a faixa de concentração de Manganês, nas amostras de água é de $0,1 - 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$.

A Tabela 5.3 apresenta valores de concentrações de alguns metais em sedimentos encontrados por vários autores.

Tabela 5.3 – Concentrações de metais em sedimentos.

Localização	Cd mg.kg ⁻¹	Pb mg.kg ⁻¹	Cu mg.kg ⁻¹	Fe mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹	Hg mg.kg ⁻¹	Zn mg.kg ⁻¹	Referências
Lago do Amor	0,7-57,6	62-140	104-1.042	1.530-12.871	41-526	0,278-25,235	55-371	-
Dique do Tororó (bueiro)	-	152-198	64-122	11,1-14,4	217-420	0,89-1,6	279-477	ALVES, 2003
Dique do Tororó (Orixás)	-	147-194	33-107	11-16,9	190-427	0,73-1,0	72-381	ALVES, 2003
Lago Koronia	0,91-1,01	16,30-24,46	14,76-18,77	5,24-5,68	581,3-682,3	-	72,12-99,60	FYTIANOS & OURANTOU, 2003
Lago Volvi	0,74-0,76	10,52-14,40	14,00-16,22	3,53-3,77	133,4-157,2	-	47,93-58,93	FYTIANOS & OURANTOU, 2003
Lago Volvi	0,97-0,99	12,75-14,37	12,42-13,86	2,86-2,96	83,87-98,45	-	64,11-74,51	FYTIANOS & OURANTOU, 2003
Rio Moji-Guaçu, 2000	0,01-4,6	5,1-109,2	2,8-37,2	10.870-99.800	111,8-959,8	-	21,3-103,2	SILVA; 2002
Rio Moji-Guaçu, 2001	1,2-5,0	21,7-73,3	4,0-49,0	10.000-97.000	113,5-838,0	-	12,6-100,0	SILVA; 2002
Bacia do Jacarepaguá	-	41-130	32-108	-	194-600	-	121-428	FERNANDES, 1996
Lago Mariut, Egito	0,20	7,3	38,0	25600	958	-	94	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Nozha, Egito	0,15	10,6	79,6	57800	1.250	-	106	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Manzalah, Egito	0,17	9,6	207	44500	766	-	119	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Victoria, Kenia	0,55-1,02	6,02-69,4	0,96-78,6	1180-52900	53,1-616	-	2,54-265	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Nakuru, Kenia	0,27	34,0	6,2	-	550	<0,05	140	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago George; Uganda	3,80	-	102	69000	-	-	-	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Edward, Uganda	2,70	-	37,0	5500	-	-	-	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Lago Mcllwaine, Zimbabwe	0,39	41,0	38,0	-	350	-	100	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Sedimentos não poluídos	0,11	19	33	41000	770		95	BINEY <i>et al.</i> , 1994

Comparando as concentrações dos metais Cádmio, Chumbo, Cobre e Zinco encontrados no Lago do Amor com as referências da Tabela 5.3, observa-se que os resultados obtidos ultrapassaram os valores considerados para sedimentos não-poluídos segundo BINEY *et al.* (1994) e os metais Cádmio, Cobre e Mercúrio quando comparados com as demais referências apresentaram elevadas concentrações. Os metais Ferro e Manganês apresentaram baixas concentrações quando comparados com os sedimentos não-poluídos segundo BINEY *et al.* No Dique do Tororó foram encontrados valores máximos dos metais Chumbo e Zinco, para Ferro o maior valor encontrado foi no Rio Moji-Guaçu e para Manganês o maior valor foi no Lago Nozha.

5.3 Macrófitas

Os resultados obtidos de metais na água da macrófita, em águas e sedimentos estão descritos na tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Resultados dos metais na água da macrófita, em águas e sedimentos

Metais	Água do lago com a macrófita (mg.l ⁻¹)	Água deionizada de lavagem da macrófita (mg.l ⁻¹)	Faixa de concentração encontrada na água (mg.l ⁻¹)	Faixa de concentração encontrada nos sedimentos (mg.kg ⁻¹)
Al	24,8	62,0	1,0 – 3,0	21.126 - 28.722
Ba	0,3	0,9	0,2 – 0,7	39 – 129
Cd	1,40	1,56	0,03 – 2,10	0,7 – 57,6
Pb	0,13	0,41	0,08 – 0,58	62 – 140
Cu	0,23	0,96	0,02 – 0,71	104-1042
Cr	0,03	0,15	0,01 – 0,04	15,6 – 37,0
Fe	5,80	5,98	2,8 – 7,9	1.530 – 12.871
Mn	2,4	7,0	0,1 – 0,5	41-526
Hg	0,002	0,002	0,001 – 0,009	0,278 – 25,235
Ni	0,039	0,122	0,020 – 0,113	30 – 50
Zn	0,23	0,96	0,11 – 1,28	55 – 371

De acordo com a Tabela 5.4 os resultados para os metais Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco e Mercúrio apresentaram concentrações maiores quando a Macrófita foi enxaguada com água deionizada, devido ao fato de possuir materiais aderidos ao tecido da planta. As concentrações dos metais Alumínio e Manganês encontradas na amostra de água são menores quando comparadas com a água com macrófita e com o enxágüe com a água deionizada e sedimentos.

Os resultados obtidos para os metais determinados nas macrófitas estão descritos na tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Resultados obtidos dos metais na macrófita em mg.kg⁻¹ em peso seco

Metais	Talo + Folha da Macrófita	Raiz da Macrófita
Al	3.204	22.347
Ba	193	310
Cd	0,1	11,7
Pb	48	93
Cu	28	102
Cr	4,2	12,3
Fe	1.880	2.376
Mn	353	517
Ni	19	29
Zn	109	408
Hg	0,643	0,734

Neste trabalho, as concentrações dos metais determinados na raiz da macrófita são maiores do que as concentrações encontradas no talo e folha. Isto comprova o que CARDWELL, HAWKER, GREENWALD (2002) afirmaram, que em geral as raízes das plantas absorvem maior concentrações de metais do que as folhas.

A pesquisa realizada por JORGA *et al.* (1979), *apud* Esteves (1998), demonstra que 1 g de biomassa seca de macrófita é capaz de absorver 0,67 mg de Cádmio e 0,5 mg de Níquel, e que em 24 horas, um hectare de macrófita pode absorver 300g de Cádmio e Níquel.

A Tabela 5.6. apresenta os valores das concentrações em peso seco de metais em macrófitas.

Tabela 5.6 - Concentrações médias de metais nos tecidos morfológicos da macrófita

Tecido Morfológico	Cd mg.kg ⁻¹	Pb mg.kg ⁻¹	Cu mg.kg ⁻¹	Fe mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹	Hg mg.kg ⁻¹	Zn mg.kg ⁻¹	Referências
Raiz	2,53 1,43 – 3,63	107 46,0 – 168	95,4 37,4 – 153,4	-	-	-	191 0 – 398	CARDWELL, HAWKER, GREENWAY (2002)
Tronco e Talo	0,50 0,13 – 0,87	7,67 4,58 – 10,8	17,7 4,1 – 31,3	-	-	-	343 0 – 718	CARDWELL, HAWKER, GREENWAY (2002)
Folhas	0,48 0,11 – 0,85	10,4 5,69 – 15,1	23,9 1,9 – 45,9	-	-	-	285 38-532	CARDWELL, HAWKER, GREENWAY (2002)
Macrófita	0,89	18,8	11,2	2922	2560	0,29	37,6	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Macrófita	0,23	2,6	12	4,1	840	0,71	42	BINEY <i>et al.</i> , 1994
Macrófita	0,92 0,36-2,26	7,89 5,04-12,77	-	-	-	0,31 0,15-0,54	69,02 42,86-151,74	COELHO, GREGO (1996)

A pesquisa realizada por COELHO & GRECO (1996), no reservatório de Pampulha, Belo Horizonte, MG em macrófita *Eichhornia crassipes*, demonstrou que as concentrações encontradas de Cádmio na macrófita foram relativamente elevadas, quando comparadas com níveis internacionalmente aceitos para águas não poluídas. Os valores para os níveis dos metais para água não poluída consideradas pelo Ministério Ambiental do Canadá são: Cd = 0,50 mg.l⁻¹, Pb = 25,00 mg.l⁻¹, Hg = 0,10 mg.l⁻¹ e Zn = 60,00 mg.l⁻¹.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 Águas

A aplicação do IQA_{Cetesb} no Lago do Amor apresentou uma qualidade BOA no ponto 1, qualidade REGULAR nos pontos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 da amostragem em junho, já na amostragem em novembro a qualidade apresentou-se RUIM para o ponto 7.

O Índice do Estado Trófico, calculado pela concentração de Fósforo Total, apresentou condição HIPEREUTRÓFICA para o ponto 1, MESOTRÓFICA para o ponto 4, e para os demais pontos condições EUTRÓFICAS. Pela Transparência, indicou estado HIPEREUTRÓFICO para os sete pontos de amostragens.

Os parâmetros que estão em desconformidade com a Resolução Conama nº 357/05 no Lago do Amor são: Coliformes Fecais, Coliformes Totais, Fósforo Total e Cor para o ponto 1, a Turbidez nesse ponto está no limite da Classe 1. Para os pontos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, os parâmetros desconformes são: Coliformes Fecais, Coliformes Totais, Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido e Cor. A Turbidez está acima para a Classe 1 da Resolução nos pontos 2, 4 e 5; os metais Cádmio, Chumbo e Mercúrio para os 7 pontos amostrados, Manganês nos pontos 1, 2, 3 e 7, Níquel nos pontos 3 e 7 e Zinco nos pontos 6 e 7.

6.2 Sedimentos

Os metais que estão com concentrações acima da Resolução Conama nº 344/04 para o nível 1 (limiar do qual prevê-se uma baixa probabilidade de causar efeitos adversos à biota) no perfil dos sedimentos do Lago do Amor são: Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco para os 6 pontos amostrados, somente o Cromo está abaixo do limite estabelecido.

Para o nível 2 (limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota) da Resolução Conama nº 344/04, os metais que ultrapassaram as concentrações são: Cádmio, Chumbo, Cobre, Mercúrio, Níquel e Zinco. O metal Cobre apresentou concentração acima somente nos pontos 2 e 7, e o metal Zinco nos pontos 2, 3 e 7.

As concentrações do metal Ferro nos 6 pontos de amostragens dos sedimentos no Lago do Amor, apresentaram superiores a $1.520 \mu\text{g.g}^{-1}$, as concentrações obtidas do metal Alumínio

são superiores a $21.100 \mu\text{g.g}^{-1}$, as concentrações para Bário são superiores a $35 \mu\text{g.g}^{-1}$ e as concentrações obtidas do metal Manganês são superiores a $40 \mu\text{g.g}^{-1}$.

6.3 Macrófitas

O afloramento das macrófitas (*Eichhornia crassipes*) no Lago do Amor está sendo alimentado pelo alto nível de nutrientes, principalmente Fósforo e Nitrogênio.

As concentrações dos metais Alumínio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel, Zinco e Mercúrio obtidas são maiores na raiz do que no talo/folha da macrófita.

O enxágüe com água deionizada da macrófita, apresentou concentrações dos metais em estudo, superior às concentrações obtidas com a água do lago.

As macrófitas mobilizam grandes quantidades de nutrientes e de metais, como Nitrogênio, Fósforo, Cádmio, Chumbo, Cobre, Ferro e Zinco, e a retirada adequada poderá ser útil para a redução de eutrofização e de metais, pois o Lago do Amor encontrava-se coberto de macrófitas quase em sua totalidade, causando um risco para o manejo do ecossistema, permitindo proliferação de insetos, alguns desses, vetores de doenças, diminuição de oxigênio na água, que é um elemento essencial para a degradação da matéria orgânica e sobrevivência de organismos aquáticos.

As macrófitas devem ter um monitoramento adequado, a fim de impedir sua proliferação como ocorreu no fim de 2004.

Recomenda-se um programa de monitoramento contínuo no Lago do Amor em águas, sedimentos e nas macrófitas; e nos córregos Bandeira e Cabaça que deságuam no Lago, para a preservação de um bom nível de trofia e qualidade da água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. M. B. Estudo Limnológico e de Metais traços no sedimento do Dique do Tororó, Salvador, 2003 Mestrado. Universidade Federal Fluminense

APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th edition, Washington D.C., 1998.

ATSDR – *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, CERCLA – *Priority List of Hazardous Substances*. Division of Toxicology, 2003.

BAIRD, C. *Environmental Chemistry*. 2nd ed., W. H. Freeman and Company. 1998. pág. 382-415.

BATTALHA, B.H.; PARLATORE, A C., (1993) Controle da Qualidade de Água para Consumo Humano: Bases Conceituais e Operacionais. 18^o ed. São Paulo/SP. Ed. Cetesb. 198p.

BINEY, C., AMUZU, A T., CALAMARI, D., KABA, N., MBOME, I. L, NAEVE, O., OCHUMBA, P. B. O., OSIBANJO, O., RADEGONDE, V., AND SAAD, M. A. H. *Review of Heavy Metals in the African Aquatic Environment*. Department of Oceanography, University of Alexandria, Egypt. *Ecotoxicology and environmental safety* 28, 134-159. 1994.

BRASIL. Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004, estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

BRASIL. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 institui a política Nacional dos Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos.

- CAMPOS, A. N. Ensaio de adaptação e utilização de um índice de risco ecológico potencial para controle da contaminação por metais pesados em ambiente costeiro tropical: Baía de Guanabara, RJ, Brasil. Rio de Janeiro - RJ. 2000. 1v. 155p. Mestrado. Universidade Federal Fluminense – geociências (geoquímica).
- CAMPOS, M. J. A. Metais Pesados e seus efeitos. <http://www.mundoquimico.hpj.com.br> (07/03/04).
- CARDWELL, A. J.; HAWKER, D. W.; GREENWAY, M.; *Metal accumulation in aquatic macrophytes from southeast Queensland, Australia*. Faculty of Environmental Sciences, Griffith University, Nathan, Qld 4111, Australia, 2002.
- CARLSON, R. E., SIMPSON, J. *Defining trophic state*. A coordinator's guide to Volunteer lake monitoring management American lake management society, 1996.
- CARVALHO, N. O. LOU, W. C. Hidrossedimentologia Prática e Avaliação da vida útil do reservatório da barragem do rio Manso, no Estado de Mato Grosso. XVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Anais, novembro de 1985. Belo Horizonte, MG, Brasil.
- COELHO, R. M. P., GRECO, M. K. B.; Teores de Metais Pesados em Organismos Zooplânctônicos e na Macrófita *Eichhornia Crassipes* no Reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG. Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.
- COSTA, A.T. Geoquímica das Águas e dos Sedimentos da Bacia do Rio Gualaxo do Norte, Leste -Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG: Estudo de uma Área Afetada por Atividades de Extração Mineral. Ouro Preto - MG. 2001. 1v. 146p. Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto - Evolução Crustal e Recursos Naturais.
- DIAS, C. A. Avaliação da qualidade das águas superficiais na microbacia do Rio Dourados utilizando o índice de qualidade das águas IQA-NSF, Campo Grande, 2003. 25p. (Monografia de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, UFMS).
- DUFFUS, J., IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry*, “Heavy Metals” – *A Meaningless Term?* (IUPAC Technical Report). Vol. 74, nº 5, pp.793-807, 2002.

- ESTEVEES, F. A. Fundamentos de limnologia/ Francisco de Assis Esteves. –2ed. – Rio de Janeiro: Interciência, 1998. pág. 285-289, 316-330.
- EXLEY C.; CHAPPELL J.S.; BIRCHALL J.D. *A mechanism for acute aluminium toxicity in fish*. From: J. Theor Biol (1991 Aug 7) 151(3):417-28
- FERNANDES, H. M.; *Heavy metal distribution in sediments and ecological risk assessment: The role of diagenetic processes in reducing metal toxicity in bottom sediments*. Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 1996.
- FYTIANOS, K., LOURANTOU, A.; *Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia*, N. Greece. Department of Chemistry, Environmental Pollution Control Laboratory, Aristotle University, GR-540 06 Thessaloniki, Greece, 2003.
- GEOMORENA. Prefeitura Municipal de Campo Grande-MS, 2000 CD-ROM.
- GUNKEL, GUENTER; RUETER, KRISTINA; CASALLAS, JORGE E SOBRAL, MARIA C. Estudos da limnologia do reservatório de Tapacurá em Pernambuco: problemas da gestão de reservatórios no semi-árido brasileiro. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba/PR. 1CD-ROM.
- GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q. & CAMPOS, M. L. Elementos-traço em solos, sedimentos e águas. Universidade Federal de Lavras – MG. Departamento de ciência do solo.1998. 24p.
- HEWITT C.D.; SAVORY J.; WILLS M.R. *Aspects of aluminum toxicity*. From: Clin Lab Med (1990 Jun) 10(2):403-22.
- JENNINGS, D.; GREGORY; SNEED E. RONALD; CLAIR ST. MARY BETH. *Metals in Drinking Water*. Published by: North Carolina Cooperative Extension Service. Publication Number: AG-473-1 Last Electronic Revision: March 1996 (JWM). 100p.
- JORGA, W.; WEISE, G.; LINKE, H. – 1979 – *Biomasse Entwiyycklung submerser Makrophyten und Moglinchkeiten ihrer Landwirtschaftlichen Verwertung als Viehfuter*. Acta Hydrochim Hydrobio, 7:357-362.

- LIMBONG D., KUMAMPUNG J., RUMENGAN I. F.M., MIYASAKI T. Arai, N. *Mercury Concentrations in the Community Drinking Water Sources Around Manado City, North Sulawesi, Indonésia*. Environmental Contamination and Toxicology, volume 73, number 3, september 2004, pág. 506.
- LIMA, A. M.; LOURDE S.; NORMANDO, H.; E CÍCERO, M. T. Utilização do IQA e IET como ferramentas para avaliação da qualidade ambiental de uma lagoa natural receptora de efluentes tratados da indústria de petróleo em Guamaré -RN. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2003, Curitiba/PR. 1CD-ROM.
- MATO GROSSO DO SUL. BRASIL. Decreto Estadual no 1.067, de 05 de julho de 1990, dispõe sobre o conselho Estadual de Controle Ambiente (CECA), Deliberação CECA no 003, de 20 de junho de 1997, sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul, as quais estão enquadradas e classificadas na Classe 2.
- MATO GROSSO DO SUL. BRASIL. Lei Estadual no 2.406, de 9 de janeiro de 2002, sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos.
- MÉNDEZ L., ACOSTA B., AREOLA-LIZARRAGA A., PADILLA G. *Anomalous Level of Heavy Metals in Sediments from Guayamas Bay, México*. . Environmental Contamination and Toxicology, volume 72, number 6, june 2004, pág. 1101.
- MANSOUR, S. A; SIDKY, M.M. “*Ecotoxicological Studies*. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt” Food Chemistry, 78, pp. 15-22, 2002.
- MUDROCH, A.; AZCUE J. *Manual of aquatic sediment sampling*, 1995.
- OBERDÁ, S. M E BICALHO, S. M. DE C. M. Estudo de metais pesados presentes na bacia do Rio Piracicaba e sugestão biotecnológica de descontaminação. Belo Horizonte - MG. 01/03/1996. 1v. 109p. Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais Química.
- OLIVEIRA, D. M.; DIAS, C. A; RIBEIRO, M. L. Avaliação de metais na Microbacia do Rio Dourados em águas superficiais utilizando o índice de Stoner. In SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., Curitiba, 2003. Curitiba, Resumos. Porto Alegre: UFRGS-ABRH, 2003. v.1, p. 291.

OLIVEIRA, D. M. Avaliação de metais na Microbacia do Rio Dourados em Águas e Sedimentos, Campo Grande, 2003. 28p. (Monografia de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, UFMS).

OTT, WAYNE R. *Environmental indices*, Theory and Practice. Michigan, Ann Arbor Science Publishers, Inc. P.O Box 1425, 1978.371p.

OUYANG, YING; HIGMAN, JOHN; THOMPSON, JEANNE; O'TOOLE, TIM; CAMPBELL, Deam. *Characterization and spatial distribution of heavy metals in sediments from Cedar and Ortega rivers subbasin*. ELSEVIER, Journal of contaminant hidrology, 54 (2002), 19-35.

PATNAIK, P. (1997) “*Handbook of Environmental Analysis – Chemical Pollutants in tir, Water, soil, and solid Wastes*”. CRC Press, Inc., New York, 584p.

PNUE (1984) “*Les polluants d’origine em Mediterranee rapports et etudes du PNUE sur les mers regionales*” n. 32, PNUE/CEE/ONUDI/FAO/UNESCO/OMS/AIEA.

RICKERT, D. A.; KENNEDY, V. C. Mc; KENZIE, S. W.; and HINES, W. G. *A Synoptic Survey of Trace Metals in Bottom Sediments*, willamette river-quality assessment, US GS Circular 715-F, 1975. 335p.

SALBU, BRIT AND STEINNES, EILIV. *Trace elements in natural waters*. Ed. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo. 1995. 177p.

SAMPAIO, A. C. S.; Metais Pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai. Campo Grande - MS, UFMS, 2004.

SAWYER, C. N. (1987). “*Fundamentals of Chemistry for Environmental Engineering*”. Mc. Graw Hill, Inc., 532 p.

- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Relatório: Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo, 2002/Cetesb. São Paulo: Cetesb, 2003. 273p.
- SILVA, M. R. C. Estudo de sedimentos da Bacia Hidrográfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais. Mestrado. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.
- SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2^o ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade de Minas Gerais, 1996. v. 1, 243p.
- TOLEDO, JR. A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagoas e Reservatórios tropicais. CBES, 12, 1983 Camboriú.
- TUCCI, C. E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação/ organizado por Carlos E. M. Tucci. – 2. Ed..Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 862 p.
- USEPA - U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Water quality criteria* 1972. Washington, 1973.
- USEPA - U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual. EPA-823-B-01-002, 2001.

ANEXOS

ANEXO A

Procedimentos Operacionais Padrões dos metais determinados no Lago do Amor em água e sedimentos, seguindo as normas da APHA, AWWA, WPCF, 20⁰ edição, 1998. E Macrófitas segundo CARDWELL, HAWKER & GREENWAY.

Procedimentos Operacionais Padrões dos metais determinados no Lago do Amor em água e sedimentos, seguindo as normas da APHA, AWWA, WPCF, 20⁰ edição, 1998. E Macrófitas segundo CARDWELL, HAWKER & GREENWAY.

As amostras para a determinação de metais em águas foram coletadas com amostrador alfa vertical para amostras pontuais em frascos de 1 L de polietileno, e estes serão lavados com ácido nítrico a 10% e enxaguados com água ultrapura.

As amostras coletadas foram preservadas com 1,5 mL de ácido nítrico concentrado, para pH < 2 e ficaram sob refrigeração a 4⁰C, até o momento da análise.

Digestão ácida de amostras aquosas em sistema aberto para os metais Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn.

A digestão ácida de amostras para determinação de metais em espectrometria de absorção atômica, tem como finalidade reduzir a interferência de matéria orgânica, ligações químicas estáveis e solubilização da amostra. O ácido nítrico digere muitas amostras adequadamente, é um forte oxidante, possui oxigênio na molécula, o que é muito aceitável quando usado para os métodos de chama e eletrotérmicos. Além disso, todos os metais são solúveis na forma de nitrato, no entanto, algumas amostras para sua completa digestão podem requerer adição de ácidos como o perclórico, clorídrico, sulfúrico, fluorídrico.

A primeira etapa da digestão com ácido nítrico consiste em oxidar a matéria orgânica e/ou solubilizar os compostos estáveis. Na segunda etapa, adiciona-se outra porção de ácido nítrico ou outro ácido conveniente, tampando o béquer com vidro de relógio para manter um certo refluxo, tornando a digestão mais enérgica, de modo a deixar a espécie metálica a mais dissociada possível.

Digestão ácido nítrico e ácido clorídrico:

1. Homogeneizar a amostra;
2. Medir em proveta 200 mL de amostra;
3. Transferir para um béquer de 300 mL com pérolas de vidro;
4. Adicionar 3 mL de HNO₃ concentrado;
5. Evaporar em chapa de aquecimento até cerca de 5 mL, sem ebulir;
6. Esfriar;

7. Adicionar 2,5 mL de HNO_3 e voltar para a chapa de aquecimento até 5 mL, sem ebulir;
8. Esfriar;
9. Adicionar 10 mL de HCl 1 + 1 e 15 mL de água;
10. Cobrir com vidro de relógio, e deixar por 15 minutos em refluxo, sem ebulir em chapa de aquecimento;
11. Esfriar;
12. Transferir a amostra digerida para um balão volumétrico de 50 mL, aferindo o volume com água ultrapura, homogeneizar;
13. Se a amostra após digestão apresentar material particulado (geralmente silicatos), filtrar a amostra para outro balão volumétrico utilizando papel de filtro de filtração rápida;
14. Adicionar reagentes para eliminar interferentes conforme tabela A.1, no momento da leitura;
15. Aspirar o branco, os padrões e as amostras em espectrômetro de absorção atômica, cada metal a ser determinado;
16. Proceder às mesmas seqüências analíticas para o branco e os padrões;
17. Os resultados analíticos serão obtidos diretamente da curva de calibração, se a amostra sofrer diluição, o resultado deve ser multiplicado pelo fator correspondente, como as amostras serão pré-concentradas, o resultado também deverá ser dividido pelo fator da pré-concentração, ou seja, o volume da amostra de 200mL será pré-concentrado para 50 mL no volume final, então o resultado obtido da curva deverá ser dividido por 4.

Procedimentos para determinação dos metais Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn em sedimentos.

As amostras de sedimentos foram coletadas utilizando-se um amostrador de núcleo, “Core”, e foram armazenadas e congeladas em recipientes plásticos de polietileno, até o momento da análise.

1. Homogeneizar a amostra e macerar;
2. Passar em peneira de malha de 80 Tyler/Mesh (250 Tyler/Mesh = $63 \text{ mm}/\mu\text{m}$ = 230 USS/ASTM);
3. Pesar de 0,5 a 1,0g de amostra;
4. Transferir para um bquer de 300 mL, adicionar de 5 mL de água ultrapura;
5. Adicionar 5 mL de HNO_3 concentrado, homogeneizar e cobrir com vidro de relógio;
6. Levar em chapa de aquecimento por 15 minutos, sem ebulir;

7. Esfriar a temperatura ambiente;
8. Adicionar 5 mL de HNO_3 concentrado;
9. Cobrir novamente com vidro de relógio, e deixar por cerca de 30 minutos em refluxo, mantendo o volume com água ultrapura;
10. Se necessário repetir os itens 8 e 9 até que ocorra completa oxidação da amostra, que é indicada por um extrato líquido límpido, e silicatos como subprodutos em alguns casos.
11. Após essa etapa, evaporar a amostra até cerca de 5 mL;
12. Esfriar
13. Adicionar 5 mL de água e 5 mL de H_2O_2 30%;
14. Continuar a adição de H_2O_2 , até a efervescência mínima ou aparência geral da amostra não se modificar, não adicionar mais que 10 mL de H_2O_2 ;
15. Adicionar 5 mL de HCl concentrado e 10 mL de água;
16. Cobrir com vidro de relógio; retornar a chapa de aquecimento, aquecer sem ebulição até cerca de 10 mL;
17. Transferir a amostra digerida para um balão volumétrico de 100 mL, aferindo o volume com água ultrapura;
18. Se a amostra após digestão apresentar material particulado (geralmente silicatos), filtrar a amostra para outro balão volumétrico utilizando papel de filtro de filtração rápida;
19. Adicionar reagentes para eliminar interferentes conforme tabela A.1, no momento da leitura;
20. Aspirar o branco, os padrões e a amostras em espectrômetro de absorção atômica, cada metal a ser determinado;
21. Proceder às mesmas seqüências analíticas para o branco e os padrões;
22. Os resultados analíticos serão obtidos diretamente da curva de calibração, se a amostra sofrer diluição, o resultado deve ser multiplicado pelo fator correspondente.

Tabela A.1 – Reagentes para eliminar interferentes e chama utilizada para os metais.

Metal	Chama	Soluções para eliminar interferentes
Al	Óxido nitroso-acetileno	2 mL de solução de KCl, para cada 100 mL de amostra.
Ba	Óxido nitroso-acetileno	2 mL de solução de KCl, para cada 100 mL de amostra.
Cd	Ar-acetileno	-
Pb	Ar-acetileno	-
Cu	Ar-acetileno	-
Cr	Ar-acetileno	1 mL H ₂ O ₂ 30%, para cada 100 mL de amostra.
Fe	Ar-acetileno	25 mL CaCO ₃ , para cada 100 mL de amostra.
Mn	Ar-acetileno	25 mL CaCO ₃ , para cada 100 mL de amostra.
Hg	-	-
Ni	Ar-acetileno	-
Zn	Ar-acetileno	-

Procedimentos para determinação dos metais Al, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn em Macrófitas e Hg.

A amostra da macrófita foi coletada em junho de 2004 e foi armazenada em recipientes plásticos de polietileno, até ser transportada ao laboratório. Foi determinada as concentrações dos metais na água do balde que foi coletada a macrófita e na água deionizada de lavagem.

1. Lavar a macrófita com 2L de água deionizada, para remover resíduos visíveis;
2. Separar talo+folha da raiz, ou outra separação que se fizer necessária;
3. Secar cuidadosamente com papel absorvente;
4. Armazenar em sacos plásticos e refrigerar a 4°C, não mais que 7 dias;
5. Colocar as amostras em cápsulas de porcelana;
6. Levar à estufa a 80°C (deixar durante a noite), até secar a massa constante. (É utilizada a temperatura de 80°C, pois uma T < 80°C pode não remover toda a água da amostra e uma T > 80°C poderá ocorrer decomposição térmica resultando em redução de peso seco);
7. Retirar da estufa e macerar em maçarico com pistilo, para assegurar homogeneidade e facilitar a digestão da matéria orgânica;
8. O material fino será estocado em frascos plásticos em um lugar seco, não mais que um mês;
9. Pesar de 0,5 a 1,0g de amostra;
10. Executar a digestão da amostra conforme o item 4 do POPde amostras de sedimentos.

Para a determinação de Hg em macrófitas, proceder conforme POP para macrófitas e item 3 do POP para Hg em sedimentos.

Procedimento para a determinação do metal Hg em águas

1. Homogeneizar a amostra;
2. Medir em proveta 100 mL de amostra;
3. Transferir para um frasco winkler ou erlenmeyer de 300 mL;
4. Adicionar 5 mL de H_2SO_4 concentrado;
5. Adicionar 2,5 mL de HNO_3 ;
6. Adicionar 15 mL de solução de KMnO_4 5% ;
7. Adicionar 8 mL de solução de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 5% ;
8. Levar para digerir em banho-maria à 95°C, por 2 horas;
9. Retirar do banho e esfriar a temperatura ambiente;
10. Adicionar 10 mL de solução de cloridrato de hidroxilamina a 10% ou cloridrato de hidroxilamina de sulfato de sódio 12%, dependendo da amostra, pode-se adicionar um volume maior ou menor desta solução, o importante é a redução do excesso de KMnO_4 ;
11. Adicionar 5 mL de solução de cloreto estanoso a 5%, antes de iniciar cada leitura, ou programar o gerador de vapor a frio, com solução de cloreto estanoso e ácido clorídrico diluído no recipiente do aparelho;
12. Aspirar o branco, os padrões e a amostras no gerador de vapor a frio VGA-77 que está acoplado ao espectrômetro de absorção atômica, e ler o Hg a ser determinado;
13. Proceder às mesmas seqüências analíticas para o branco e os padrões;
14. Os resultados analíticos serão obtidos diretamente da curva de calibração, se a amostra sofrer diluição, o resultado deve ser multiplicado pelo fator correspondente.

Procedimentos para determinação de Hg em sedimentos.

1. Homogeneizar a amostra e macerar;
2. Pesar de 0,5 a 1,0g de amostra;
3. Transferir para um frasco winkler ou erlenmeyer de 300 mL;
4. Adicionar 1 mL de H_2O_2 30%;
5. Adicionar 10 mL de H_2SO_4 concentrado, (de 1 em 1 mL);
6. Levar para digerir em banho-maria à 95°C, por 1 hora;
7. Retirar do banho e esfriar a temperatura ambiente;

8. Adicionar 100 mL de água ultrapura;
9. Adicionar 25 mL de solução de KMnO_4 5% ;
10. Adicionar 10 mL de solução de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 5% ;
11. Levar para digerir em banho-maria a 95°C , por 2 horas;
12. Retirar do banho e esfriar a temperatura ambiente;
13. Adicionar 20 mL de solução de cloridrato de hidroxilamina a 10% ou cloridrato de hidroxilamina de sulfato de sódio 12%, dependendo da amostra, pode-se adicionar um volume maior ou menor desta solução, o importante é a redução do excesso de KMnO_4 ;
14. Adicionar 5 mL de solução de cloreto estânico a 5%, antes de iniciar cada leitura, ou programar o gerador de vapor a frio, com solução de cloreto estânico e ácido clorídrico diluído no recipiente do aparelho;
15. Aspirar o branco, os padrões e as amostras no gerador de vapor a frio VGA-77 que está acoplado ao espectrômetro de absorção atômica, e ler o Hg a ser determinado;
16. Proceder às mesmas seqüências analíticas para o branco e os padrões;
17. Os resultados analíticos serão obtidos diretamente da curva de calibração, se a amostra sofrer diluição, o resultado deve ser multiplicado pelo fator correspondente.

ANEXO B

Soluções para eliminar interferentes dos metais determinados no Lago do Amor em água e sedimentos e soluções para a determinação de mercúrio seguindo as normas da APHA, AWWA, WPCF, 20ª edição, 1998.

Soluções para eliminar interferentes dos metais determinados no Lago do Amor em água, sedimentos e macrófita, e soluções para a determinação de mercúrio seguindo as normas da APHA, AWWA, WPCF, 20ª edição, 1998.

A água para preparo dos padrões, soluções reagentes, amostras, assepsia de vidrarias e frascos de coleta deverá ser ultrapura. As vidrarias e os frascos de coletas deverão ser lavados com ácido nítrico 10% e enxaguados com água ultrapura.

Soluções para eliminar interferentes:

Solução de cálcio: dissolver 630 mg de CaCO_3 , em 50 mL de HCl 1 + 5. Se necessário, aquecer vagarosamente para obter completa dissolução. Esfriar e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Solução de cloreto de potássio: dissolver 250g de KCl em água e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Peróxido de Hidrogênio 30% p.a.

Soluções para a determinação de mercúrio:

Ácido sulfúrico p.a máximo 0,0000005% de Hg

Ácido nítrico p.a máximo 0,0000005% de Hg

Solução de permanganato de potássio 5%: Dissolver 50g de KMnO_4 p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Solução de persulfato de potássio 5%: Dissolver 50g de $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Solução de cloridrato de hidroxilamina 10%: Dissolver 100g de cloridrato de hidroxilamina p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Solução de cloridrato de hidroxilamina de sulfato de sódio: Dissolver 120g de cloreto de sódio e 120g de cloridrato de hidroxilamina de sulfato de sódio p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água e diluir para 1000 mL com água ultrapura.

Solução de cloreto estanoso: Dissolver 10g de cloreto estanoso p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água contendo 20 mL de HCl concentrado p.a. máximo 0,0000005% de Hg e diluir

para 100 mL com água ultrapura. Esta solução se decompõe rapidamente, preparar no momento de análise.

Solução de cloreto estanoso: Dissolver 11g de sulfato estanoso p.a. máximo 0,0000005% de Hg em água contendo 7 mL de H₂SO₄ concentrado p.a. máximo 0,0000005% de Hg e diluir para 100 mL com água ultrapura. Esta solução se decompõe rapidamente, preparar no momento de análise.

ANEXO C

Fotos dos Laboratórios onde foram realizadas as Análises

Fotos dos Laboratórios onde foram realizadas as Análises

As figuras C.1, C.2, C.3 e C.4 mostram as fotos dos laboratórios onde foram realizadas as análises.



Figura C.1 - trituração das amostras de sedimentos



Figura C.2 - .digestão dos metais em sedimentos



Figura C.3 - filtração após digestão dos sedimentos



Figura C.4 - Leitura das amostras no EAA