

"ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM AMBIENTE
LÓTICO, COM ÊNFASE NA ASSIMILAÇÃO PELAS
COMUNIDADES BIOLÓGICAS E NA SUA QUANTIFICAÇÃO
NO SEDIMENTO E ÁGUA"

ANGELA DOS SANTOS BARRETTO



Tese apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. JURANDYR POVINELLI

Co-orientação: Prof. Dr. ODETE ROCHA

SÃO CARLOS

1999

"ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE METAIS EM AMBIENTE
LÓTICO, COM ÊNFASE NA ASSIMILAÇÃO PELAS
COMUNIDADES BIOLÓGICAS E NA SUA QUANTIFICAÇÃO
NO SEDIMENTO E ÁGUA"

ANGELA DOS SANTOS BARRETTO



ORIENTADOR: PROF. Dr. JURANDYR POVINELLI

CO-ORIENTADORA: PROF. Dr. ODETE ROCHA

Class.	TESE
Cott.	0631
Tombo	193/99

31100007837

S/S 1063274

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

B274e

Barretto, Angela dos Santos
Estudo da distribuição de metais em ambiente
lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades
biológicas e na sua quantificação no sedimento e
água / Angela dos Santos Barretto. -- São Carlos,
1999.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.

Área: Hidráulica e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Jurandyr Povinelli.

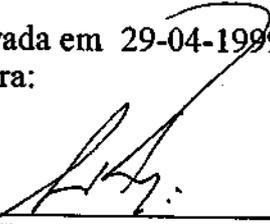
Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Odete Rocha.

1. Ambiente lótico.
 2. Distribuição de metais.
 3. Especiação de metais.
 4. Comunidades aquáticas.
 5. Sedimento.
 6. Qualidade das águas.
- I. Título.

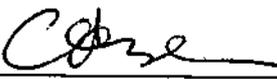
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Bacharela **ANGELA DOS SANTOS BARRETTO**

Tese defendida e aprovada em 29-04-1999
pela Comissão Julgadora:



Prof. Titular **JURANDYR POVINELLI (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



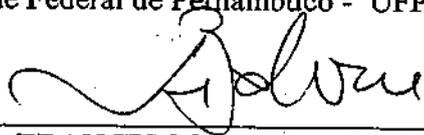
Prof. Doutor **CARLOS EDUARDO BLUNDI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



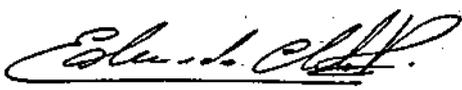
Prof. Doutor **IVALDO LUIZ GAETA (ESPINDOLA)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



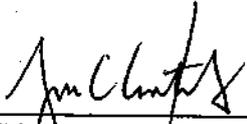
Prof. Doutor **MÁRIO TAKAYUKI KATO**
(Universidade Federal de Pernambuco - UFPE)



Prof. Doutor **FRANCISCO RICARDO ANDRADE BIDONE**
(Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS)



Prof. Associado **EDUARDO CLETO PIRES**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

**"É preferível a angustia da busca
que a paz da acomodação, pois a vitória não é dos que arrancam na frente, mas
sim dos que realmente conseguem completar sua jornada".**

**Agradeço a Deus, aos meus antepassados
e dedico este trabalho aos meus pais
Fernando ("in memoriam") e Neia pela
oportunidade, carinho, força e incentivo
que sempre recebi durante todos os dias
de minha vida.**

**Muito obrigado a Deus, aos meus pais
e ao meu sobrinho Leonardo.**

"E de repente a gente se solta e dá voltas ao redor da liberdade que pretendeu, a gente se solta e se sente livre ou um pouco mais livre que antes, ou um pouco mais forte, mais corajoso".

João Carlos Pecci

**Agradeço ao Edson...
pelo carinho, apoio, incentivo e
paciência no decorrer da execução
desta pesquisa. Muito obrigado.**

"O Homem que venceu na vida foi aquele que viveu bem, sorriu
muitas vezes e amou muito.

Que conquistou o respeito de homens inteligentes e o amor das
crianças, que preencheu um lugar e cumpriu a sua missão.

Que deixou o mundo melhor do que encontrou.

Que propiciou o melhor nos outros e deu o melhor de si."

Autor Anônimo.



"Dias inteiros de calma, noites de ardência, dedos no leme e olhos no horizonte, descobri a alegria de transformar distâncias em tempo. Um tempo em que aprendi a entender as coisas do mar, a conversar com grandes ondas e a não discutir com o mau tempo. A transformar o medo em respeito, o respeito em confiança. Descobri como é bom chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer".

Amyr Klink.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Jurandyr Povinelli e a Professora Doutora Odete Rocha. (UFSCar) pela orientação, co-orientação e carinho no decorrer deste trabalho.

Aos membros da banca de qualificação, Professora Doutora Odete Rocha e Professor Doutor Evaldo L. G. Espindola, pelas boas sugestões e críticas.

Aos membros da banca de defesa, Prof. Dr. Mario Takayuki Kato, Carlos Eduardo Blundi, Francisco R. A. Bidone e Evaldo L. G. Espindola pelas sugestões, críticas e avaliações.

Ao programa de Pós-Graduação do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, em especial aos professores José Galizia Tundisi e Maria do Carmo Calijuri, pelo acolhimento durante os primeiros meses de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Hidráulica e Saneamento, pela infra-estrutura oferecida.

A FAPESP, pelo auxílio financeiro na parte experimental desta pesquisa.

A CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Professor Doutor Arthur Mattos pelos dados cedidos da Estação Meteorológica montada no CRHEA.

Ao Professor Doutor Wilson F. Jardim (UNICAMP) e ao Professor Doutor Antônio Mozzeto (UFSCar), pela ajuda e esclarecimentos.

Aos Professores Doutores Eugênio Foresti, José Roberto Campos e Marco A. P. Reali, pela amizade e incentivo.

Ao Prof. Dr. Fazal H. Chaudry, pelo incentivo e confecção do "Abstract" deste estudo.

Ao técnico e grande amigo José Roberto Maramarque (CRHEA), pela ajuda na realização das coletas de campo e nas medições da vazão do rio.

Aos técnicos do laboratório de saneamento (SHS) Paulo Fragiácomo, Júlio César Trofino, Maria Aparecida P. Viudes, José Miguel Derige ("in memoriam") pela amizade, carinho, atenção, companheirismo, solidariedade e colaboração na realização das análises laboratoriais e troca de informações.

Ao professor Júlio Cesar Garavelo do Departamento de Biologia e Ecologia Evolutiva da UFSCar, pela presteza na identificação das espécies de peixes do rio Monjolinho.

Ao funcionário Djalma (UFSCar), pela confecção dos equipamentos de coleta.

As secretárias da pós-graduação, Pavi e Sá, pela paciência, carinho e amizade.

As secretárias do Departamento Márcia, Valderéz e Cecília, pela amizade e atenção dispensada.

As secretárias da Diretoria da EESC Maria Thereza e Alessandra, pelo carinho e respeito que sempre dispensaram.

As funcionárias do setor de pós-graduação, em especial a Nazaré, pelo carinho e presteza.

A todos os colegas e professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, pelo carinho e amizade.

A todos os funcionários do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP, em especial a Rose, pelo carinho e amizade.

Aos proprietários da loja Dourado Pesca, de São Carlos pela simpatia e material sobre pesca.

A professora Maria da Graça Melão (UFSCar), pela amizade e auxílio na discussão de macrófitas.

Aos amigos Geraldo D. Sobrinho e Paulo Cintra (UNICAMP), pela presteza na confecção do gancho para a coleta das macrófitas

Ao professor e amigo Antônio R. Siviero, pelo auxílio com a fotografia do Guarú.

Ao amigo João Sé, pelo auxílio na elaboração do projeto de doutorado.

Aos colegas Maria Cecília e Regis Catarino do Departamento de Botânica da UFSCar, pela atenção e auxílio da identificação da macrófita

Aos novos amigos Gloria (UFSCar) e Zé Américo (SHS), pelo incentivo e ajuda na parte estatística deste trabalho.

A Patrícia (SHS), pela inestimável ajuda na discussão do processo de nitrificação.

Ao Edilson e a Elisangela pela amizade.

Aos meus sogros, Gilberto e Olímpia, pelo incentivo e carinho.

Aos amigos do laboratório de saneamento: Neyson e Luciana.

Aos meus amigos do laboratório de Zooplâncton e Ictioplâncton da UFRJ, que me incentivaram a lutar e conquistar.

Aos amigos, Silvia Claudia, Roberto, Viviana, Deize Dias, Juan, Ana Luisa (SHS), pelo estímulo, amizade e apoio.

Márcia Reynier, Claudia Clareto, Maria Lúcia, Suzete (Suzi) e Janete Jane amigas e companheiras de todos os momentos, tanto os fáceis quanto os difíceis.

As amigas Romilda, Ana Maria, Cristina Nordi e Lisandro (UFSCar), pelo carinho e companheirismo.

A Lavínia e Alfredo, amigos de sempre.

A Neide (companheira de infância) e Mônica (companheira de estudos), minhas melhores e sempre amigas.

Aos amigos Doralice, Mário e filhos pela eterna amizade.

Aos meus amigos Orestes Portella ("in memoriam") e Ronaldo Linhares Pacheco ("in memoriam"), pelo apoio, incentivo e carinho.

Aos meus irmãos: Haydée, Alberny e Ana Bárbara, pelo apoio e carinho.

Aos meus tios, tias, avós, primos e primas, pelo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu grande amigo e mentor Luiz Henrique ("in memoriam"), que me iniciou na pesquisa, me apoiou, me ensinou, mas acima de tudo isto me respeitou como ser humano.

A cada pessoa, que por um momento deixou de ser desconhecida, e passou pela minha vida nas coletas de campo.

A todos os meus sobrinhos: Leonardo, Leticia, Luciano, Aline, Raquel, Renata, José Alexandre, Alexandra, Marcos Antônio, Rosângela e Milton, a quem gosto muito.

Em especial a:

A Leonardo Luís pelo carinho, respeito e confiança que sempre me dedicou.

A Kaula, "minha filha", que esteve comigo a partir da 5ª coleta.

Ao meu noivo, Edson, pelo carinho, amizade, amor, compreensão e intensa participação em todas as fases deste trabalho.

Ao meu pai Fernando ("in memoriam"), por ter me dado tanto amor e ensinamentos.

E a minha maravilhosa mãe, a quem amo muito, pela amizade, amor, companheirismo, presença e incentivos constantes.

"A verdadeira coragem de compreensão consiste em não permitir que as coisas que sabemos sejam embaraçadas pelo que não sabemos".

Ralph Waldo Emerson

SUMÁRIO:

	pág.
LISTA DE FIGURAS:	iii
LISTA DE TABELAS:	xvi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS:	xxiv
RESUMO:	xxv
ABSTRACT:	xxvi
1 - INTRODUÇÃO:	1
2 - OBJETIVOS:	7
3 - JUSTIFICATIVA:	8
4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:	9
4.1 - Metais no sistema aquático:	9
4.2 - Metais em organismos e sedimentos aquáticos:	13
4.3 - O rio Monjolinho:	21
5 - MATERIAIS E MÉTODOS:	25
5.1 - Área de estudo:	25
5.2 - Pontos de coleta:	32
5.3 - Amostragem da água, sedimento e organismos:	39
5.4 - Medição da concentração de metais:.....	45
5.5 - Medição das variáveis físicas e químicas:	46
5.6 - Análise qualitativa das comunidades bentônica, nectônica e de macrófitas:	49
6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO:	50
6.1 - Variáveis físicas e químicas da água	51
6.1.1 - Temperatura	51
6.1.2 - Oxigênio dissolvido na água	54
6.1.3 - Potencial hidrogeniônico da água	59
6.1.4 - Alcalinidade total da água	62
6.1.5 - Condutividade elétrica da água	65
6.1.6 - Demanda Bioquímica de Oxigênio da água ..	69
6.1.7 - Demanda Química de Oxigênio da água	72
Transparência e turbidez da água	75
6.1.8 - Transparência da água	75
6.1.9 - Turbidez da água	76
Série de sólidos	80
6.1.10 - Sólidos sedimentáveis na água	81
6.1.11 - Sólidos suspensos totais na água	83
6.1.12 - Sólidos suspensos fixos na água	83
6.1.13 - Sólidos suspensos voláteis na água	84
6.1.14 - Sólidos totais na água	89
6.1.15 - Sólidos totais fixos na água	89
6.1.16 - Sólidos totais voláteis na água	90
6.1.17 - Sulfeto na água	95
Série de fosfato	98
6.1.18 - Fosfato total na água	99
6.1.19 - Fosfato dissolvido inorgânico na água ..	99
6.1.20 - Fosfato total dissolvido na água	100
Série nitrogênio	106

	pág.
6.1.21 - Nitrogênio total (Kjeldhal) na água	106
6.1.22 - Nitrogênio amoniacal na água	107
6.1.23 - Nitrogênio - Nitrato na água	108
6.1.24 - Nitrogênio - Nitrito na água	109
6.2 - Variáveis ambientais climatológicas	117
6.2.1 - Temperatura do ar	117
6.2.2 - Precipitação pluviométrica	119
6.3 - Variáveis morfométricas e hidráulicas	121
6.3.1 - Vazão	121
6.3.2 - Profundidade do rio	124
6.4 - Características do sedimento analisado	126
6.4.1 - Teor de matéria orgânica no sedimento ...	126
6.4.2 - Teor de nitrogênio no sedimento	131
6.4.3 - Granulometria do sedimento	134
6.5 - Análise estatística das variáveis físicas e químicas da água	141
6.6 - Análise dos metais na água, no sedimento e nas comunidades	145
Concentrações de metais na água	147
6.6.1 - Dados sobre os metais dissolvidos na água	147
6.6.2 - Dados sobre os metais suspensos na água .	156
6.6.3 - Dados sobre os metais totais na água	165
Concentração de metais no sedimento	176
6.6.4 - Dados sobre os metais disponíveis no sedimento	176
6.6.5 - Dados sobre os metais totais no sedimento	186
6.6.6 - Concentração de metais na comunidade de macrófitas	197
6.6.7 - Concentração de metais na comunidade nectônica	207
6.6.8 - Concentração de metais na comunidade perifítica	217
6.6.9 - Concentração de metais na comunidade bentônica	227
6.7 - Análise estatística dos metais	238
6.8 - Classificação do rio Monjolinho segundo a Legislação Federal (Resolução CONAMA 20/86) ...	244
Classificação	245
6.9 - Inventário faunístico e florístico	250
Comunidade bentônica	250
Comunidade nectônica	253
Comunidade de macrófita	255
7 - CONCLUSÕES:	260
8 - RECOMENDAÇÕES:	265
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	267
ANEXO 1	277

LISTA DE FIGURAS:

	pág.
FIGURA 5.1: Principais sub-bacias do rio Jacaré-Guaçu ..	26
FIGURA 5.2: Sub-bacia do rio Monjolinho demonstrando os pontos de amostragem	27
FIGURA 5.3: Mapa da sub-bacia hidrográfica do rio Monjolinho evidenciando os subsistemas	30
FIGURA 5.3.1: Mapa do uso e ocupação do solo da cidade de São Carlos	31
FIGURA 5.4: 1° Ponto de coleta	34
FIGURA 5.5: 2° Ponto de coleta	34
FIGURA 5.6: 3° Ponto de coleta	35
FIGURA 5.7: 4° Ponto de coleta	35
FIGURA 5.8: 5° Ponto de coleta	36
FIGURA 5.9: 6° Ponto de coleta	36
FIGURA 5.10: 7° Ponto de coleta (lançamento do esgoto sanitário)	37
FIGURA 5.10a: 7° Ponto de coleta (sedimento e bentos)...	37
FIGURA 5.11: 8° Ponto de coleta	38
FIGURA 5.12: 9° Ponto de coleta (antes do encontro com o rio Jacaré-Guaçu	38
FIGURA 5.13: Perfilador utilizado para coleta de sedimento até a profundidade de 15 cm nos pontos 1 e 9	41
FIGURA 5.14: Gancho de ferro utilizado para coleta de Macrófitas e Perifíton nos pontos de coleta	42
FIGURA 5.15: Puçá para coleta da Comunidade Nectônica nos pontos de coleta	43
FIGURA 5.16: Draga de Van Veen utilizada para coleta da comunidade bentônica (em todos os pontos amostragem) e sedimento (nos pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8)	44
FIGURA 5.17: Disco de Secchi utilizado para medir a Transparência da água nos pontos de coleta	48
FIGURA 5.18: Molinete utilizado para medir a vazão do rio nos pontos de amostragem	48
FIGURA 1a: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	53
FIGURA 1b: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem	53
FIGURA 2a: Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	58

	pág.
FIGURA 2b: Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem	58
FIGURA 3a: Variação do pH nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	61
FIGURA 3b: Variação do pH nos pontos de amostragem	61
FIGURA 4a: Alcalinidade total nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	64
FIGURA 4b: Alcalinidade total nos pontos de amostragem.....	64
FIGURA 5a: Condutividade elétrica nos pontos amostragem do rio Monjolinho	68
FIGURA 5b: Variação da condutividade elétrica nos pontos de amostragem	68
FIGURA 6a: Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos amostragem do rio Monjolinho	71
FIGURA 6b: Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de amostragem	71
FIGURA 7a: Demanda Química de Oxigênio nos pontos amostragem do rio Monjolinho	74
FIGURA 7b: Demanda Química de Oxigênio nos pontos de amostragem	74
FIGURA 8a: Valores de transparência da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	78
FIGURA 8b: Valores de transparência da água nos pontos de amostragem	78
FIGURA 9a: Variação da turbidez da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	79
FIGURA 9b: Variação da turbidez da água nos pontos de amostragem	79
FIGURA 10a: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	82
FIGURA 10b: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem	82
FIGURA 11a: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	86
FIGURA 11b: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem	86
FIGURA 12a: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	87
FIGURA 12b: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem	87

	pág.
FIGURA 13a: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	88
FIGURA 13b: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem	88
FIGURA 14a: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	92
FIGURA 14b: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem	92
FIGURA 15a: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	93
FIGURA 15b: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem	93
FIGURA 16a: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	94
FIGURA 16b: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem	94
FIGURA 17a: Concentração de sulfeto no pontos de amostragem do rio Monjolinho	97
FIGURA 17b: Concentração de sulfeto no pontos de amostragem	97
FIGURA 18a: Concentração de fosfato total no pontos de amostragem do rio Monjolinho	103
FIGURA 18b: Concentração de fosfato total no pontos de amostragem	103
FIGURA 19a: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico no pontos de amostragem do rio Monjolinho	104
FIGURA 19b: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem	104
FIGURA 20a: Concentração de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	105
FIGURA 20b: Concentração de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem	105
FIGURA 21a: Concentração de nitrogênio total (Kjedhal) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	113
FIGURA 21b: Concentração de nitrogênio total (Kjedhal) nos pontos de amostragem	113
FIGURA 22a: Concentração de nitrogênio amoniaco nos pontos de amostragem do rio Monjolinho .	114
FIGURA 22b: Concentração de nitrogênio amoniaco nos pontos de amostragem	114
FIGURA 23a: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	115

	pág.
FIGURA 23b: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem	115
FIGURA 24a: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	116
FIGURA 24b: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem	116
FIGURA 25a: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	118
FIGURA 25b: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem	118
FIGURA 26: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de amostragem do rio Monjolinho	120
FIGURA 26a: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de dezembro de 1996 a fevereiro de 1998	120
FIGURA 27a: Variação da vazão média nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	123
FIGURA 27b: Variação da vazão média nos pontos de amostragem	123
FIGURA 28a: Variação da profundidade média nos pontos de amostragem do rio Monjolinho	125
FIGURA 28b: Variação da profundidade média nos pontos de amostragem	125
FIGURA 29a: Variação do teor de matéria orgânica no sedimento dos pontos de amostragem do rio Monjolinho	130
FIGURA 29b: Variação do teor de matéria orgânica no sedimento dos pontos de amostragem	130
FIGURA 30a: Variação do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento dos pontos de amostragem do rio Monjolinho	133
FIGURA 30b: Variação do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento dos pontos de amostragem	133
FIGURA 31: Granulometria do sedimento correspondente à 1ª coleta	137
FIGURA 32: Granulometria do sedimento correspondente à 2ª coleta	137
FIGURA 33: Granulometria do sedimento correspondente à 3ª coleta	138
FIGURA 34: Granulometria do sedimento correspondente à 4ª coleta	138

	pág.
FIGURA 35: Granulometria do sedimento correspondente à 5ª coleta	139
FIGURA 36: Granulometria do sedimento correspondente à 6ª coleta	139
FIGURA 37: Granulometria do sedimento correspondente à 7ª coleta	140
FIGURA 6.5: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela Análise dos Componentes Principais (ACP) fator 1 e fator 2	144
FIGURA 6.5a: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (chuva, seca e transição) para os fatores 1 e 2	144
FIGURA 38a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	149
FIGURA 38b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	149
FIGURA 39a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	150
FIGURA 39b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	150
FIGURA 40a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	151
FIGURA 40b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	151
FIGURA 41a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	152
FIGURA 41b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	152
FIGURA 42a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	153
FIGURA 42b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	153
FIGURA 43a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	154
FIGURA 43b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	154

	pág.
FIGURA 44a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	155
FIGURA 44b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	155
FIGURA 45a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	158
FIGURA 45b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	158
FIGURA 46a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	159
FIGURA 46b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	159
FIGURA 47a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	160
FIGURA 47b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	160
FIGURA 48a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	161
FIGURA 48b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	161
FIGURA 49a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	162
FIGURA 49b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	162
FIGURA 50a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	163
FIGURA 50b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	163
FIGURA 51a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	164
FIGURA 51b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	164
FIGURA 52a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	169

	pág.
FIGURA 52b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	169
FIGURA 53a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	170
FIGURA 53b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	170
FIGURA 54a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	171
FIGURA 54b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	171
FIGURA 55a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	172
FIGURA 55b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	172
FIGURA 56a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	173
FIGURA 56b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	173
FIGURA 57a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	174
FIGURA 57b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	174
FIGURA 58a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	175
FIGURA 58b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	175
FIGURA 59a: Concentração de metais disponíveis no sedimento longo dos pontos do rio: 1ª coleta	179
FIGURA 59b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	179
FIGURA 60a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	180
FIGURA 60b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	180

	pág.
FIGURA 61a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	181
FIGURA 61b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	181
FIGURA 62a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	182
FIGURA 62b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	182
FIGURA 63a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	183
FIGURA 63b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	183
FIGURA 64a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	184
FIGURA 64b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	184
FIGURA 65a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	185
FIGURA 65b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	185
FIGURA 66a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	190
FIGURA 66b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	190
FIGURA 67a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	191
FIGURA 67b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	191
FIGURA 68a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	192
FIGURA 68b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	192

	pág.
FIGURA 69a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	193
FIGURA 69b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	193
FIGURA 70a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	194
FIGURA 70b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	194
FIGURA 71a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	195
FIGURA 71b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	195
FIGURA 72a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	196
FIGURA 72b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	196
FIGURA 73a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	200
FIGURA 73b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	200
FIGURA 74a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	201
FIGURA 74b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	201
FIGURA 75a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	202
FIGURA 75b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	202
FIGURA 76a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	203
FIGURA 76b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	203

	pág.
FIGURA 77a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	204
FIGURA 77b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	204
FIGURA 78a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	205
FIGURA 78b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	205
FIGURA 79a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	206
FIGURA 79b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	206
FIGURA 80a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	210
FIGURA 80b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	210
FIGURA 81a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	211
FIGURA 81b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	211
FIGURA 82a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	212
FIGURA 82b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	212
FIGURA 83a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	213
FIGURA 83b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	213
FIGURA 84a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	214

FIGURA 84b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	214
FIGURA 85a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	215
FIGURA 85b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	215
FIGURA 86a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	216
FIGURA 86b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	216
FIGURA 87a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	220
FIGURA 87b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	220
FIGURA 88a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	221
FIGURA 88b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	221
FIGURA 89a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	222
FIGURA 89b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	222
FIGURA 90a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	223
FIGURA 90b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	223
FIGURA 91a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	224
FIGURA 91b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	224

	pág.
FIGURA 92a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	225
FIGURA 92b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	225
FIGURA 93a: Concentração de metais totais no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	226
FIGURA 93b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no perifíton associado a MO ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	226
FIGURA 94a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	231
FIGURA 94b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	231
FIGURA 95a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	232
FIGURA 95b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	232
FIGURA 96a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	233
FIGURA 96b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	233
FIGURA 97a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	234
FIGURA 97b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	234
FIGURA 98a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	235
FIGURA 98b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	235
FIGURA 99a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	236

	pág.
FIGURA 99b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	236
FIGURA 100a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	237
FIGURA 100b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	237
FIGURA 6.7: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela Análise dos Componentes Principais (ACP) fator 1 e fator 2	241
FIGURA 6.7a: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (chuva, seca e transição) para os fatores 1 e 2	241
FIGURA 6.7.1: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela Análise dos Componentes Principais (ACP) fator 1 e fator 3	242
FIGURA 6.7.1a: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (chuva, seca e transição) para os fatores 1 e 3	242
FIGURA 6.7.2: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela Análise dos Componentes Principais (ACP) fator 1 e fator 4	243
FIGURA 6.7.2a: Ordenação pela Análise dos Componentes Principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (chuva, seca e transição) para os fatores 1 e 4	243
FIGURA 7.1: Concentração de OD e DBO ao longo do rio Monjolinho	261
FIGURA A: Aspecto geral da larva de <i>Chironomus sp</i>	258
FIGURA B1: Uma das espécies mais abundantes de peixes no rio Monjolinho: <i>Poecilia sp.</i>	258
FIGURA B2: Uma das espécies mais abundantes de peixes no rio Monjolinho: <i>Astyanax scabripinis</i>	259
FIGURA C: Aspecto geral do banco de macrófitas <i>Heteranthera reniformis</i>	259

LISTA DE TABELAS:

	pág.
TABELA 1: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem	283
TABELA 1.1: : Variação média da temperatura da água nos pontos de amostragem	333
TABELA 2: Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem	283
TABELA 2.1: Concentração média de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem	333
TABELA 3: Variação do Potencial Hidrogeniônico (pH) nos pontos de amostragem	284
TABELA 3.1: Variação média do Potencial Hidrogeniônico (pH) nos dos pontos de amostragem	333
TABELA 4.a: Distribuição de metais na espécie <i>Zoostera marina</i>	18
TABELA 4: Alcalinidade total nos pontos de amostragem ..	284
TABELA 4.1: Valores médios da alcalinidade total nos pontos de amostragem	334
TABELA 5: Valores da condutividade elétrica nos pontos de amostragem	285
TABELA 5.1: Valores médios da condutividade elétrica nos pontos de amostragem	334
TABELA 5.5: Pontos de coleta de amostras, compartimento estudado e as variáveis com as respectivas metodologias empregadas	278
TABELA 6: Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de amostragem	285
TABELA 6.1: Média da Demanda Bioquímica de Oxigênio nos pontos de amostragem	334
TABELA 6.1.1: Datas e épocas da realização das coletas..	50
TABELA 6.5.2: Número de Eigenvalue (fatores), valores e porcentagens da variância total obtidos na ACP das variáveis físicas e químicas em função dos períodos e pontos de amostragem	143
TABELA 6.5.3: Correlação das variáveis físicas e químicas com os componentes principais 1 e 2 (os valores em azul são os mais significativos para cada fator)	143
TABELA 6.6.1: Metais analisados neste estudo e sua origem no ecossistema aquático	145
TABELA 6.7.2: Número de Eigenvalue (fatores), valores e porcentagens da variância total obtidas na ACP das variáveis físicas e químicas em função dos períodos e pontos de amostragem	240

TABELA 6.7.3: Correlação das variáveis físicas e químicas com os componentes principais 1, 2, 3 e 4 (os valores em azul são os mais significativos para cada fator)	240
TABELA 6.8: Classificação dos pontos de amostragem segundo a Resolução CONAMA 20/86	249
TABELA 6.8.1: Padrão de qualidade ambiental das águas segundo a Resolução CONAMA 20/86	280
TABELA 6.9.1: Análise quantitativa da comunidade bentônica	281
TABELA 6.9.1a: Análise quantitativa da comunidade nectônica	282
TABELA 7: Demanda Química de Oxigênio nos pontos de amostragem	286
TABELA 7.1: Média de Demanda Química de Oxigênio nos pontos de amostragem	335
TABELA 8: Valores da transparência da água nos pontos de amostragem	286
TABELA 8.1: Valores médios da transparência da água nos pontos de amostragem	335
TABELA 9: Valores da turbidez da água nos pontos de amostragem	287
TABELA 9.1: Valores médios da turbidez da água nos pontos de amostragem	335
TABELA 10: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem	288
TABELA 10.1: Concentração média de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem	336
TABELA 11: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem	289
TABELA 11.1: Concentração média de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem	336
TABELA 12: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem	289
TABELA 12.1: Concentração média de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem	336
TABELA 13: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem	290
TABELA 13.1: Concentração média de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem	337
TABELA 14: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem	290

	pág.
TABELA 14.1: Concentração média de sólidos totais nos pontos de amostragem	337
TABELA 15: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem	291
TABELA 15.1: Concentração média de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem	337
TABELA 16: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem	291
TABELA 16.1: Concentração média de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem	338
TABELA 17: Concentração de sulfetos nos pontos de amostragem	292
TABELA 17.1: Concentração média de sulfeto nos pontos de amostragem	338
TABELA 18: Concentração de fosfato total nos pontos de amostragem	292
TABELA 18.1: Concentração média de fosfato total nos pontos de amostragem	338
TABELA 19: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem	293
TABELA 19.1: Concentração média de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem	339
TABELA 20: Concentração de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem	293
TABELA 20.1: Concentração média de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem	339
TABELA 21: Concentração de nitrogênio total (Kjeldhal) nos pontos de amostragem	294
TABELA 21.1: Concentração média de nitrogênio total (Kjeldhal) nos pontos de amostragem	339
TABELA 22: Concentração de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem	294
TABELA 22a: Concentração de nitrogênio orgânico nos pontos de amostragem	295
TABELA 22.1: Concentração média de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem	340
TABELA 23: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem	295
TABELA 23.1: Concentração média de nitrato nos pontos de amostragem	340

	pág.
TABELA 24: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem	296
TABELA 24.1: Concentração média de nitrito nos pontos de amostragem	340
TABELA 25: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem	296
TABELA 25.1: Variação média da temperatura do ar nos pontos de amostragem	341
TABELA 26: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de amostragem	297
TABELA 26a: Variação da precipitação pluviométrica média no período de dezembro de 1996 a fevereiro de 1998	297
TABELA 27: Variação da vazão média nos pontos de amostragem	297
TABELA 27.1: Valores médios calculados para a vazão média nos pontos de amostragem	341
TABELA 28: Variação da profundidade média nos pontos de amostragem	298
TABELA 28.1: Valores médios para a profundidade média nos pontos de amostragem	341
TABELA 29: Variação do teor de matéria orgânica no sedimento do rio	298
TABELA 29.1: Variação média do teor de matéria orgânica no sedimento do rio	342
TABELA 30: Variação do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento do rio	299
TABELA 30.1: Variação média do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento do rio	342
TABELA 31: Granulometria do sedimento correspondente à 1ª coleta	299
TABELA 32: Granulometria do sedimento correspondente à 2ª coleta	300
TABELA 33: Granulometria do sedimento correspondente à 3ª coleta	300
TABELA 34: Granulometria do sedimento correspondente à 4ª coleta	301
TABELA 35: Granulometria do sedimento correspondente à 5ª coleta	301
TABELA 36: Granulometria do sedimento correspondente à 6ª coleta	302
TABELA 37: Granulometria do sedimento correspondente à 7ª coleta	302

	pág.
TABELA 38: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	303
TABELA 39: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	303
TABELA 40: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	304
TABELA 41: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	304
TABELA 42: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	305
TABELA 43: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	305
TABELA 44: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	306
TABELA 45: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	306
TABELA 46: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	307
TABELA 47: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	307
TABELA 48: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	308
TABELA 49: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	308
TABELA 50: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	309
TABELA 51: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	309
TABELA 52: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	310
TABELA 53: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	310
TABELA 54: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	311
TABELA 55: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	311
TABELA 56: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	312
TABELA 57: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	312
TABELA 58: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	313

TABELA 59:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	314
TABELA 60:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	314
TABELA 61:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	315
TABELA 62:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	315
TABELA 63:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	316
TABELA 64:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	316
TABELA 65:	Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	317
TABELA 66:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	317
TABELA 67:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	318
TABELA 68:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	318
TABELA 69:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	319
TABELA 70:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	319
TABELA 71:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	320
TABELA 72:	Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	320
TABELA 73:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	321
TABELA 74:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	321
TABELA 75:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	321

TABELA 76:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	322
TABELA 77:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	322
TABELA 78:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	322
TABELA 79:	Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	323
TABELA 80:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	323
TABELA 81:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	323
TABELA 82:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	324
TABELA 83:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	324
TABELA 84:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	324
TABELA 85:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	325
TABELA 86:	Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	325
TABELA 87:	Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	325
TABELA 88:	Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	326
TABELA 89:	Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	326
TABELA 90:	Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	327

	pág.
TABELA 91: Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	327
TABELA 92: Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	328
TABELA 93: Concentração de metais totais no perifíton associado à MO ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	328
TABELA 94: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta	329
TABELA 95: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta	329
TABELA 96: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta	330
TABELA 97: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta	330
TABELA 98: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta	331
TABELA 99: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta	331
TABELA 100: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta	332

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS:

≈	- aproximadamente
ΔN	- Norte magnético
DBO _{5,20}	- Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias, 20°C
k ₁	- coeficiente de desoxigenação
M	- concentração molar
N	- concentração normal
OD	- Oxigênio dissolvido
pH	- Potencial hidrogeniônico
TA	- Temperatura da água
NTK	- Nitrogênio total (Kjeldhal)
TB	- Turbidez
VAZ	- Vazão
SST	- Sólidos suspensos totais
SSV	- Sólidos suspensos voláteis
NTA	- Nitrogênio nitrato
NA	- Nitrogênio amoniacal
SS	- Sólidos sedimentáveis
ST	- Sólidos totais
ALC	- Alcalinidade Total
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
CD	- Condutividade elétrica da água
PT	- Fosfato total
PDI	- Fosfato dissolvido inorgânico
MO	- Matéria orgânica
NTO	- Nitrito
Fe sol.	- Ferro solúvel
SUL	- Sulfeto
M	- Média
S	- Desvio padrão
S ²	- Variância
E	- Especial
ch	- Chuva
sc	- seca
EPA	Environmental Protection Agency

Resumo:

BARRETTO, A. dos S. Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e na sua quantificação no sedimento e água. São Carlos, 1999. 332p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Nesta pesquisa estudou-se a distribuição de metais pesados em ambiente lótico, o rio Monjolinho, São Carlos (SP), nos períodos de seca, chuva e de transição. Foram quantificadas as concentrações totais de Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Fe e Mn nas comunidades nectônica, de macrófitas, bentônica e perifítica, no sedimento as concentrações totais e disponíveis de Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Fe e Mn e na coluna d'água do rio as concentrações totais, suspensas e dissolvidas de Pb, Cd, Ni, Al, Cr, Cu, Zn, Fe e Mn, incluindo-se pontos que recebem o lançamento de efluentes industriais e esgoto sanitário. Foram avaliadas as variáveis físicas e químicas básicas para este tipo de estudo (oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade total, turbidez, série de sólidos, de nitrogênio, entre outras), além do inventário das comunidades estudadas, excetuando-se a comunidade perifítica.

Analisando-se os resultados obtidos, concluiu-se que a alta concentração de matéria orgânica influencia diretamente a qualidade das águas, propiciando o aparecimento e o aumento da biomassa de espécies tolerantes à poluição, como é o caso de Chironomidae (*Chironomus*) e *Oligochaeta*. Além disto, o sulfeto e a DBO foram as variáveis responsáveis pelo declínio da qualidade das águas do rio Monjolinho, estando associados principalmente à ocupação urbana. Com relação aos metais analisados, concluiu-se que o zinco, o chumbo, o níquel, o cádmio e o ferro participaram de maneira significativa no declínio da qualidade das águas. Os metais monitorados na água, ocorreram na forma suspensa por estarem associados a compostos suspensos de origem orgânica e inorgânica, microrganismos e sedimento. Os metais estudados acumularam-se nas comunidades, principalmente nos organismos bentônicos.

PALAVRAS-CHAVES: ambiente lótico, distribuição de metais, especiação de metais, comunidades aquáticas, sedimento, qualidade das águas.

ABSTRACT:

BARRETTO, A. dos S. Study of the distribution of metals in lotic environment with emphasis on their assimilation by the biological communities and quantification in water and the sediment. São Carlos, 1999. 332p. Doctoral Thesis - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, SP, Brazil.

This research studied the distribution of heavy metals in the lotic environment of Monjolinho River, São Carlos, SP, Brazil in the dry, wet and transition climatic periods. Total concentration of Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Fe and Mn in nektonic, macrophytes, bentonic and periphytic communities, total and available concentration of Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Zn, Fe and Mn in the sediments, in the water column total, suspended and dissolved concentration of Pb, Cd, Ni, Al, Cr, Cu, Zn, Fe and Mn and at the points which receive industrial effluents and domestic wastes. The physical and basic chemical variables relevant to this study were evaluated (dissolved oxygen, pH, total alkalinity, turbidity, series of solids, nitrogen and others). An inventory of the communities studied was also prepared.

Analyzing the results, it is concluded that high concentration organic matter affects the appearance and growth of biomass of species tolerant to such matter as for example Chironomidae (*Chironomus*) and Oligochaeta. The sulphides and BOD of urban origin were responsible for the decline of Monjolinho River water quality. As regards the metals studied, it was found that zinc, lead, nickel, cadmium and iron participated significantly in the deterioration of water quality. The metals monitored in water were in suspended form being related to the organic and inorganic origins, microorganisms and sediments. These metals were found to accumulate in the biological communities, mainly, in the bentonic organisms.

KEY WORDS: lotic environmental, metal distribution, metal speciation, aquatic community, sediment, water quality.

1 - INTRODUÇÃO

Durante a sua existência, o homem tem utilizado o ambiente natural em que vive, buscando o aprimoramento da sua saúde e conforto. Em sua ação, entretanto, manejando inadequadamente os recursos ambientais, ele agride continuamente os sistemas ecológicos naturais, gerando forças antagônicas que poderão se opor à vida, contribuindo, talvez, para a sua destruição (LEME, 1984).

A poluição do meio ambiente é um problema de interesse público em todo o mundo, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. Ao lado dos problemas provocados pela contaminação do meio ambiente estão os processos de produção utilizados para extrair matérias-primas e para transformá-las numa multiplicidade de produtos, além do crescimento demográfico desenfreado. (ZARZOS, 1999)

Entre os ecossistemas, os aquáticos acabam, de uma forma ou de outra, servindo como receptáculos temporários ou finais de uma grande variedade e quantidade de poluentes, sejam esses lançados no ar, no solo ou diretamente nos corpos de água (GHERARDI-GOLDSTEIN *et.al.*, 1990). / A contaminação ambiental por agentes químicos tem ocorrido de formá

intencional ou acidental, principalmente a partir de fontes não naturais e em decorrência da atividade humana.

“ ,A monitoração ambiental, tradicionalmente realizada com base somente em variáveis físicas e químicas da água, ampliou sua abordagem metodológica a partir da necessidade de se considerar as análises biológicas, ^{antropogênica} uma vez que as alterações que ocorrem na água são momentâneas, e algumas vezes não detectadas, enquanto que os efeitos biológicos permanecem por maior período e refletem o resultado do impacto, muitas vezes pelo fenômeno de bioacumulação. ”

Lançamentos de poluentes metálicos provenientes de atividades industriais ou de mineração, principalmente, têm contribuído para o aumento dos níveis naturais de metais pesados em ambientes aquáticos. Estes são oriundos da extração de minérios, queima de combustíveis, processos industriais e utilização de fertilizantes.

“ Os seres vivos apresentam uma íntima e obrigatória relação e intercâmbio recíproco com o meio que os cerca. Tratando-se de organismos aquáticos, as características da água passam a ser importantíssimas na determinação da biota deste meio, e a introdução de substâncias ou compostos estranhos à composição natural dos ecossistemas aquáticos, provocam transformações biológicas e bioquímicas de interesse ecológico. Uma vez que os organismos aquáticos apresentam diferentes ciclos de vida e sensibilidade a vários tipos de estresses; essas diferenças podem e devem ser utilizadas por biólogos para revelar a história da poluição (CAIRNS JR. & DICKSON, 1971). ”

“ A degradação da qualidade do ecossistema aquático pode ser observada através da redução de espécies não tolerantes e do aumento das mais tolerantes. A análise do aparecimento, desaparecimento, o aumento ou a diminuição das populações possibilita seu uso como indicador ou indicadores dos níveis de poluição. (BRUNO, 1999) ”

As substâncias eliminadas por indústrias podem apresentar uma variação química e física que não apenas depende do caráter da indústria, mas ainda dos processos técnicos aplicados, das matérias-primas utilizadas e, muitas vezes, da estação do ano.

O termo **traço de metal** indica a concentração natural de alguns metais, os quais são muitas vezes mais importantes que os metais abundantes, em termos de contaminação ambiental, devido a seus efeitos sobre os organismos vivos.

Alguns metais como o magnésio, ferro, zinco, manganês, cobalto, cobre e molibdênio são essenciais aos seres vivos (em pequenas concentrações) e têm importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos. Outros, como o mercúrio, chumbo, cádmio, prata, cromo, níquel e estanho não tem função biológica conhecida e são geralmente tóxicos a uma grande variedade de organismos (ESTEVES, 1988).

O mercúrio, chumbo, cádmio, níquel e cromo, são considerados elementos metálicos altamente tóxicos encontrados no ar e na água em concentrações que se aproximam muitas vezes dos níveis tóxicos. Sabe-se que estes metais podem ser acumulados no corpo dos organismos, permanecendo um longo período de tempo, e se comportam como tóxicos cumulativos. Estes metais, no meio aquático, acabam permanecendo no sedimento, associados a vários componentes, como argilas minerais e matéria orgânica, sendo que o organismo é um componente ativo no meio aquático capaz de alterar o equilíbrio químico existente.

Estudos mais recentes (JARDIN 1994, BARRETTO 1994), ressaltam que se deve considerar a especiação do metal para se avaliar o seu verdadeiro impacto em um determinado compartimento do ecossistema, sendo necessário saber sob quais formas químicas este está presente no sistema, uma vez que a reatividade biológica dos metais está mais relacionada

com a atividade do íon livre do que com as formas complexadas.

A cidade de (São Carlos (SP)), conta com aproximadamente (400) indústrias que geram tanto esgoto sanitário quanto industrial. Algumas destas lançando resíduos contendo metais provenientes de suas atividades no rio Monjolinho (São Carlos/SP) ou em seus afluentes, contribuindo, assim, com possíveis impactos neste ecossistema. A seguir encontram-se relacionadas algumas indústrias que direta ou indiretamente lançam seus efluentes neste rio:

■ Curtumes Fazzari, Monterrosa, Art-Couro e São José - curtimento e outras preparações de couros e peles. Possíveis resíduos: compostos de cromo, amônia, óleos minerais e vegetais, corantes, entre outros;

■ Indústria Química Dissoltex - tintas. Possíveis resíduos: metais (chumbo, cromo, zinco, cádmio, níquel, ferro);

■ Indústria São Carlos de papel e embalagens - fabricação de papel. Possíveis resíduos: amido, corantes, partículas metálicas, zinco, breu, entre outros;

■ Fábrica de Tapetes São Carlos - fabricação de tapetes e carpetes. Possíveis resíduos: amido, graxas, corantes, tintas, soda, magnésio, entre outros;

■ Matadouro - abatedouro de animais. Possíveis resíduos: óleos e graxas, em funcionamento somente nas primeiras coletas.

Baseando-se nestes dados e na necessidade de se avaliar os impactos provocados por despejos contendo metais nos ecossistemas aquáticos e se considerando a disponibilidade e à solubilidade, observa-se a necessidade da realização de trabalhos com este enfoque.

Para contribuir com estudos nesta área, realizou-se, em um trabalho anterior, um experimento em microcosmo com a finalidade de se verificar a retenção e distribuição do cromo na biomassa planctônica, sedimento e sobrenadante. Entretanto, pelos resultados obtidos com esta substância pura (constante na revisão bibliográfica), percebeu-se a necessidade de ampliação do estudo, verificando-se o comportamento não só do cromo, mas de outros metais, também de importância ecológica, uma vez que hajam sido lançados em um ecossistema lótico natural.

“ Cada vez mais existe a necessidade de se conhecer os impactos causados nos vários compartimentos de um ecossistema aquático pelo aporte de metais pesados, quaisquer que eles sejam. Esse conhecimento não deve ser um nível de quantificação total do metal num determinado ecossistema, mas a sua distribuição nos diversos compartimentos, de forma a se conhecer ou verificar aquele que sofreu o maior impacto, qual apresentou a maior alteração e qual pode ser utilizado como o indicador mais representativo na identificação e quantificação dos efeitos provocados. A verificação de qual compartimento recebe estes efeitos é de fundamental importância na escolha do melhor caminho a se percorrer, para a identificação dos verdadeiros efeitos provocados no ambiente.

O presente trabalho pretende aumentar os conhecimentos a respeito dos compartimentos e os possíveis efeitos da contaminação (presença) de metais pesados em um ecossistema aquático, visando fornecer metodologia e suporte na identificação de problemas causados pela introdução antrópica de metais pesados. A utilização neste estudo de levantamentos das comunidades (inventário faunístico e florístico) visa fornecer subsídios para identificação da qualidade do meio, determinando possíveis alterações em suas características.

" A utilização do rio (Monjolinho) como instrumento para este estudo, deve-se a sua particularidade de atravessar diferentes regiões (urbana e rural) e sofrer uma grande variedade de aportes de metais pesados em seções significativas ao longo de seu curso. "

Assim, neste trabalho propõe-se analisar (as concentrações de diversos metais, lançados por indústrias no rio Monjolinho)(São Carlos/SP), monitorando-o da nascente até a foz na estação seca, chuvosa e de transição, ^{quali}quantificando-
(se o teor destes metais (totais) nas comunidades bentônica, de macrófitas, nectônica e perifíton); ^{na} coluna d'água ^{com as} ^{medições} e ^{após} ^{seis} ^{meses} verticalmente no sedimento em três estratos de 5cm (total e disponível), quando possível.

2 - OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivos:

1 - Avaliar e quantificar em um ambiente lótico, a distribuição do teor de diversos metais (totais e solúveis) na biomassa das comunidades nectônica, de macrófitas, bentônica e perifítica, nos sedimento e coluna d'água, incluindo aquelas localidades que recebem o lançamento de efluentes de indústrias, em diferentes períodos: seca, chuva e de transição;

2 - realizar um inventário faunístico e florístico das comunidades sob a influência de diferentes lançamentos de resíduos, e

3 - avaliar a qualidade das águas ao longo dos pontos de amostragem do rio, empregando variáveis físicas, químicas e os resultados (obtidos para as concentrações dos metais totais, suspensos e dissolvidos quantificados na água) correlacionando com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86.

3 - JUSTIFICATIVA

✓ 1 - São escassos os trabalhos de monitoramento da qualidade das águas (e ecotoxicologia aquática) para sistemas lóticos, em regiões tropicais e subtropicais;

✓ 2 - alguns dos cursos d'água que atravessam cidades são usados tanto para abastecimento quanto como receptores de efluentes industriais e esgoto sanitário;

3 - a monitoração de águas superficiais é importante, pois com o crescimento das cidades, haverá a necessidade de mais água, ^{ak} para abastecimento público e industrial, e ainda a utilização desses cursos d'água como receptores de efluentes, *apesar do aumento da civ.*

4 - informações sobre as comunidades e suas respostas aos impactos são necessárias em estudos de recuperação dos corpos de água degradados pelo lançamento de efluentes, e

5 - fornecer subsídios para o desenvolvimento de um modelo simplificado de impacto de poluentes que poderá ser aplicado ao rio do Monjolinho (visto que este recebe influências antrópicas variadas), podendo também funcionar como um modelo para estudos em outras bacias, com alto grau de urbanização.

4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

4.1 - Metais no sistema aquático

A contaminação ambiental ocorre de várias formas; entretanto, os metais constituem uma classe de contaminantes muito perigosa para o ambiente.

Dos elementos químicos conhecidos, 84 são classificados com metais, aumentando assim o risco de contaminação. Deve-se observar que nem todos os metais são tóxicos, pois alguns são raros e outros insolúveis, reduzindo assim aqueles considerados como possíveis contaminantes ambientais.

Os metais pesados constituem-se em contaminantes químicos nas águas, pois mesmo em pequenas concentrações podem trazer efeitos adversos à saúde, sendo portanto suas concentrações em águas potáveis, limitadas pela Portaria 36 do Ministério da Saúde. Em função dos prejuízos que os tóxicos podem causar aos ecossistemas aquáticos naturais ou aos

sistemas de tratamento biológicos de esgotos, são também os metais pesados padrões de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos, tanto na legislação federal quanto na do Estado de São Paulo (SP). Nesta última são definidos limites para as concentrações de metais pesados, em efluentes lançados na rede pública de esgotos, seguidos de estação de tratamento, de forma diferenciada dos limites impostos para os efluentes lançados diretamente nos corpos receptores, os quais são mais rígidos (PIVELI & MORITA, 1996).

O lançamento de resíduos contendo metais é extremamente perigoso, pois pode afetar o meio diretamente ou através de respostas físicas, químicas e biológicas. Os efeitos podem ser enquadrados em duas categorias distintas: efeito do metal sobre o ambiente e efeito do ambiente sobre o metal (BARRETTO et al., 1996).

Os resíduos contendo metais de muitas operações industriais se encontram presentes nos efluentes líquidos dessas alcançando rapidamente as águas naturais (superficiais ou subterrâneas).

BRANCO (1986) comenta sobre a capacidade de alguns metais se perpetuarem na cadeia trófica, influenciando na formação de compostos complexos com o protoplasma, mantendo estreita relação com sua toxicidade.

Um dos resultados mais graves da persistência dos metais é a sua ampliação biológica na cadeia trófica. Como consequência deste processo, os níveis de metais nos níveis superiores da cadeia podem alcançar ordens de magnitude superiores aos que se encontram no ar ou na água. Eles podem fazer com que muitas plantas ou animais cheguem a constituir um perigo para a saúde ao se utilizá-los como alimento (STOCKER & SEAGER 1981 in: BARRETTO 1994).

ROBERTO *et al.* (1991) ressaltam que na avaliação da qualidade da água, por meio de análises biológicas, usualmente são empregados métodos baseados em princípios fisiológicos ou ecológicos. A aplicação de métodos fisiológicos, em geral consiste na exposição de organismos a uma amostra de água, avaliando-se a intensidade do efeito produzido em termos de sobrevivência, crescimento e reprodução dos organismos. Os métodos ecológicos baseiam-se no levantamento das comunidades no corpo d'água, cuja composição permite inferir sobre as condições ambientais prevaletentes.

Analisando-se efeitos da toxicidade provocada por metais pesados como o cobre, zinco, cromo e níquel, POVINELLI (1981) verificou que a medida da $DBO_{5,20}$ (Demanda Bioquímica de Oxigênio) pode ser drasticamente reduzida na presença de determinadas concentrações de metais pesados, afetando a degradabilidade da matéria orgânica. Foi também observado que a toxicidade do cromato de sódio aumenta com o decréscimo do oxigênio dissolvido.

“A toxicidade é a capacidade de uma substância de produzir um “dano”, uma vez alcançada uma situação susceptível. Segundo FÖRSTNER & WITTMANN (1983), existem vários fatores que influem na toxicidade dos metais, dentre eles: a sua solubilidade ou solubilização durante o processo. Entretanto, para uma análise mais completa, devem ser ressaltados os fenômenos de antagonismo e do sinergismo.”

Entende-se por efeitos antagônicos quando a ação de uma substância pode ser reduzida pela ação de outra substância, e por efeitos sinérgicos quando a ação de uma substância pode ser aumentada pela ação de outra substância. Segundo POVINELLI (1981), aumentando-se a quantidade de carbonato de cálcio, geralmente decresce a toxicidade de alguns metais, por exemplo o zinco (antagonismo); por outro lado, o cobre e o zinco são

altamente tóxicos, dependendo da concentração no meio, e juntos, especialmente em águas "moles", eles apresentam um aumento na toxicidade (sinergismo).

MOORE & RAMAMORTHY (1984) observaram que o cromo está presente nos efluentes de várias indústrias como a têxtil, metalúrgica, curtumes, etc. Suas formas iônicas possuem oxidação variando de +2 a +6. Em águas bem oxigenadas, o cromo hexavalente é a espécie termodinamicamente estável, entretanto, o trivalente pode formar grande número de compostos relativamente inertes, possuindo grande estabilidade cinética e termodinâmica, podendo ser isolado como sólido.

Conversões de cromo trivalente à cromo hexavalente podem ocorrer em águas naturais. Esgotos sanitários carregam consideráveis somas de cromo no ambiente. Por exemplo, 600-700 toneladas de cromo em concentrações de 40-800 $\mu\text{g L}^{-1}$, eram descarregadas anualmente nas águas costeiras do sudeste da Califórnia (EUA) provenientes de estações de tratamento de esgoto sanitário (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

CHESTER & HUGLES (in: DUZZIN et al., 1988) realizaram trabalhos em rios não poluídos e verificaram que a fração de metais pesados presentes estava incorporada principalmente em estruturas cristalinas de minerais detríticos. * Já em rios poluídos, FÖRSTNER (1981b in: FÖRSTNER & WITTMANN 1983) observou que a maior quantidade de metais pesados estava associada à matéria orgânica (forma de ácidos húmicos e fúlvicos, colóides, substâncias orgânicas sintéticas), fração de sedimento com granulometria fina (argila, silte e areia fina) ou eram precipitados como hidróxidos, e sulfetos ou carbonatos em menor quantidade. 7

ISON (1989) ressalta que testes de biomonitoramento são usados para detecção e quantificação da toxicidade

associada com resíduos químicos perigosos em lançamentos pontuais, e que fontes de descargas de água residuária no solo ainda não apresentam limites bem estabelecidos.

Segundo HALL et al. (1992), na última década a EPA promulgou muitos documentos relativos a critérios de qualidade de água para metais pesados baseados nos efeitos dos metais dissolvidos biodisponíveis. Os critérios de toxicidade para metais como cobre, cádmio e chumbo admitem geralmente concentrações menores que 10 mg L^{-1} ; entretanto, contesta-se a falta de embasamento para estudos em locais específicos, gerando rígidas imposições e limitações desnecessárias.

4.2 - Metais em organismos e sedimentos aquáticos:

A ação química dos metais pesados tem despertado grande interesse ambiental. Isto se deve, em parte, ao fato de não possuírem caráter de biodegradabilidade, o que determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais nos quais as águas naturais são seus principais meios de condução (JARDIM 1994).

⁴ O grau de poluição do sedimento de rios pode apresentar grandes variações de acordo com a natureza e descontinuidade na introdução de poluentes, por modificações na velocidade da água do rio, por precipitação ou pela água de drenagem, provocando variações na granulometria, conteúdo de carbono orgânico e taxa de sedimentação.†

VALE (1989) estudando a importância dos sedimentos no ciclo de poluentes metálicos do meio aquático, observou que cerca de 15 milhões de toneladas de sedimento é transportada anualmente pelos rios. O autor observou também, que os metais traços associados às partículas em suspensão na água podem

ficar "permanentemente" retidos no fundo, quando estes se depositam. A sedimentação atua, neste caso, como um processo de remoção de poluentes da água. A incorporação ao material de fundo pode resultar do fato de que no interior do sedimento alguns metais adquirem formas estáveis (por exemplo, alguns metais existentes na forma de óxido nas partículas passam a sulfeto nos sedimentos). Contudo alguns elementos metálicos são liberados dos sedimentos para a água intersticial, tornando-os solúveis ao meio.

FILIP *et al.* (1979) estudaram a remoção de resíduos de cobre, cádmio e cromo de um sistema de filtração de areia intermitente contendo algas, observando que houve, para o cobre, inibição no crescimento de algas a partir da concentração de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$; para o cádmio, a partir de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ e para o cromo não houve inibição no crescimento de algas na faixa de $1,0$ a $40,0 \text{ mg L}^{-1}$.

ESTEVES *et al.* (1981) estudaram a concentração de metais no sedimento de lagos e represas do Estado de São Paulo (SP). Foram determinadas as concentrações de alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobre, cromo, cobalto, ferro, manganês, chumbo, níquel e zinco, observando-se que houve variação nas concentrações dos metais de um ponto para outro, evidenciando assim a influência dos pontos de lançamento. Os metais que apresentaram maiores amplitudes de variação foram o manganês e o cobre, cujos valores máximos foram, respectivamente, 19 e 17 vezes os mínimos encontrados. Por outro lado, o ferro mostrou pouca variação, uma vez que o maior valor não chegou a ser três vezes o menor.

O trabalho de BUIKEMA *et al.* (1982), apresenta uma descrição de todos procedimentos necessários para a realização de testes de toxicidade, desenvolvendo ainda um pequeno

histórico e comentário sobre a seleção de organismos-teste, águas de diluição, controle, vantagens e desvantagens dos testes, curva resposta etc.

MATTHEUS et al. (1982) revisaram os trabalhos sobre monitoramento biológico, oferecendo uma visão funcional integrando estrutura e função, num complexo quadro de resposta ao estresse do ecossistema.

SMILE & LOUITT (1982) estudaram a remoção de metais em despejos de uma lagoa de estabilização e as limitações da remoção de metais pesados através de algas e bactérias. As concentrações de metais foram maiores nas células de bactérias que nas células de algas. Contudo as células algais foram o elemento dominante no efluente, enquanto as bactérias representaram uma menor fração da biomassa. Segundo os autores a importância das bactérias e das algas, na remoção de metais deve ser melhor investigada.

TALBOT (1983) estudou a concentração de metais em moluscos e sedimentos aquáticos e observou que o molusco *Mytilus edulis* é um organismo apropriado para se estudar a bioacumulação de metais, observando-se no entanto, a necessidade de se procurar outros organismos com o mesmo potencial. Para a espécie e sedimento, respectivamente, o autor encontrou concentrações (em mg kg⁻¹) de cromo que variaram de 0,37 a 0,85 e 1,3 a 42,4; cádmio de 0,10 a 0,25 e 0,26 a 7,65; cobre de 0,67 a 1,36 e 0,05 a 5,40; ferro de 14,8 a 69,9 e 167 a 10880; chumbo de 0,64 a 3,91 e 12,7 a 180,6; zinco de 32,4 a 69,27 e 3,0 a 1184.

BIDONE (1995) estudou o processo de vermicompostagem dos resíduos sólidos utilizando a minhoca *Eisenia foetida* em dois experimentos, com a observação de conjuntos de leiras ao longo de 5 fases distintas de experimentação e observou pelos

resultados obtidos a vermicompostagem dos resíduos de curtume, adequadamente misturados com substrato orgânico destinado a suplementação alimentar das minhocas, propiciou a atenuação do cromo interferindo na sua mobilidade durante o processo.

FÖRSTNER & WITTMANN (1983) citam que os traços de metais em depósitos de sedimentos recentes podem geralmente ser divididos dentro de duas categorias de acordo com a sua origem predominante: litogênico ou antropológico, referida simplesmente como geoquímica, ou os oriundos de atividades humanas, respectivamente. Metais como zircônio, rubídio e estrôncio, são derivados de material de rochas de processos temporais naturais, constituindo o primeiro grupo. O segundo grupo é formado de metais que tem sido enriquecidos principalmente como um resultado das atividades humanas, incluindo, entre outros, o cromo, o cobalto, o níquel, o cobre, o zinco, o cádmio, o mercúrio e o chumbo.

BECKER (1983) estudou as limitações da remoção de metais pesados em águas residuárias através de algas e observou que as concentrações variaram de acordo com a composição da comunidade e das variáveis físicas e químicas. Em *Chlorella sp* o autor encontrou valores que variavam de 1,7 a 16,0 mg kg⁻¹ e para *Scenedesmus sp* 1,5 a 11,4 mg kg⁻¹. Dentre as variáveis físicas e químicas que devem ser observadas encontram-se as concentrações de nitrogênio e oxigênio, velocidade de crescimento da alga, concentração do metal, temperatura e potencial hidrogeniônico.

LA POINT et al. (1984) realizaram estudo em 15 rios nos Estados Unidos da América com o objetivo de observar a concentração e distribuição de metais pesados, tais como o arsênio, o cádmio, o cromo, o cobre, a prata, o zinco, o selênio e o chumbo, para determinação da qualidade da água,

concluindo que a descrição dos aportes e das comunidades são essenciais aos estudos de biomonitoramento.

WASTRAS et al. (1985) estudaram a acumulação de níquel em *Scenedesmus obliquus* (alga) e *Daphnia magna* (Cladocera), dando ênfase ao transporte na cadeia alimentar e nas implicações geoquímicas deste metal no ecossistema aquático. Os autores observaram que a espécie *Scenedesmus obliquus* acumulou níquel em concentrações 30 - 300 vezes acima do encontrado no ambiente, ocorrendo declínio nas taxas de crescimento em altas concentrações. No mesmo meio, *Daphnia magna* também concentrou níquel, mas somente em níveis ligeiramente acima do detectado no ambiente.

CROSSEY & LA POINT (1988) avaliaram a eficiência das medidas de produção e respiração da comunidade perifítica como ferramenta de monitoramento para avaliação do impacto ambiental por metais pesados, comparando estes dados com dados da estrutura da comunidade. Os autores observaram a necessidade de medidas físicas e químicas, além de biológicas, na avaliação dos impactos aos metais pesados em ambientes aquáticos.

BARBOSA (1996) estudou a aplicação de vermicomposto produzido através de resíduos sólidos de curtume e composto de lixo domiciliar em culturas de feijão para avaliação dos processos de absorção, acumulação e translocação de cromo. Ressalta a importância do desenvolvimento de novas técnicas de tratamento para os resíduos de curtimento de couro.

LYNGBY & BRIX (1989) observaram a distribuição de cádmio, cromo, chumbo e zinco na espécie *Zoostera marina*. As amostras foram coletadas em campo e levadas para laboratório com a finalidade de se estudar a acumulação dos metais durante o processo de decomposição da planta. Observou-se uma relação entre a concentração de cromo e a idade da planta, obtendo-se

um decréscimo com uma significância < 0.01 . As concentrações para o cádmio, o cromo, o chumbo e o zinco são apresentadas na TABELA 4.a.

TABELA 4.a: Distribuição de metais na espécie *Zoostera marina* (mg kg^{-1})

Metal	Folha	Rizoma	Caule
Cd	0,31 a 1,53	0,29	2,8
Cr	3,2 a 8,6	2,4 a 5,6	2,2
Pb	2,9 a 31,4	1,5 a 5,2	2,9
Zn	107,0 a 270,0	36,0 a 90,0	62,0

Fonte: LYNGBY & BRIX (1989)

KUHN et al. (1989) realizaram testes de toxicidade com a espécie de Cladocera *Daphnia magna* durante 21 dias, deram ênfase à reprodução, utilizando como substâncias tóxicas o cromo hexavalente, o cromo trivalente, o dicromato de potássio, o cloreto de cádmio, entre outros. Os autores observaram que medidas de pH e da concentração de oxigênio foram importantes para o sucesso dos resultados neste tipo de estudo.

CROWDER et al. (1989) estudaram a contaminação por metais como o cobalto, cromo, céσιο, ferro, entre outros em algas de fundo, sedimento, macrófitas e gastrópodes na região de Belleville (EUA), na baía Hay e no lago Ontario. Os autores encontraram diferenças significativas nas concentrações de metais entre os sedimentos da baía Hay e o lago Ontario, enquanto que para macrófitas não houve diferença significativa nas áreas estudadas.

MORRIS et al. (1989) estudaram as concentrações de sete metais (o cromo, o níquel, o cobre, o zinco, o mercúrio, o cádmio e o chumbo) e a variação de organoclorados, pesticidas, clorofenóis e bifenilas policlorados em golfinhos, toninhas,

focas, sedimento, siri, anêmona, moluscos e corais na baía de Cardigan (EUA). Os autores observaram que o maior problema não eram os metais, mas sim os organoclorados que não são resultado de poluição local e sim oriundos de áreas de plantações, que são fontes difusas de poluição.

DAHAB *et al.* (1990) analisaram o fluxo de cromo na baía de Mex (Alexandria/Egito), caracterizando a sua entrada no sistema. Os autores utilizaram o sedimento para comparar a capacidade de assimilação de vários organismos marinhos, observando o tempo de residência do cromo. As concentrações no sedimento variaram (peso seco) de 42 a 752 $\mu\text{g g}^{-1}$ e as concentrações nos organismos variaram de 94 a 3492 $\mu\text{g g}^{-1}$. Com relação ao tempo de residência EL-GINDY (1986 *in*: DAHAB *et al.* 1990) estimou em 2,08 dias e ABOUL DAHAB & HALIM (*in*: DAHAB *et al.*, *Op. Cit.*) determinaram a taxa de sedimentação em 0,85 cm ano^{-1} .

YEVTUSHENKO *et al.* (1990) estudaram a acumulação e a distribuição de metais pesados em invertebrados aquáticos e observaram que as diferenças no teor de metais pesados nos organismos estudados era devida à variação das concentrações na água e no sedimento. Encontraram correlações significativas entre as concentrações nos organismos e aquelas obtidas na água e no sedimento.

FULLER *et al.* (1990) estudaram a distribuição e transporte de metais em sedimentos do rio Grande De Tarcoles (Costa Rica/CR), observando elevadas concentrações de metais pesados na superfície do sedimento para o chumbo, o zinco e especialmente para o cromo. Foram observadas variações de um ponto para outro, demonstrando a influência de lançamentos e diferenças relacionadas a granulometria dos sedimentos. Nos

grãos mais finos foram encontrados valores mais elevados de metais.

BECK et al. (1990) estudaram o teor de metais pesados em sedimentos do rio Calcasieu (Luisiana/EUA) e assumiram, como ponto de entrada de metais no rio, os pontos de lançamentos industriais e despejos em geral, concluindo que estas entradas não afetam seriamente todo o ecossistema, existindo somente algumas regiões de estresse e que os metais descarregados não foram inicialmente transportados para todo o rio e o complexo lagunar.

RAJAMANI et al. (1993) observaram que na Índia as autoridades de controle da poluição tratam as águas residuárias contendo menos que 2 mg L^{-1} de cromo total que são lançadas no esgoto ou águas superficiais. Anualmente, na Índia, 25.000 toneladas de sulfato de cromo básico (BCS) são usados por indústrias. Fora este, cerca de 10.000 toneladas de sais de cromo são descarregadas nos rios, causando poluição ambiental e desperdício de resíduos caros. Os autores concluíram que o cromo pode ser recuperado e reutilizado no sistema, e o levantamento do custo de sais de cromo mostrou um benefício adicional quando se realiza a recuperação.

Em 1994, órgãos de proteção ambiental realizaram um workshop na ilha de Jekyll (EUA), sobre contaminação e especiação de metais como cádmio, zinco, níquel, alumínio, ferro, cobre e chumbo, entre outros, observando que um fator de suma importância na especiação de metais é o potencial redox do meio enfatizando também o teor de metais em sedimentos e suas conseqüências (MERIAN, 1994).

BARRETTO (1994) estudou a assimilação de cromo trivalente pela biomassa nanoplanctônica e microplanctônica, quantificando as concentrações no sedimento e sobrenadante através de um ensaio montado no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (São Carlos/SP). A autora observa que o

cromo trivalente mostrou ser cumulativo nos níveis tróficos estudados, sendo o sedimento o principal contribuidor devido principalmente a três grandes fatores: a incorporação de microrganismos mortos que continham cromo ao sedimento; a incorporação de cromo solúvel através de ações físicas, químicas e bioquímicas e pela precipitação química do íon cromo na forma de hidróxido ($\text{Cr}(\text{OH})^{+2}$, $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$, $\text{Cr}(\text{OH})_3$). A autora observou que o plâncton representa um importante elo de transferência de cromo, variando de acordo com a sua biomassa em relação à estação do ano (onde as maiores concentrações ocorreram na primavera e verão). As concentrações de cromo no filtrado do plâncton e do sedimento estiveram correlacionadas à presença do metal no plâncton e no sedimento, aumentando ou diminuindo de acordo com a concentração nestes, mostrando a existência de um equilíbrio dinâmico de sua concentração entre estas duas fases. As concentrações de cromo na água variaram bastante devido aos fatores ambientais, ocorrendo solubilização e precipitação do metal.

BARRETTO *et al.* (1997) analisaram a importância do monitoramento das variáveis físicas, químicas, meteorológicas e biológicas em estudos da mobilidade de metais em ecossistemas aquáticos e concluíram que variáveis como pH, alcalinidade e precipitação pluviométrica são importantes nos processos de precipitação e solubilização dos metais.

4.3 - O rio Monjolinho:

Em relação ao rio Monjolinho, alguns estudos foram realizados no decorrer do período.

DAMACENO *et al.* (1971) avaliaram o balanço de oxigênio para observar o grau de poluição e a capacidade de autodepuração de alguns trechos do rio. Os autores observaram

que apesar do rio se apresentar-se poluído em alguns trechos, principalmente na região urbana, este apresenta capacidade de recuperação ao longo do seu percurso.

POVINELLI (1972) avaliou os fatores que influenciam na determinação do coeficiente de desoxigenação (k_1) para cálculo da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), em rios com diferentes graus de poluição, entre eles o rio Monjolinho, e verificou que os fatores determinantes dos valores de k_1 podem variar muito de acordo com as condições (carga orgânica, profundidade de coleta, etc.) do rio.

CAMPOS & CARNEIRO-BRANCO (1981) avaliaram a qualidade das águas ao longo dos rios da bacia do Jacaré-Guaçu utilizando os valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Observaram que o rio Monjolinho, que recebe principalmente elevadas taxas de efluentes de esgoto sanitário, principalmente, possuía alta capacidade de autodepuração sem ocorrência de grandes alterações nos valores de oxigênio ao alcançar o rio Jacaré-Guaçu.

STRIXINO & STRIXINO (1982) estudaram a represa do Monjolinho (UFSCar) em alguns trechos onde não recebia grandes concentrações de efluentes, para avaliar a composição e abundância de macro-invertebrados associados ao sedimento durante o enriquecimento da área por materiais alóctones no período de 1976 a 1979, verificando modificações estruturais da comunidade, encontrando uma fauna composta por organismos tolerantes após o processo de fertilização.

GODINHO-ORLANDI & BARBIERI (1983) estudaram as áreas marginais da represa do Monjolinho, considerando a composição quali-quantitativa dos principais grupos perifíticos próximo à interface sedimento/água. Os autores observaram que a composição do perifíton não depende somente do tipo de superfície de contato, mas também de fatores físicos,

climáticos e biológicos. As bactérias mais observadas foram as formas pequenas do tipo coco Gram +; os protozoários mais abundantes foram os ciliados, entre eles os gêneros *Vorticella*, *Paramecium*, *Stentor*, etc. Os gêneros de amebas mais comuns foram *Amoeba* e *Arcella*. Quanto as algas observadas, os grupos mais abundantes foram Chrysophyta (diatomáceas), Chlorophyta e Cyanophyta.

NOGUEIRA (1990) analisou as características físicas e químicas da água e a sua influência sobre a comunidade planctônica na represa do Monjolinho. O autor concluiu que a reduzida profundidade, o baixo tempo de retenção hidráulica (2 dias no verão e 22 dias no inverno), a ausência de contorno dendrítico e a depressão em forma de "U" facilitam o processo de circulação da água e a homogeneização física e química por meio do transporte de massa e energia, ou seja, por processos convectivos ou advectivos. Quanto a população planctônica, o autor observou que tanto o fitoplâncton quanto o zooplâncton apresentaram marcado padrão de variação durante o ciclo anual, com maior densidade de organismos no período de intensa precipitação e ventos.

SÉ (1992) estudou o rio Monjolinho e a sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos, visando iniciar um processo de recuperação das funções ecológicas básicas dos ecossistemas primitivos da bacia hidrográfica e principalmente, estabelecer um plano de educação ambiental para as populações locais e regionais. Segundo o autor o rio apresenta 5 (cinco) subsistemas característicos, submetidos a graus variados de intervenção antrópica, os quais devem ser considerados nos programas e ou estabelecimento de metas para recuperação do sistema.

GUERESCHI (1995) realizou uma monitoração biológica da bacia hidrográfica do rio Monjolinho pelo uso de invertebrados bentônicos, realizando coletas na estação seca e

chuvosa. Entre as conclusões apresentadas, a autora concluiu que ocorre uma variação marcante das variáveis físicas e químicas do rio Monjolinho, resultante principalmente da ação antrópica, a nascente apresenta alta diversidade de espécies e a presença de alguns organismos indicadores de boa qualidade da água, como Ephemeroptera; as demais estações de coleta apresentaram diversidade de espécies de moderada a baixa, estando presente, em altas densidades, formas facultativas e tolerantes à poluição. A autora observou ainda a ocorrência de variação temporal relacionada com a maior diluição dos poluentes no período da cheia.

SALAMI (1996) estudou as influências climáticas e antropogênicas nas características físicas e químicas no rio Monjolinho no inverno de 1991 e no verão de 1992 e observou que os valores médios de oxigênio dissolvido (OD), foram inferiores a $6 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, com exceção dos pontos 1, 3 e 10 na época de seca (7.3 , 7.6 e $7.2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$) e dos pontos 3, 4 e 10 na época de chuva (6.4 , 6.2 e $6.7 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$). Os pontos 1, 3 e 4 localizam-se antes da área urbana, e o ponto 10 localiza-se após trecho de corredeira.

MENDES (1998) avaliou os impactos sobre a comunidade macrozoobentônica no rio Monjolinho, dividindo-o em três regiões distintas: a primeira, com pouca influência antrópica; a segunda, com alta influência antrópica e a terceira, caracterizada pela ocupação rural. Dentre as suas conclusões, ressalta que ao longo do rio observa-se oscilações das variáveis físicas e químicas da água decorrentes principalmente da ação antrópica, com relativa capacidade de autodepuração. Observando-se a comunidade macrozoobentônica, verificou que o impacto existente é constante, independente do regime climático, ampliando-se ao longo do rio.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 - Área de estudo:

A sub-bacia hidrográfica do rio do Monjolinho integra a bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu (FIGURA 5.1), sendo este último um dos mais importantes afluentes da margem direita do rio Tietê. Localiza-se na região centro-norte do Estado de São Paulo, entre os paralelos $21^{\circ} 57'$ e $22^{\circ} 06'$ de latitude sul, e entre os meridianos $47^{\circ} 50'$ e $48^{\circ} 05'$ de longitude oeste (IBGE 1971 *In*: SÉ 1992).

A sub-bacia do rio Monjolinho tem a maior parte de sua área no município de São Carlos (SP) e apresenta, como característica marcante, o desenvolvimento urbano da cidade dentro de seus limites. A porção noroeste de sua área, entre o córrego do Can-Can e o rio Monjolinho, está no Município de Ibaté. Sua nascente ocorre a leste da cidade, onde ainda não se apresenta poluído, percorrendo o sentido leste-oeste (FIGURA 5.2). Possui uma extensão de aproximadamente 43,25 quilômetros (Sé, 1992).

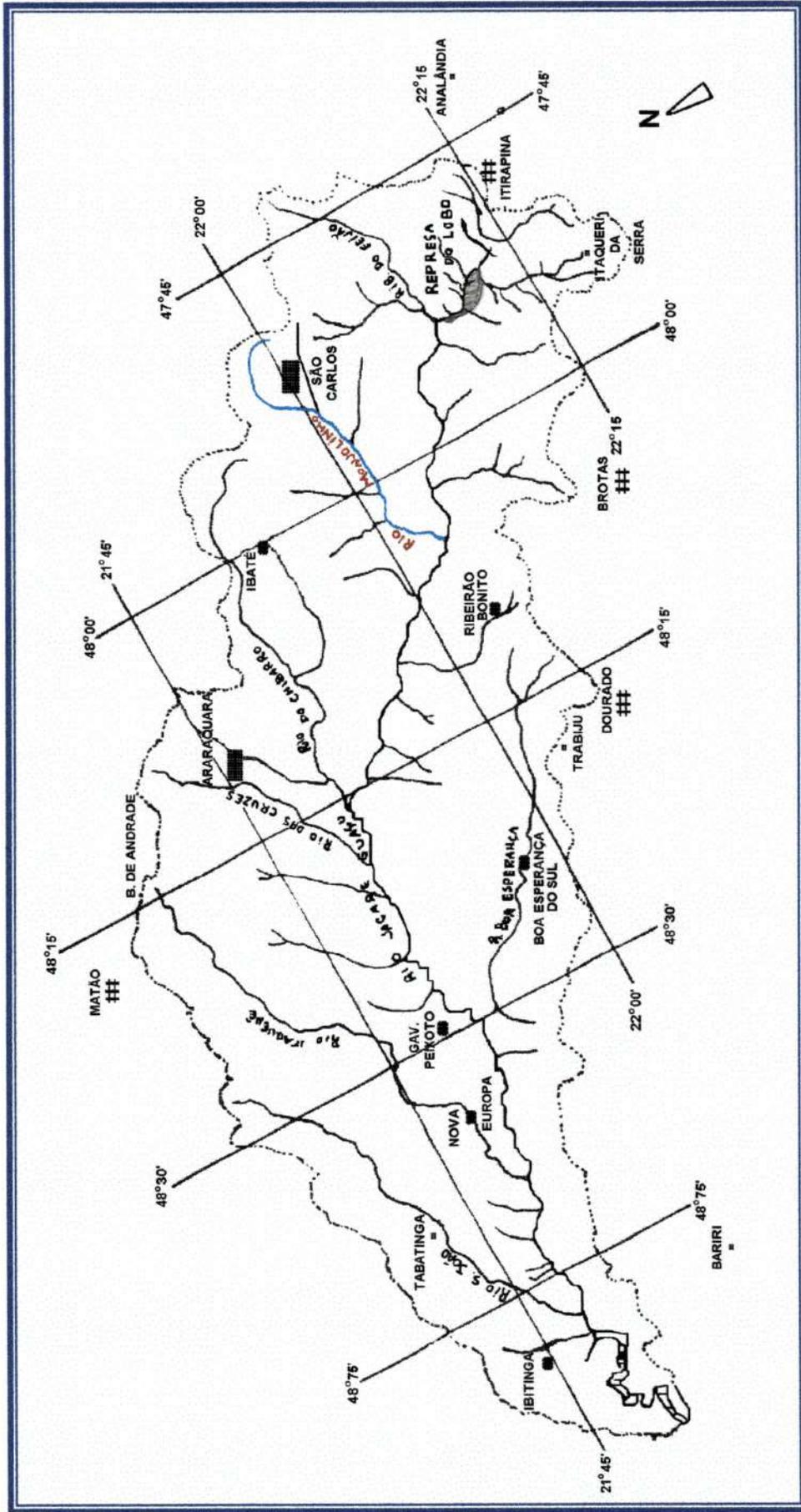


FIGURA 5.1: Principais sub-bacias do rio Jacaré-Guaçu, ressaltando o rio Monjolinho. (Mattos, 1982, adaptado).

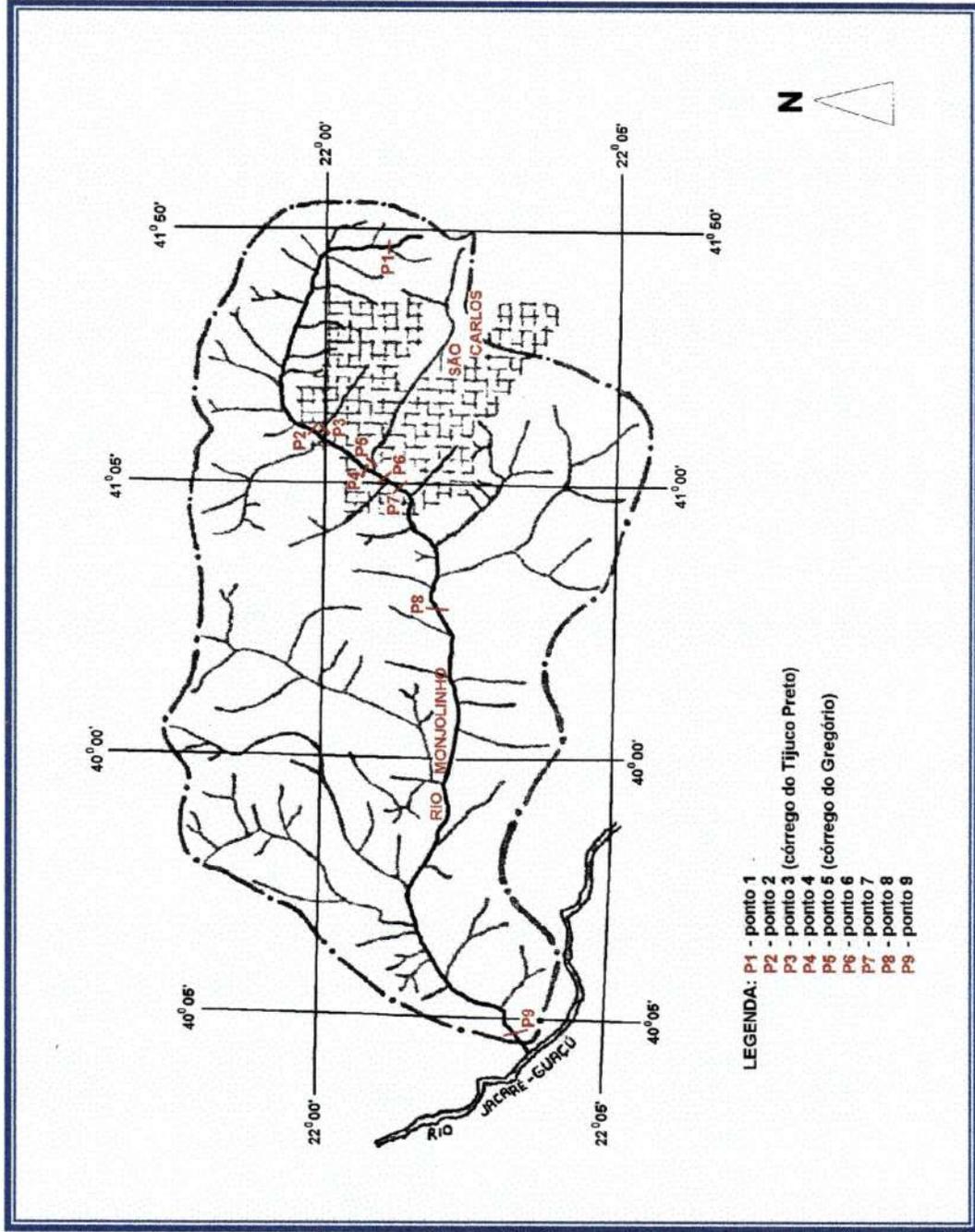


FIGURA 5.2: Sub-bacia do Rio Monjolinho ressaltando os pontos de amostragem.

A bacia hidrográfica do Rio Monjolinho desenvolve-se sobre o planalto de São Carlos (SP) e dá origem a uma planície de inundação, onde deposita parte do material suspenso carregado. Adiante, seu leito reencontra a rocha vulcânica, adquirindo aspecto encachoeirado até próximo à entrada do afluente Córrego do Can-Can. Em seqüência, em trecho longo, percorre uma grande planície, para próximo à foz encaichoeirar-se novamente, sobre afloramento de rocha vulcânica (SÉ 1992). Na área urbanizada, recebe contribuições de águas residuárias, como o esgoto sanitário de toda a cidade de São Carlos, e industriais (curtumes, papel, tintas, matadouros, alimentos, entre outros). Apresenta praticamente em quase todo o seu comprimento, uma faixa de mata galeria.

Com relação ao clima, a região de São Carlos apresenta um mínimo pluviométrico de abril a setembro (estação seca, fria) e um máximo de dezembro a fevereiro (estação chuvosa, quente). As médias anuais de precipitação pluviométrica variam entre 1200 e 1550 mm (MATTOS 1982; MATOS 1987; SÉ 1992). Os meses mais quentes, em ordem decrescente, são janeiro, fevereiro, março e dezembro. Os ventos mais freqüentes são os de noroeste (30% do ano: em média 3,5 m/s) e os de sudoeste (20% do ano: em média 4,0 m/s), que correspondem aos alísios, trazidos respectivamente pelas massas de ar equatorial e tropical atlântica. Os ventos de nordeste, mais fracos, atingem sua maior freqüência em fevereiro e março, ocasionando chuvas intensas, enquanto os ventos de sudeste, mais fortes, ocorrem em março, abril, agosto e dezembro, trazendo temperaturas baixas (TOLENTINO 1967; GUERESCHI 1994; GONÇALVES 1986).

SÉ (1992) identificou cinco subsistemas na sub-bacia do rio Monjolinho, baseados na influência antrópica e características naturais. O primeiro sistema possui uma menor ocupação e atividade humana; o segundo, engloba a maior

parte da ocupação e atividades urbanas da bacia (esgoto sanitário e industrial da cidade de São Carlos/SP); o terceiro apresenta sinais de recuperação da qualidade da água (vegetação nativa e pouca atividade humana); no quarto, a qualidade da água decaí novamente devido às atividades agroindustriais e ocupação rural, além da presença de lagoas de decantação de vinhoto, próximas ao rio. O quinto subsistema apresenta novamente sinais de depuração física, química e biológica (FIGURA 5.3). A FIGURA 5.3.1 apresenta as classes de uso e ocupação do solo da cidade de São Carlos, incluindo as regiões que margeiam o rio Monjolinho (AGUIAR, 1988) .

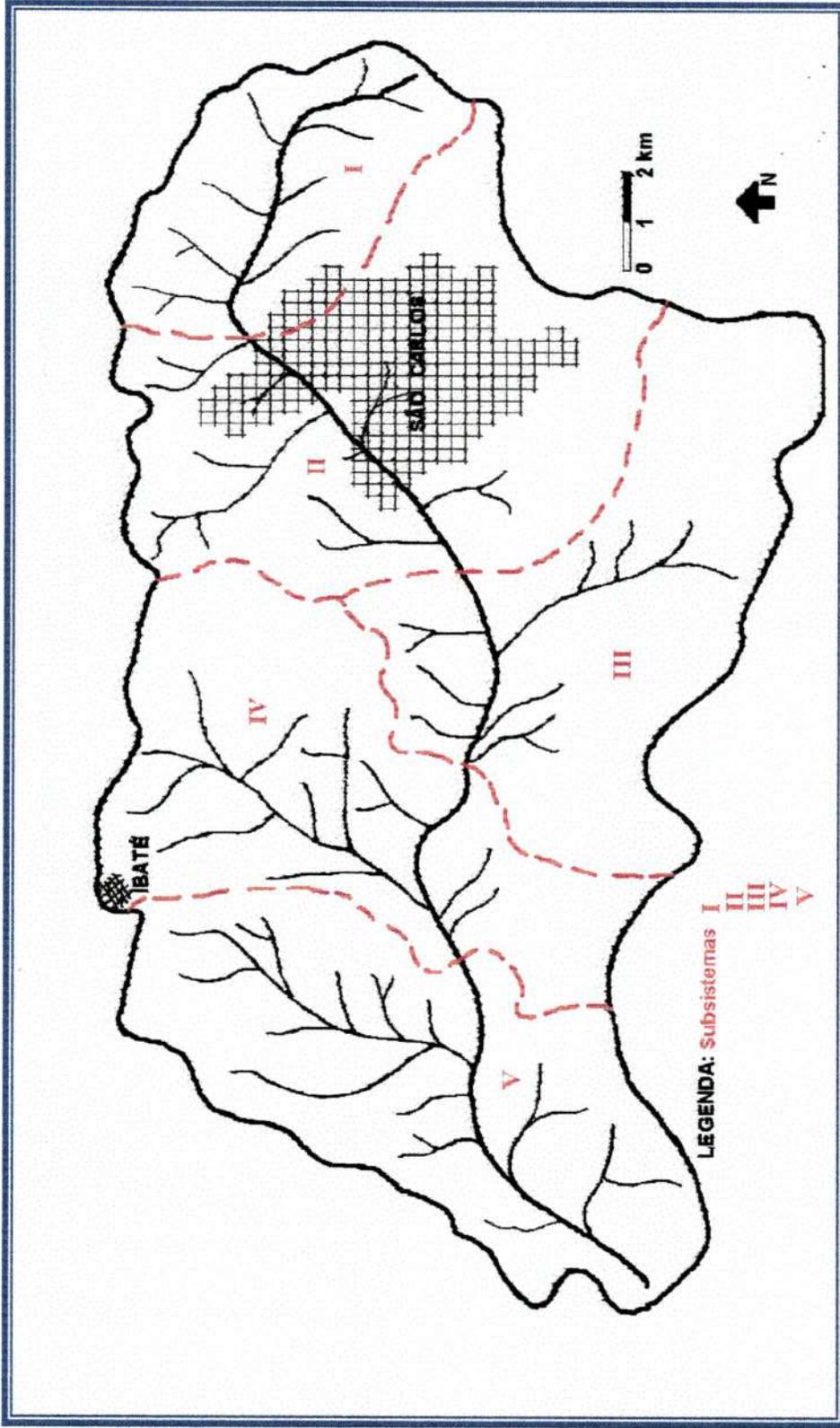


FIGURA 5.3: Mapa da sub-bacia hidrográfica do Rio Monjolinho evidenciando os subsistemas (adaptado de Sé, 1992)

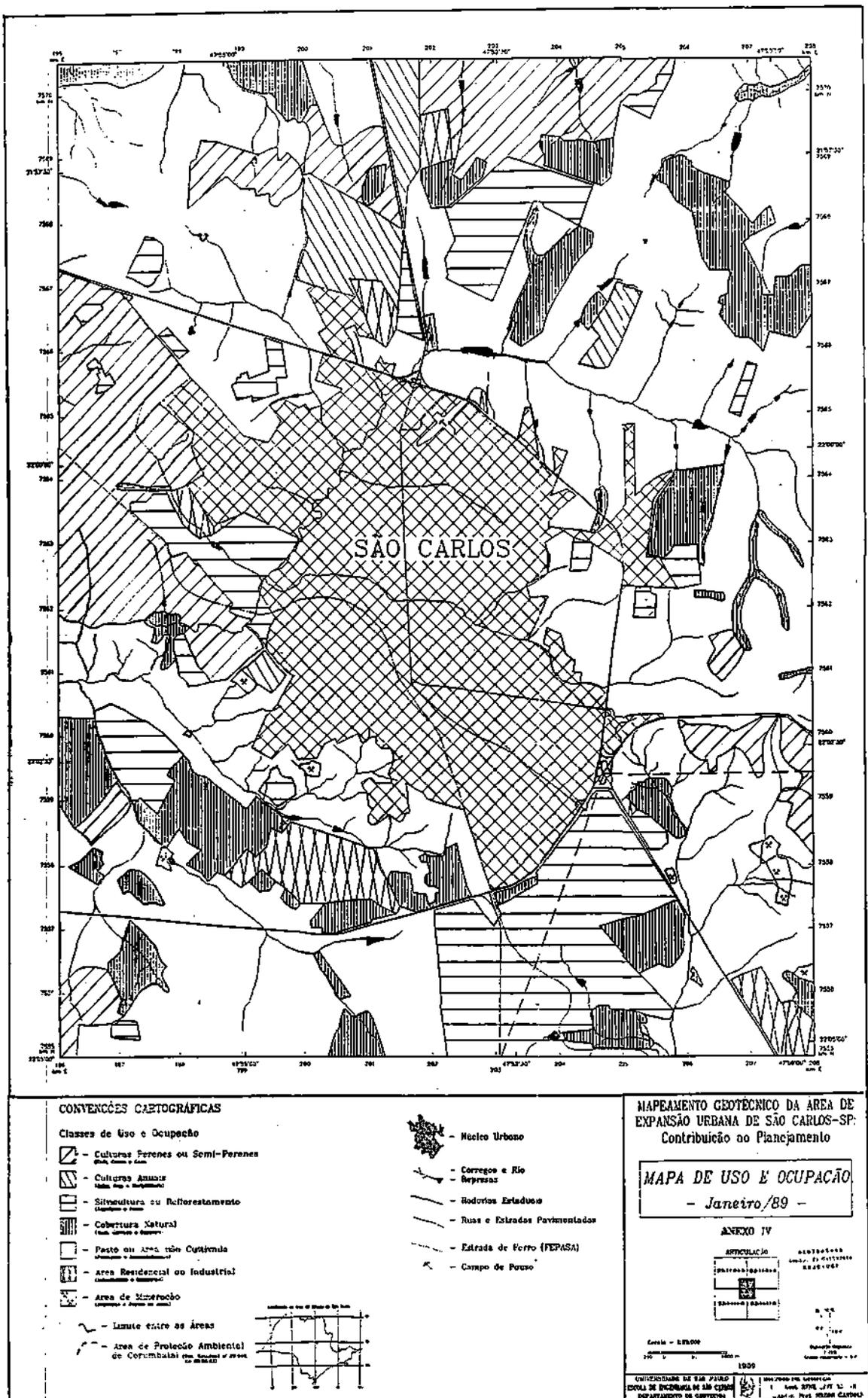


FIGURA 5.3.1: Mapa do uso e ocupação do solo da cidade de São Carlos (FONTE: AGUIAR, 1989).

5.2 - Pontos de coleta:

A área de estudo apresenta uma elevada heterogeneidade no curso d'água, com trechos de corredeira, planícies e ainda, características da água muito diversas. A localização dos pontos de coleta no rio Monjolinho foi estabelecida em função do lançamento das indústrias situadas ao longo do rio, e distribuídos nos subsistemas descritos por SÉ (1992), além de se considerar as facilidades de acesso, sempre visando cumprir os objetivos propostos.

Para o estabelecimento dos pontos de coleta definitivos, utilizou-se resultados de coletas prévias realizadas na sub-bacia do rio Monjolinho, onde foram medidas as concentrações totais dos metais estudados neste trabalho (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês, cobre e cromo).

Os 9 (nove) pontos de coleta escolhidos ao longo do rio Monjolinho são descritos a seguir:

- Ponto 1:** Encontra-se aproximadamente a 4 km da nascente (controle), após a mata ciliar na Fazenda Santa Therezinha (FIGURA 5.4).
- Ponto 2:** A jusante da fábrica de papelão, Indústria Química Dissoltex, Curtume Fazari e Curtume Art-Couro, logo após ao Apart Hotel São Carlos, na ponte próxima ao Posto de Saúde Dr. Arsenio Agnesini (com o objetivo de se observar os possíveis impactos provocados pelo lançamento destes efluentes - FIGURA 5.5), aproximadamente a 12 km da nascente.
- Ponto 3:** No córrego do Tijuco Preto, na ponte na altura do Posto de Saúde Dr. Arsenio Agnesini, antes da sua entrada no rio Monjolinho (visando quantificar a sua contribuição total - FIGURA 5.6).

- Ponto 4:** Após a confluência com o córrego do Tijuco Preto, de forma a observar o comportamento do rio com a entrada deste afluente e antes da entrada do córrego do Gregório, em frente ao Shopping Iguatemi São Carlos (FIGURA 5.7), aproximadamente a 14,2 km da nascente.
- Ponto 5:** No córrego do Gregório, antes da sua entrada no rio Monjolinho (para quantificar a sua contribuição - FIGURA 5.8).
- Ponto 6:** Após a confluência com o córrego do Gregório (de forma a observar o comportamento do rio com a entrada deste afluente - FIGURA 5.9), aproximadamente a 14,5 km da nascente.
- Ponto 7:** Local que recebe a carga total de esgoto sem tratamento, da cidade de São Carlos (SP), antes da queda d'água de 30 m na ponte do sítio Cascatinha, usina hidrelétrica da CPFL (com a finalidade de observar o impacto deste lançamento na qualidade das águas do rio - FIGURA 5.10 e 5.10a), aproximadamente a 14,7 km da nascente.
- Ponto 8:** Após a entrada do córrego da Água Quente e da Água Fria, na ponte após o matadouro municipal (FIGURA 5.11), aproximadamente a 20,7 km da nascente.
- Ponto 9:** Antes da confluência com o rio Jacaré-Guaçu (aproximadamente 200 metros), fazenda São José (Ribeirão Bonito/SP), saída do curto trecho de corredeiras (FIGURA 5.12), aproximadamente a 43 km da nascente.

NOTA: Este ponto é de extrema importância para se quantificar a concentração de matéria orgânica, metais e nutrientes que o rio leva para o Jacaré-Guaçu, um dos importantes afluentes da margem direita do rio Tietê.

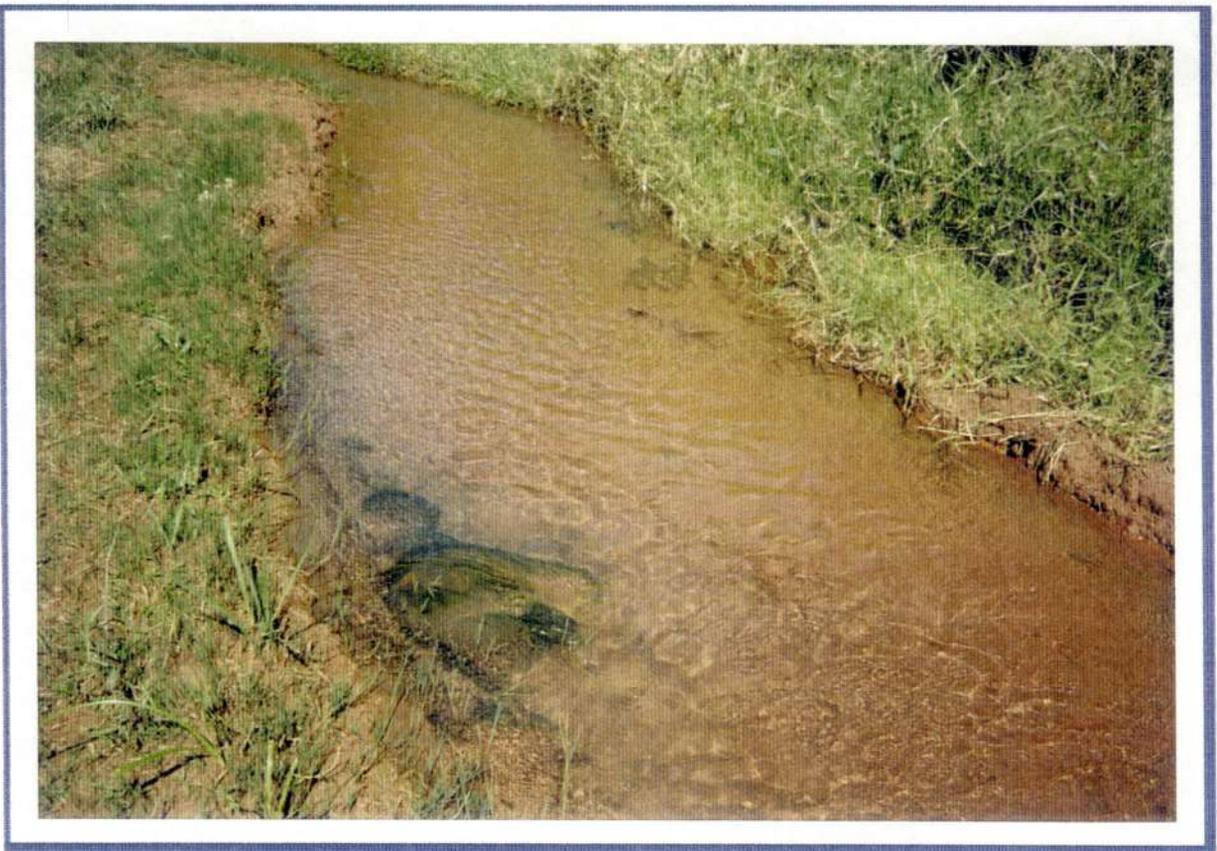


FIGURA 5.4: 1° Ponto de coleta (≈ 4 km da nascente) :



FIGURA 5.5: 2° Ponto de coleta.



FIGURA 5.6: 3° Ponto de coleta (Rio Tijuco Preto).



FIGURA 5.7: 4° Ponto de coleta.



FIGURA 5.8: 5° Ponto de coleta (Rio do Gregório).



FIGURA 5.9: 6° Ponto de coleta.



FIGURA 5.10: 7° Ponto de coleta (lançamento do esgoto sanitário).



FIGURA 5.10a: 7° Ponto de coleta (coleta de sedimento e bentos).



FIGURA 5.11: 8° Ponto de coleta.



FIGURA 5.12: 9° Ponto de coleta (antes do encontro com o Rio Jacaré Guaçú).

5.3 - Amostragem da água, sedimento e organismos:

As coletas das amostras foram realizadas nos meses de maio, julho e agosto (período de seca), novembro (período que antecedeu as chuvas), dezembro, fevereiro e março (período de chuvas), de forma a proporcionar a observação de diferenças sazonais, no período de aproximadamente 1 (um) ano.

Geralmente o período de transição entre a estação seca e a estação das chuvas mais característico é o mês de outubro. Entretanto, devido à interferência do fenômeno El Niño, o mês de novembro se apresentou como o mais característico para os objetivos propostos.

O sedimento para a análise do teor de metais foi coletado utilizando-se um perfilador (FIGURA 5.13), visando propiciar a separação do sedimento em três estratos de cinco centímetros para posterior avaliação de possíveis alterações, como por exemplo, a dragagem do rio. A retirada da amostra foi realizada em campo, onde o sedimento foi separado em frações e acondicionado em sacos plásticos etiquetados (pontos 1 e 9). Nos outros pontos de amostragem foi utilizada uma draga de Van Veen (FIGURA 5.16), por apresentarem fundo pedregoso, impossibilitando o uso do perfilador. O perifíton (associado a matéria orgânica) foi coletado utilizando-se um gancho (FIGURA 5.14) para retirada da mata marginal localizada dentro d'água, com posterior lavagem e raspagem de suas raízes. Deu-se preferência a esta metodologia devido ao fato de se precisar de uma quantidade maior de material para a detecção de metais nesta comunidade. O mesmo gancho foi empregado para retirada das macrófitas, evitando-se assim contato direto com a água do rio. A comunidade nectônica foi capturada com um puçá de nylon (FIGURA 5.15), utilizando-se farelo de pão para atraí-los. Esta metodologia utilizada é adequada devido à baixa riqueza de espécies. A água foi coletada utilizando-se um coletor de

amostra para análise de oxigênio dissolvido (OD) contendo um frasco de vidro de 300 mL acoplado, previamente lavado com ácido nítrico 1:1 e enxaguado com água destilada e deionizada, para evitar contaminação da amostra. A comunidade bentônica foi coletada com draga de Van Veen (FIGURA 5.16), num total de três por ponto (duas nas margens e uma no centro) para cada análise, ou seja, três para quantificação do teor de metais nesta comunidade e três para análise qualitativa. As amostras dos peixes, macrófitas e organismos bentônicos para análise qualitativa foram acondicionadas em sacos plásticos. Em todas as amostras (exceto água e sedimento) para análise do teor de metais, o pH foi reduzido para um valor inferior a 2 adicionando-se 1,5 mL de ácido nítrico. As amostras para a análise qualitativa da comunidade bentônica e nectônica foram preservadas em formol a 4% e as macrófitas foram secas utilizando-se prensagem manual.

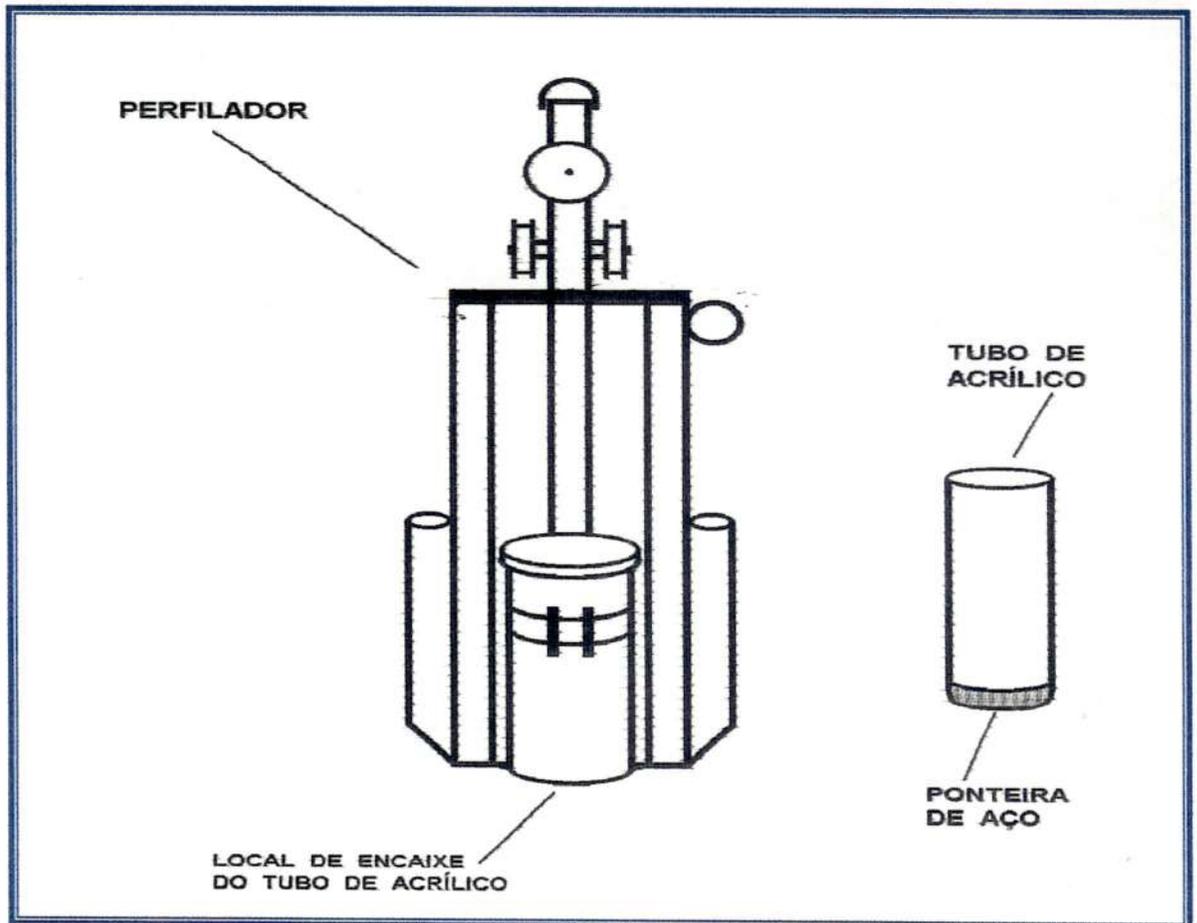


FIGURA 5.13: Perfilador utilizado para coleta de sedimento até a profundidade de 15 cm nos pontos 1 e 9.

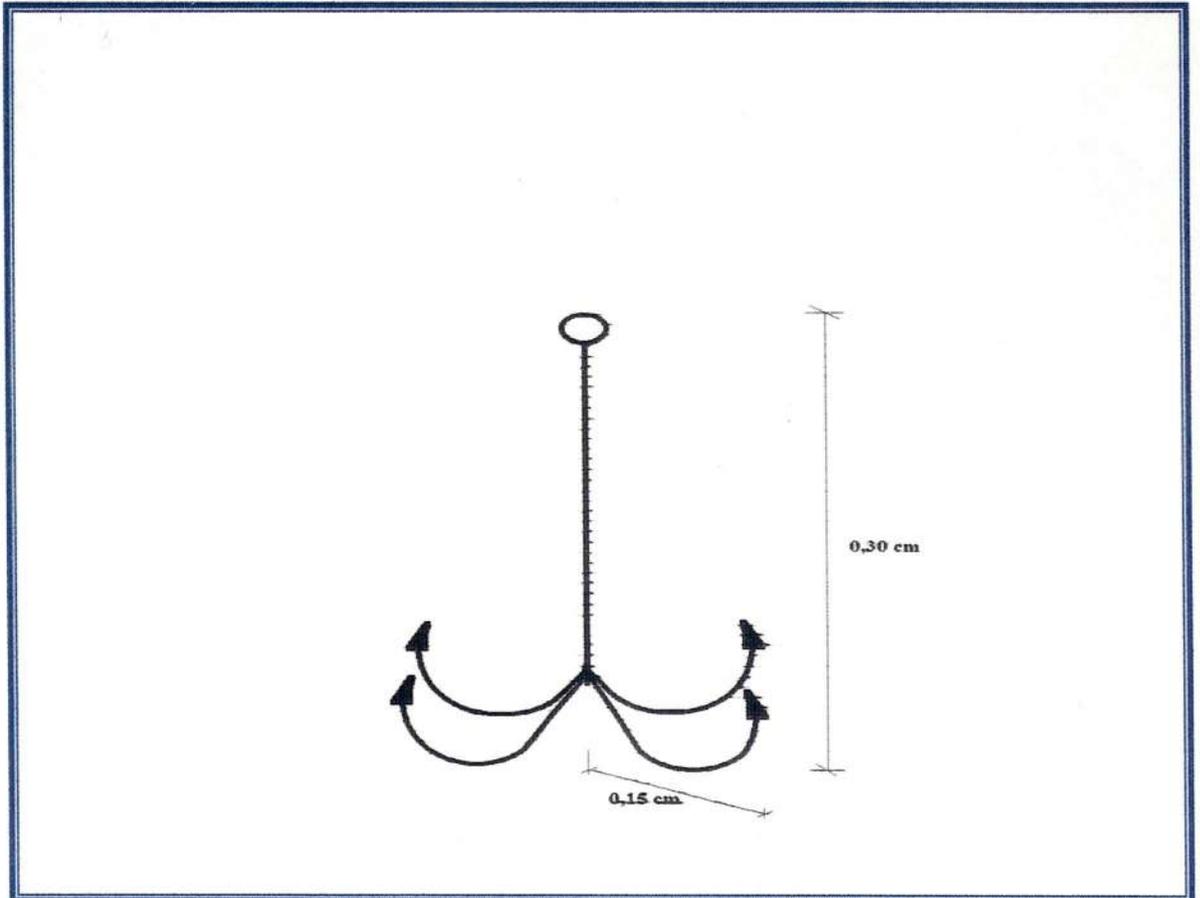


FIGURA 5.14: Gancho de Ferro utilizado para coleta de Macrófitas e Perifíton nos pontos de coleta.

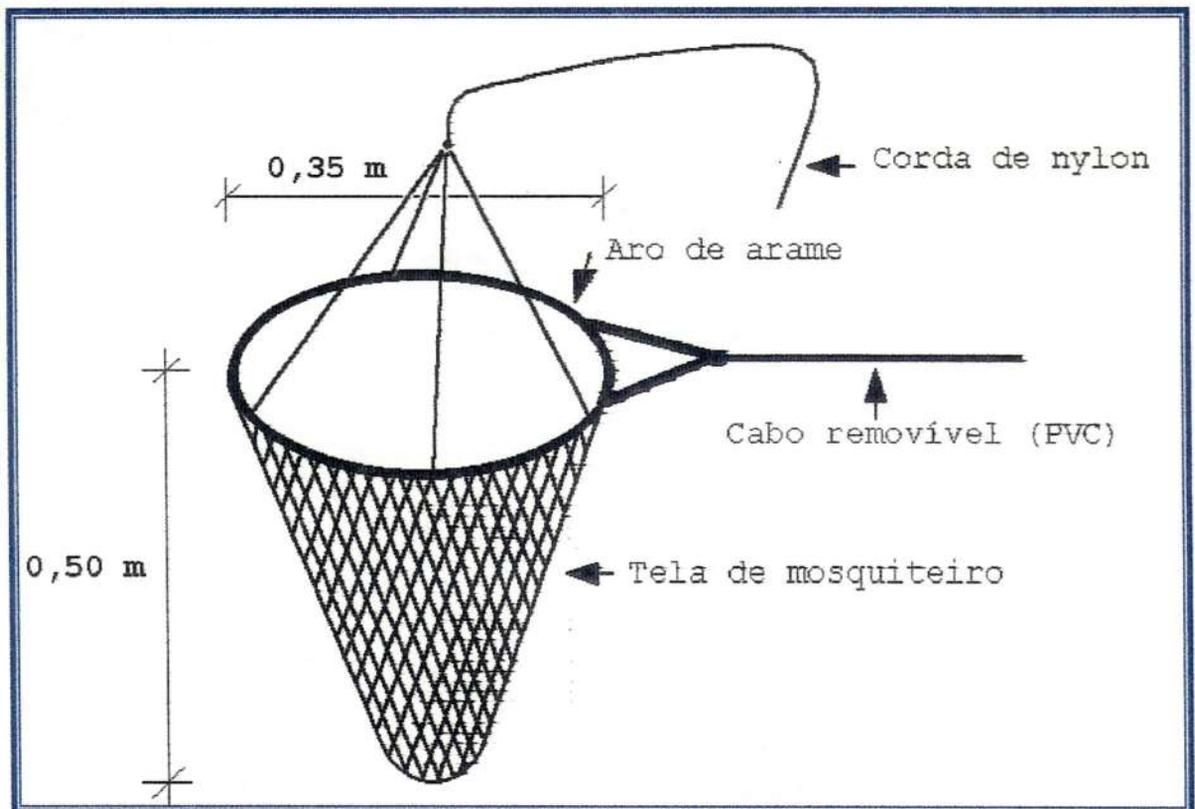


FIGURA 5.15: Puçá para coleta da Comunidade Nectônica nos pontos de amostragem ao longo do rio.

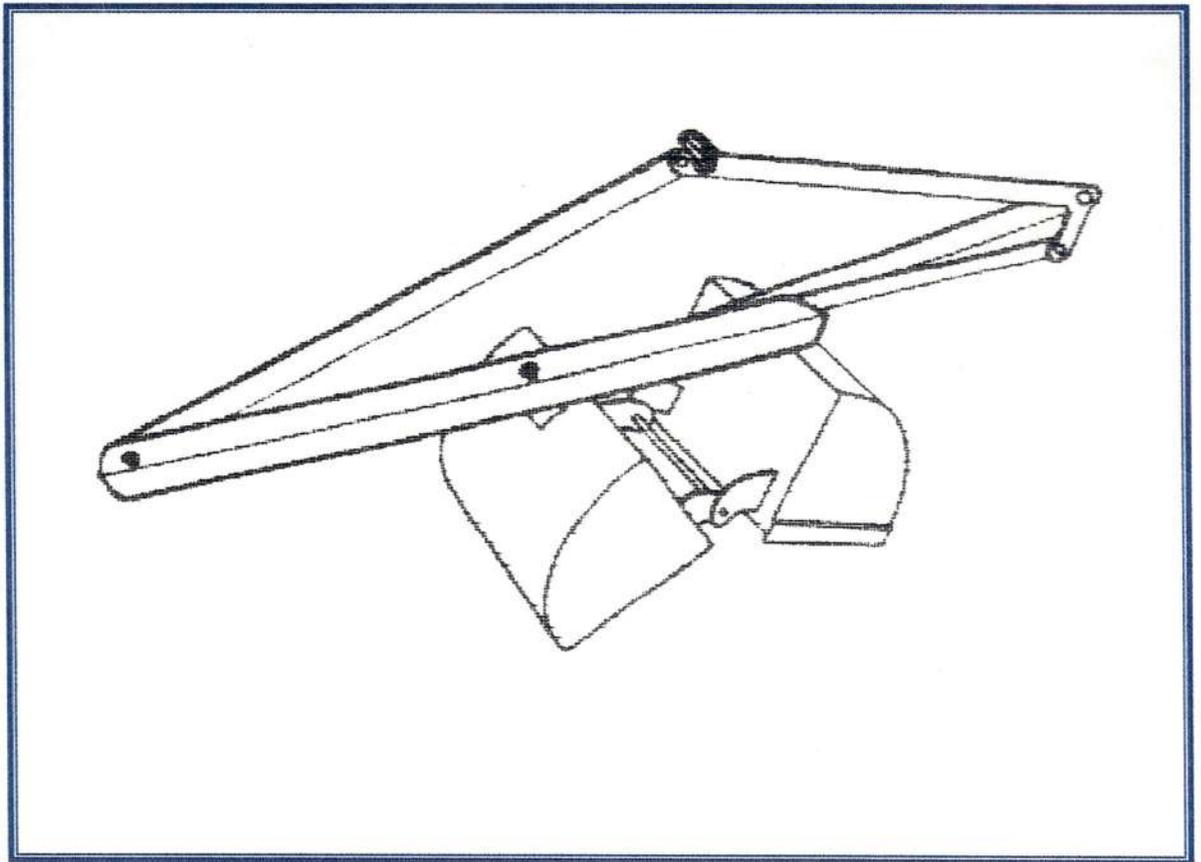


FIGURA 5.16: Draga de Van Veen utilizada para coleta da comunidade bentônica (em todos os pontos de amostragem) e sedimento (nos pontos 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

5.4 - Medição do teor de metais:

As comunidades bentônicas, de macrófitas (a planta inteira) e de perifíton foram acondicionadas em erlenmeyer e secas em estufa a 105°C, sendo a seguir pesadas em balança de precisão e digeridas para obtenção do teor de metais total.

A água coletada no rio foi dividida em duas alíquotas com volume de 100 mL. Para análise dos metais dissolvidos uma dessas alíquotas foi filtrada em membrana de 0,45 µm, acidificada e posteriormente analisada em espectrofotômetro de absorção atômica. Para análise dos metais suspensos a outra alíquota também foi filtrada em membrana de acetato de celulose de 0,45 µm e a seguir o filtro e os materiais retidos nele foram digeridos (seguindo o mesmo processo para a obtenção do teor de metais totais nas comunidades e sedimento) e analisados também em espectrofotômetro de absorção atômica. A quantificação dos metais totais na água foi obtida somando-se os valores dos metais dissolvidos e suspensos (STANDARD METHODS FOR EXAMINATION WATER AND WASTEWATER da APHA, 19ª ed.).

Para a comunidade nectônica (peixes inteiros) o tratamento foi o seguinte: o material foi acondicionado em erlenmeyer ou becker e seco em estufa a 105°C, sendo a seguir pesado em balança de precisão e posteriormente digerido para obtenção do teor de metais total.

O sedimento coletado foi dividido em duas alíquotas. Para a obtenção dos metais disponíveis uma destas alíquotas foi seca a 50 °C até peso constante e macerada em gral de porcelana. A seguir foi adicionado HCl 0,5 N (usado para sedimentos de rios) na proporção de 3:1 (solução : sedimento), homogeneizada por aproximadamente 5 minutos e deixada em repouso por 16 h à temperatura ambiente. Após este período de tempo a alíquota foi filtrada em membrana de

acetato de celulose de 0,45 μm e analisada em espectrofotômetro de absorção atômica. Esta técnica libera os metais pesados associados à fase orgânica e inorgânica do sedimento com um ataque mínimo à matriz geológica (PAES 1996; ESTEVES *et al.* 1981). Para a extração dos metais totais a outra alíquota do sedimento foi seca em estufa a 105 °C, pesada, e posteriormente digerida, seguindo o método discriminado abaixo.

Para o processo de digestão dos metais totais em todos os compartimentos a cada amostra seca e pesada (comunidades: bentônica, de macrófitas, de perifiton, nectônica, parte do sedimento e metais suspensos na água) foram adicionados 20 mL de ácido nítrico 6M. A solução foi evaporada lentamente até um volume reduzido de cerca de 2 mL, a uma temperatura de aproximadamente 70°C por um período de 2 a 4 horas em placa aquecedora. Os resíduos foram redissolvidos em 10 mL de ácido nítrico (HNO_3) a 0.5M. A seguir estes foram filtrados em membranas 0,45 μm com auxílio de bomba a vácuo, e posteriormente analisados em espectrofotômetro de absorção atômica (BARRETTO, 1994).

5.5 - Medição das variáveis físicas e químicas:

Foram realizadas as seguintes análises da água: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, fixos e voláteis, sólidos totais fixos e voláteis, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total Kjeldahl, fosfato total, fosfato inorgânico, fosfato total dissolvido, alcalinidade total, condutividade elétrica, sulfeto, transparência da água, turbidez, profundidade e vazão (STANDARD METHODS FOR EXAMINATION WATER

AND WASTEWATER da APHA, 19ª edição; CETESB 1987 TABELA 5.5 - ANEXO 1).

As coletas para as análises na água foram realizadas à aproximadamente 20 cm da superfície. Para a análise do oxigênio dissolvido a amostra foi acondicionada em frasco âmbar especial a fim de evitar a formação de bolhas pela fotossíntese e reduzir a exposição à luz. Para as demais análises utilizou-se frasco de polietileno com capacidade de 5000 mL.

As variáveis pH, temperatura, transparência da água e vazão foram medidas em campo com a utilização respectiva de um potenciômetro, um termômetro de mercúrio simples com escala de 0,5 °C, Disco de Secchi (FIGURA 5.17) e molinete (FIGURA 5.18).

O sulfeto foi fixado em campo com acetato de zinco e NaOH até pH > 9, para posterior análise em laboratório. As outras análises foram realizadas imediatamente após a chegada das amostras ao laboratório.

No sedimento foram realizadas as seguintes análises: teor de matéria orgânica, teor de nitrogênio total e granulometria. Estas análises foram realizadas por estratos somente nos pontos 1 e 9 e foram empregados métodos preconizados pelo STANDARD METHODS FOR EXAMINATION WATER AND WASTEWATER da APHA, 19ª edição; CAMARGO et al. (1996) e GUERESCHI (1995), TABELA 5.5 (ANEXO 1).

Os dados climatológicos como temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação foram obtidos junto à Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP (São Carlos/SP).

Os resultados obtidos em todas as análises realizadas foram tabulados e trabalhados estatisticamente para a verificação das reais condições ambientais do rio, sua possível capacidade de recuperação, a distribuição dos metais



FIGURA 5.17: Disco de Secchi utilizado para medir a transparência da água nos pontos de coleta.



FIGURA 5.18: Molinete utilizado para medir a vazão do rio nos pontos de amostragem.

a nível de cadeia alimentar e as possíveis implicações que as dragagens poderiam ocasionar em nível de redissolução de metais no meio.

5.6 - Análise qualitativa das comunidades bentônica, nectônica e de macrófitas:

Estas análises foram realizadas por meio da utilização de microscópio óptico e lupa para a separação dos grupos de organismos, para posterior identificação. Esta identificação foi realizada através de chaves taxonômicas e auxílio de especialistas na identificação de organismos pertencentes a diferentes comunidades.

Os organismos foram identificados até o nível taxonômico mais baixo possível, sempre se considerando os objetivos propostos, de maneira a fornecer um inventário faunístico e florístico do meio estudado.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir encontram-se os resultados obtidos para as diversas análises realizadas durante o período de estudo considerando-se os compartimentos água, sedimento e comunidades. A TABELA 6 apresenta as datas e épocas de realização das coletas.

TABELA 6.1.1 - Datas e épocas da realização das coletas

NUMERO DA COLETA	DATAS	EPOCAS
1ª	12/12/1996	Chuva
2ª	07/03/1997	Chuva
3ª	10/05/1997	Seca
4ª	12/07/1997	Seca
5ª	24/08/1997	Seca
6ª	08/11/1997	Transição
7ª	13/02/1998	Chuva

Ressalte-se que a 4ª e a 5ª coletas foram realizadas a partir do ponto 8 em direção ao ponto 1 e por último o ponto 9.

6.1 - VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

6.1.1 - TEMPERATURA DA ÁGUA

A temperatura é um fator de extrema importância em ecossistemas aquáticos, sendo responsável, entre outros fatores, pela tensão superficial, viscosidade e densidade da água. Outro fator que também deve ser considerado é a sua influência na solubilidade dos gases, sólidos e líquidos. Com o aumento da temperatura decresce a solubilidade dos gases na água e aumenta, de maneira geral, a solubilidade dos sólidos e líquidos.

A temperatura em um ecossistema aquático está relacionada com a variação da temperatura ambiente, sazonalidade, velocidade, vazão e condições climáticas; influencia diretamente não só algumas propriedades já citadas, mas o metabolismo animal e vegetal, bem como a autodepuração das águas.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 1a apresenta os resultados de temperatura obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 1b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de temperatura nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 13,0 °C (ponto 1 - 3ª coleta) a 28,0 °C (ponto 2 - 1ª coleta), FIGURA 1a e TABELA 1 - ANEXO 1.

As variações médias mínima e máxima da temperatura nos pontos de amostragem do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, 21,7 °C (S=1,5 - ponto 1) e 24,2 °C (S=3,3 e 1,9 - ponto 2 e 7). No período da seca os

valores foram, respectivamente, de 18,3 °C (S=4,7 - ponto 1) e 20,7 °C (S=1,5 - ponto 9), TABELA 1.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes estudados do rio Monjolinho, verifica-se que as temperaturas mínima e máxima obtidas para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 20,0 °C a 28,5 °C (3ª e 1ª coletas - ponto 3) e 18,5 °C a 26,0 °C (4ª e 1ª coletas - ponto 5), FIGURA 1b e TABELA 1 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 24,5 °C (S=3,5 - ponto 3) e 23,0 °C (S=2,6 - ponto 5), para o período de seca observa-se os valores de 21,8 °C (S=1,8 - ponto 3) e 20,5 °C (S=1,8 - ponto 5), TABELA 1.1 (ANEXO 1).

A temperatura da água apresentou valores mais elevados no período das chuvas em relação ao período de seca e crescente ao longo dos pontos, apresentando não só variação diurna, como sazonal. A época de chuva coincide com o período de temperaturas mais elevadas e a época de seca com o período de temperatura mais baixas (MATTOS, 1982; GONÇALVES, 1986; MATOS, 1987; SÉ, 1992). No caso do manancial estudado os fatores que contribuíram para os resultados obtidos foram a profundidade média, os horários de coletas, escoamento superficial e grau de sombreamento. Estes mesmos fatores foram determinantes em outros trabalhos realizados neste ecossistema, entre eles o de SÉ (1992), SALAMI (1996) e MENDES (1998).

Os reduzidos valores de temperatura da água obtidos para o ponto 1 (nascente) neste estudo, estão também relacionados à influência de águas subterrâneas, à preservação das margens e à existência de uma mata ciliar propiciando sombreamento neste ponto. Este fato corrobora as observações de SÉ (1992).

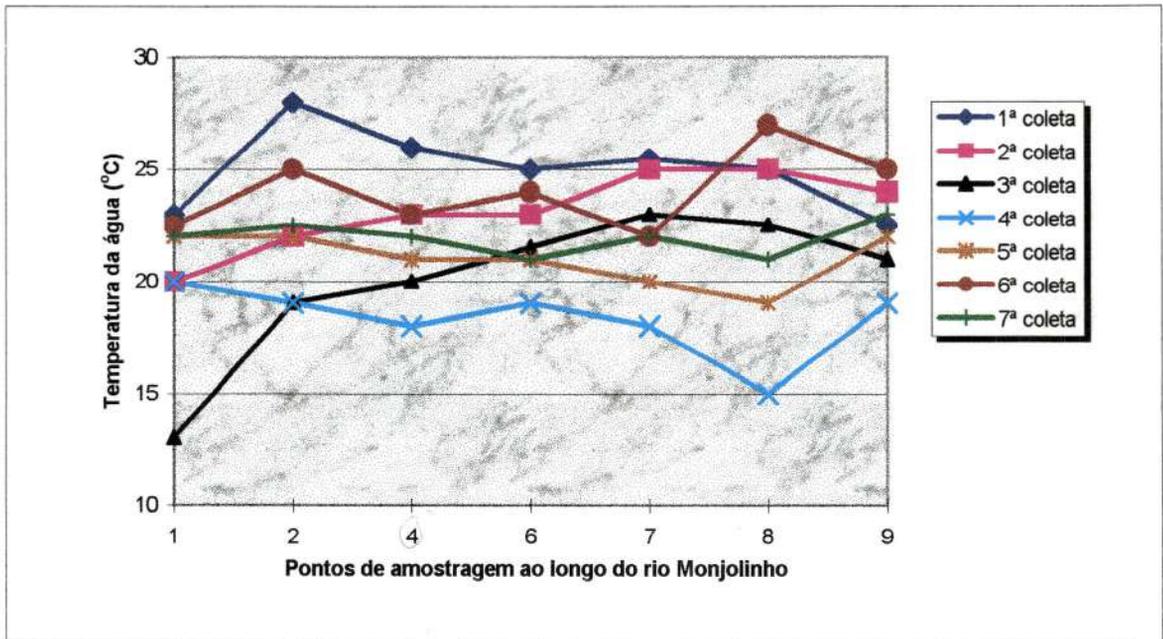


FIGURA 1a: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

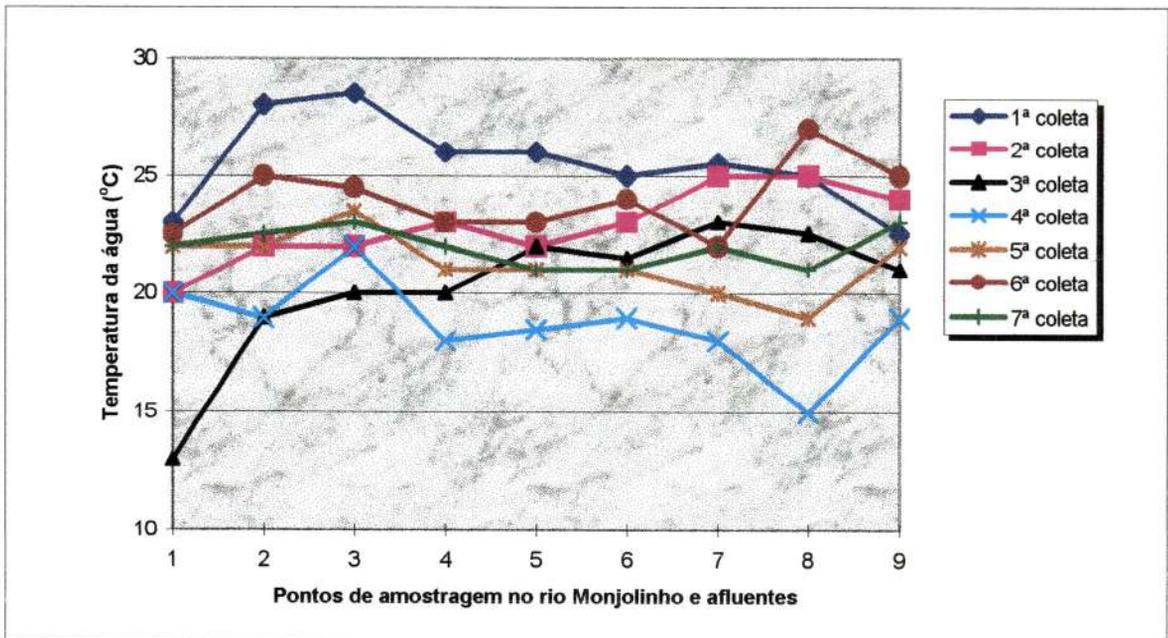


FIGURA 1b: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

6.1.2 - OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA ÁGUA

O oxigênio dissolvido é um dos principais fatores responsáveis pela dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos. Suas principais fontes são a atmosfera e a fotossíntese e as principais fontes de perda são a difusão para a atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e de íons metálicos (principalmente o ferro e o manganês).

A solubilidade deste gás depende diretamente da temperatura e pressão, onde com o aumento da temperatura e a diminuição da pressão, ocorre redução na solubilidade do oxigênio nas águas. Em regiões tropicais a temperatura é o principal fator controlador da concentração de oxigênio em ecossistemas aquáticos de águas correntes não poluídos.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 2a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 2b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 1,4 mg O₂ L⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta) a 8,2 mg O₂ L⁻¹ (ponto 1 - 4ª coleta), FIGURA 2a e TABELA 2 - ANEXO 1.

Os valores médios da concentração de oxigênio dissolvido (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, 4,0 mg O₂ L⁻¹ (S=1,7 - ponto 8) e 7,2 mg O₂ L⁻¹ (S=0,3 - ponto 1). No período da seca os valores foram, respectivamente, 2,7 mg O₂ L⁻¹ (S=0,5 - ponto 8) e 7,8 mg O₂ L⁻¹ (S=0,4 - ponto 1), TABELA 2.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que os valores de oxigênio dissolvido mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram

de 4,6 mg O₂ L⁻¹ a 7,3 mg O₂ L⁻¹ (3^a e 6^a coletas - ponto 3) e 4,3 mg O₂ L⁻¹ a 6,8 mg O₂ L⁻¹ (4^a e 2^a coletas - ponto 5), FIGURA 2b e TABELA 2 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, foram obtidos os valores de 6,8 mg O₂ L⁻¹ (S=0,5 - ponto 3) e 5,6 mg O₂ L⁻¹ (S=1,0 - ponto 5) e para o período de seca, os valores de 5,5 mg O₂ L⁻¹ (S=0,8 - ponto 3) e 5,1 mg O₂ L⁻¹ (S=1,0 - ponto 5), TABELA 2.1 (ANEXO 1).

Os valores de oxigênio dissolvido estão relacionados aos valores de temperatura da água, mas também à influência de lançamentos de esgoto sanitário ou industriais. Os valores encontrados para o oxigênio dissolvido foram sempre menores nos pontos 7 e 8, abaixo dos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 20/86 (5 mg L⁻¹, classe 2), devido principalmente ao lançamento de esgoto sanitário "in natura" no ponto 7, afetando conseqüentemente o ponto 8. Provavelmente este trecho não foi suficientemente longo para permitir a depuração do material lançado no sistema. Com relação aos outros pontos de amostragem, estes estiveram sempre dentro da concentração estabelecida pela legislação brasileira (≥ 5 mg L⁻¹, classe 1). No ponto 7, na 6^a coleta, ocorreu um valor atípico (6,0 mg/L), provavelmente associado à remoção da barragem da CPFL (Cia Paulista de Força e Luz) que existia neste ponto, quando das coletas anteriores.

A partir dos resultados obtidos pode-se observar que em relação a esta variável, o rio Monjolinho apresenta capacidade de autodepuração, que no entanto pode ser considerada como baixa.

Os resultados obtidos para as concentrações de oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas águas do rio Monjolinho, demonstram claramente a depleção e recuperação dos níveis de oxigênio (FIGURAS 2a e 6a), podendo-se observar as zonas de degradação, de decomposição

ativa e de recuperação (SOUZA, 1975, POVINELLI, 1972 e BRANCO, 1986).

Quando se analisam os resultados obtidos para os valores da concentração de oxigênio dissolvido e DBO em todos os pontos do rio Monjolinho, observa-se claramente que do ponto 1 ao ponto 6 as águas do rio demonstram características próprias da zona de degradação, e esta é intensificada entre os pontos 6 e 7. Do ponto 7 ao ponto 8 as águas do rio Monjolinho se enquadram na zona de decomposição ativa e a zona de recuperação pode ser observada no trecho referente aos pontos 8 e 9.

O rio Monjolinho pode ser dividido em dois grandes trechos, baseado nos resultados obtidos para as concentrações de oxigênio dissolvido (FIGURA 2a), demanda química e bioquímica de oxigênio (FIGURA 7a), demanda bioquímica de oxigênio (FIGURA 6a) pH (FIGURA 3a) e a quantificação e identificação dos organismos (comunidade bentônica e nectônica) no rio Monjolinho. A seguir encontram-se os grandes trechos, onde se observa o seguinte comportamento:

- **do ponto 1 ao 6**

Entre os pontos 1 e 2 ocorre um decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e o aumento da DBO pelo aporte de efluentes industriais e esgotos sanitários. Este trecho pode ser considerado como zona de degradação com leve recuperação nos níveis de oxigênio dissolvido no ponto 4, que decorre provavelmente do regime turbulento apresentado pelas águas. Não foi observada diminuição na concentração da DBO.

- **do ponto 6 ao 9**

Entre os pontos 6 e 7, o decréscimo acentuado nos valores obtidos para concentração de oxigênio e o aumento significativo da DBO, decorrente do lançamento pontual de esgoto sanitário "in natura" da cidade, caracterizam este

trecho como zona de degradação e início da zona de decomposição ativa, onde ocorre o predomínio do gênero *Chironomus sp*, as espécies de peixes desaparecem e se prolonga até o ponto 8. O trecho compreendido entre os pontos 8 e 9 é caracterizado como zona de recuperação, no qual observa-se aumento da concentração de oxigênio dissolvido, decréscimo nos valores da DBO, aparecimento de organismos bentônicos e nectônicos.

Ressalta-se que neste estudo não foi possível observar a zona de águas limpas, que geralmente ocorre após a zona de recuperação. Este fato implicaria na inclusão de 1 ou 2 pontos de coleta no rio Jacaré-Guaçu, pois o ponto 9 situa-se a 200 metros antes da confluência com este rio, afastando-se dos objetivos iniciais.

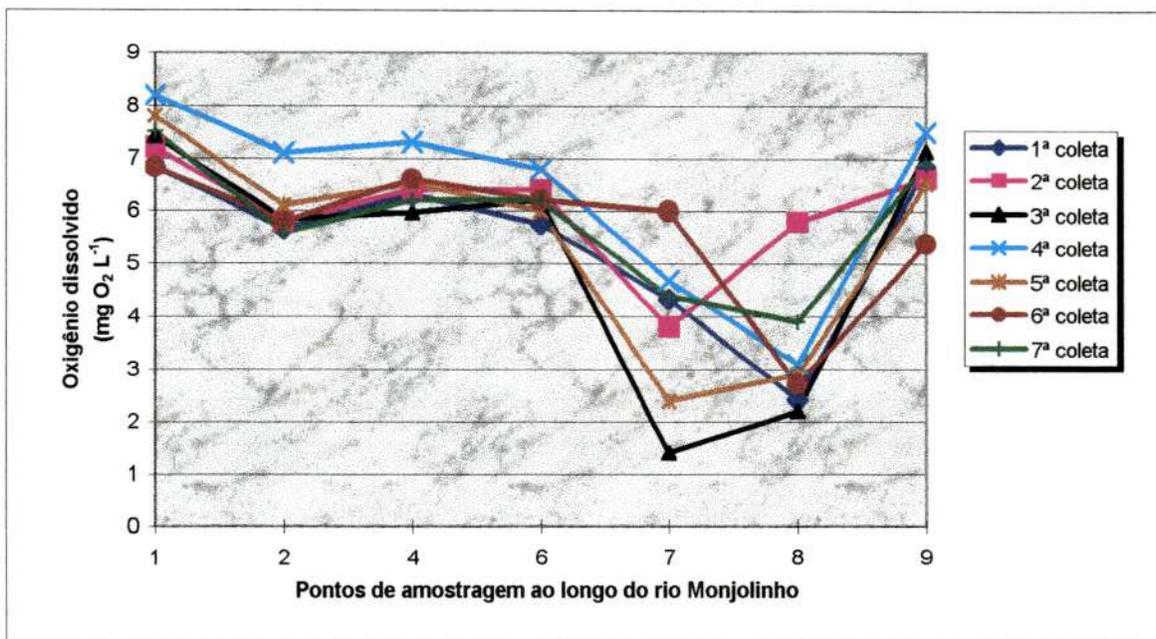


FIGURA 2a: Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

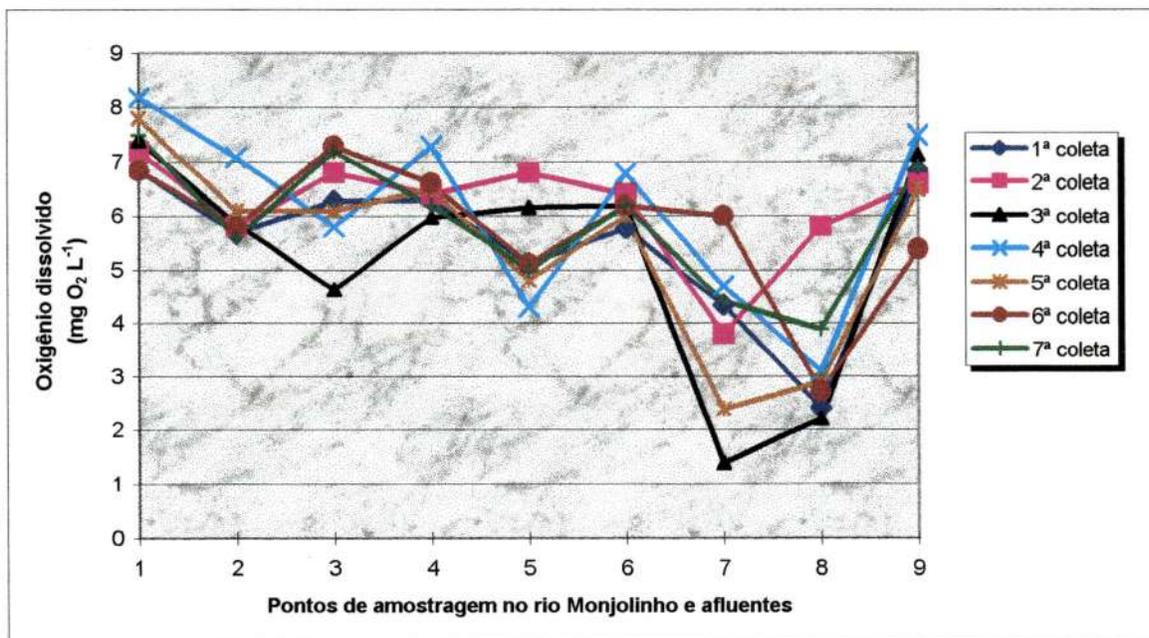


FIGURA 2b: Concentração de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

6.1.3 - POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) DA ÁGUA

Esta variável relaciona-se com o caráter ácido ou básico do meio.

Os principais fatores que influenciam as suas variações na água são o ácido carbônico, bicarbonatos, carbonatos, ácidos fortes dissociáveis, constituição do solo, decomposição da matéria orgânica, ácidos orgânicos, esgoto sanitário, efluentes industriais, tributários e solubilização de gases da atmosfera. Os organismos são responsáveis por processos que aumentam ou diminuem o pH das águas (fotossíntese, respiração, decomposição).

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 3a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 3b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de pH nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 5,5 (ponto 2 - 5ª coleta) a 8,7 (ponto 4 - 1ª coleta), FIGURA 3a e TABELA 3 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) de pH nos pontos de coleta do rio Monjolinho, para o período de chuva foram, respectivamente, de 7,2 (S= 0,2 - ponto 2 e 8) e 7,8 (S= 0,8 - ponto 4). No período da seca os valores foram respectivamente de 6,3 (S= 0,7 - ponto 2) e 7,2 (S= 0,4 - ponto 9), TABELA 3.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que os valores de pH, mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5), foram de 6,8 a 8,1 (5ª e 6ª coletas - ponto 3) e 6,2 a 7,5 (5ª e 6ª coletas - ponto 5), FIGURA 3b e TABELA 3 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 7,8 (S= 0,1 - ponto 3) e 7,3 (S= 0,1 - ponto 5) e para o período de

seca, os valores de 7,1 ($S= 0,3$ - ponto 3) e 6,7 ($S= 0,5$ - ponto 5), TABELA 3.1 (ANEXO 1).

Os valores de pH, situaram-se dentro da faixa estabelecida pela Resolução CONAMA 20/86 (entre 6 e 9), com exceção dos pontos 2 e 4 na 5ª coleta.

Espacialmente o pH apresentou pequenas variações. As variações verificadas podem estar associadas à qualidade e à quantidade dos solos drenados, a fontes poluidoras e à diversidade e ocupação do sistema, onde águas com altos teores orgânicos degradáveis podem se tornar ricas em gás carbônico e ácidos orgânicos, diminuindo os valores de pH.

Os maiores valores de pH foram obtidos no período das chuvas (1ª, 2ª e 7ª coletas), provavelmente devido à lavagem e carreamento dos solos adjacentes, ressuspensão do sedimento de fundo e à ocupação da área de entorno, fato este corroborando o encontrado por SALAMI (1996) e MENDES (1998).

Analisando-se os resultados obtidos observa-se que somente os pontos 2 e 4, na 5ª coleta, apresentaram características de águas ácidas (< 7), indicando provavelmente o processo de decomposição da matéria orgânica. Para os outros pontos foram registrados valores de pH variando de neutro a alcalino, provavelmente pelas características geológicas locais.

Segundo AYERS & WESTCOT (1991), os valores de pH encontrados neste estudo situam-se dentro da faixa adequada para o uso destas águas em sistemas de irrigação localizada, com restrições ligeiras a moderadas, com exceção do ponto 4 na 1ª coleta e dos pontos 3, 4 e 6 na 6ª coleta, onde os valores encontram-se acima da faixa exigida para este tipo de irrigação (até 7).

Com relação aos valores de pH observados, somente aquele do ponto 4 na 1ª e na 5ª coleta encontra-se fora da faixa para uso sem restrição, para a irrigação.

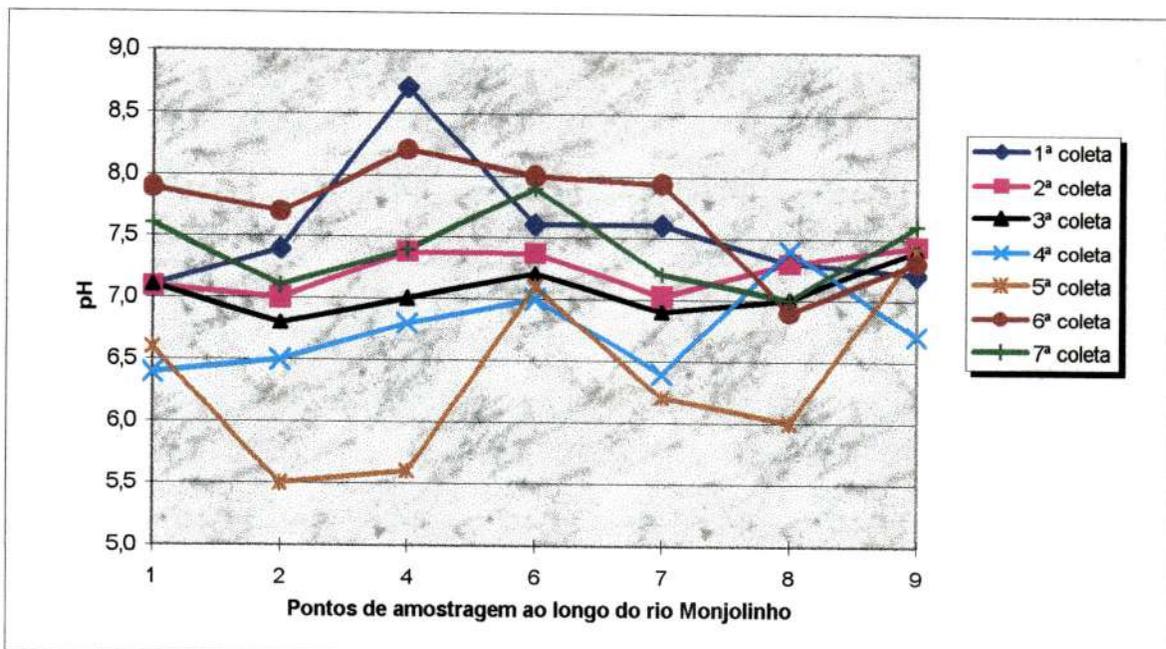


FIGURA 3a: Variação do pH nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

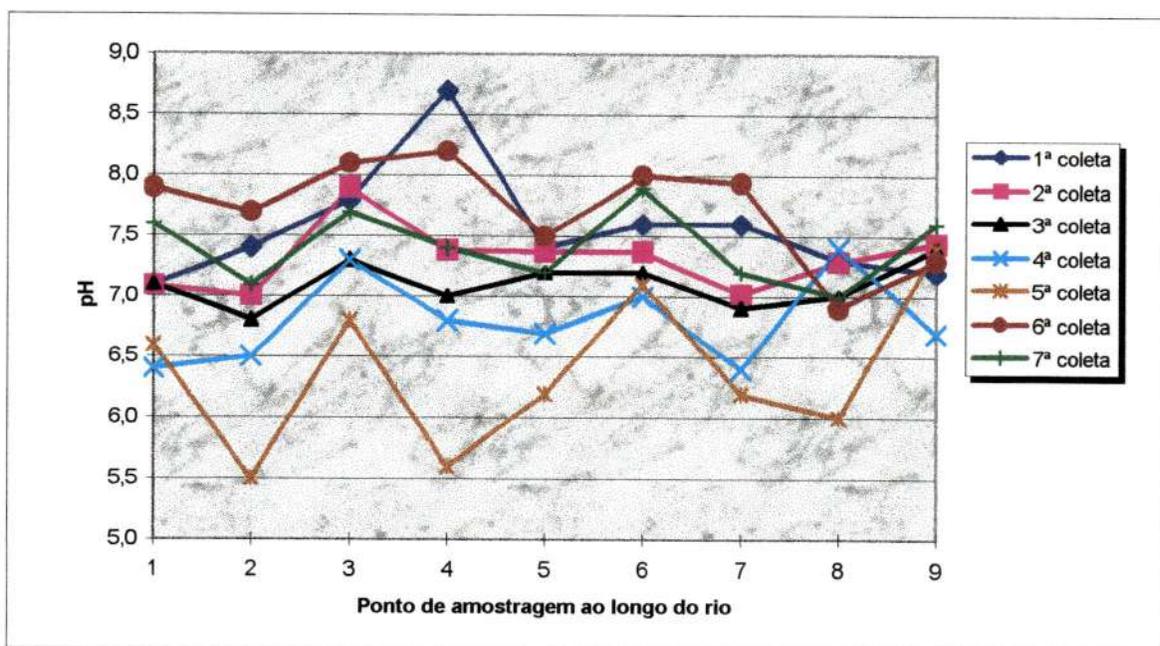


FIGURA 3b: Variação do pH nos pontos de amostragem

6.1.4 - ALCALINIDADE TOTAL DA ÁGUA

Nas águas a alcalinidade está associada à presença de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, podendo ser tomada como indicadora destas substâncias. Entretanto, boratos, silicatos, fosfatos e ácidos orgânicos, entre outros elementos, podem também apresentar contribuição.

A alcalinidade em ecossistemas aquáticos pode variar por influência antrópica (esgoto sanitário e efluentes industriais) e natural (composição do solo, turbulência e ácidos orgânicos fracos).

Altos valores de alcalinidade indicam uma alta capacidade de tamponamento. A capacidade de neutralizar ácidos, pode estar associada ao sistema carbonato/bicarbonato ou a fosfatos e ânions orgânicos provenientes de matéria orgânica.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 4a apresenta os resultados obtidos para a alcalinidade total nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 4b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de alcalinidade total nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 9,0 mg CaCO₃ L⁻¹ (ponto 1 - 4ª coleta) a 78,4 mg CaCO₃ L⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 4a e TABELA 4 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) de alcalinidade total nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva, foram respectivamente de 14,4 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 2,8 - ponto 1) e 62,5 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 2,5 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 15,5 mg CaCO₃ L⁻¹

(S= 8,0 - ponto 1) e 60,8 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 17,1 - ponto 7), TABELA 4.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que as alcalinidades totais mínima e máxima obtidas para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 82,6 mg CaCO₃ L⁻¹ a 158,9 mg CaCO₃ L⁻¹ (3^a e 1^a coletas - ponto 3) e 48,3 mg CaCO₃ L⁻¹ a 59,4 mg CaCO₃ L⁻¹ (7^a e 5^a coletas - ponto 5), FIGURA 4b e TABELA 4 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 117,9 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 35,7 - ponto 3) e 52,6 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 4,2 - ponto 5) enquanto que para o período de seca observa-se os valores de 95,5 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 11,9 - ponto 3) e 54,9 mg CaCO₃ L⁻¹ (S= 5,2 - ponto 5), TABELA 4.1 (ANEXO 1).

Os baixos valores para alcalinidade total no ponto 1 estão provavelmente relacionados com a presença de águas subterrâneas e menor influência antrópica, como demonstram a baixa capacidade tampão das águas, em relação ao pH. A alcalinidade total está associada diretamente aos teores de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, em se tratando de águas naturais.

Apenas com algumas exceções os valores de alcalinidade total foram maiores na época das chuvas, devido provavelmente, ao maior aporte de sólidos (orgânicos e inorgânicos) carregados pelas chuvas. Os altos valores encontrados no ponto 7 estão associados ao lançamento de esgoto sanitário e no ponto 3 (córrego do Tijuco Preto), provavelmente foram devidos não só ao esgoto sanitário, mas acima de tudo à presença de efluentes da indústria de fabricação de tapetes, os quais segundo BRAILE & CAVALCANTI (1979), apresentam compostos alcalinos em sua composição.

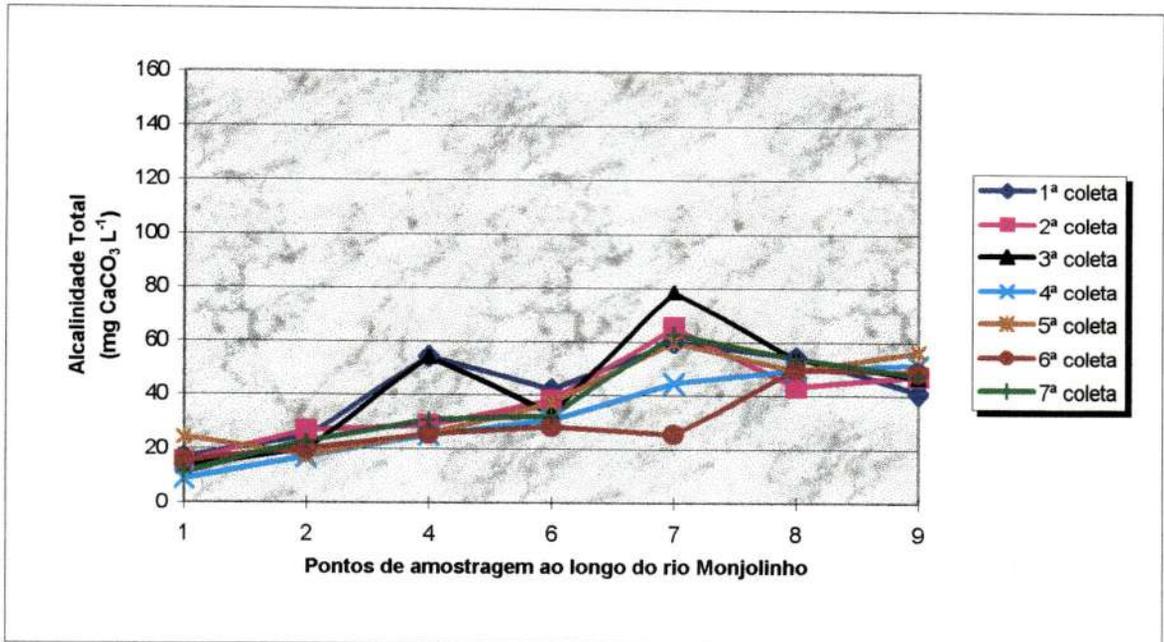


FIGURA 4a: Alcalinidade total nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

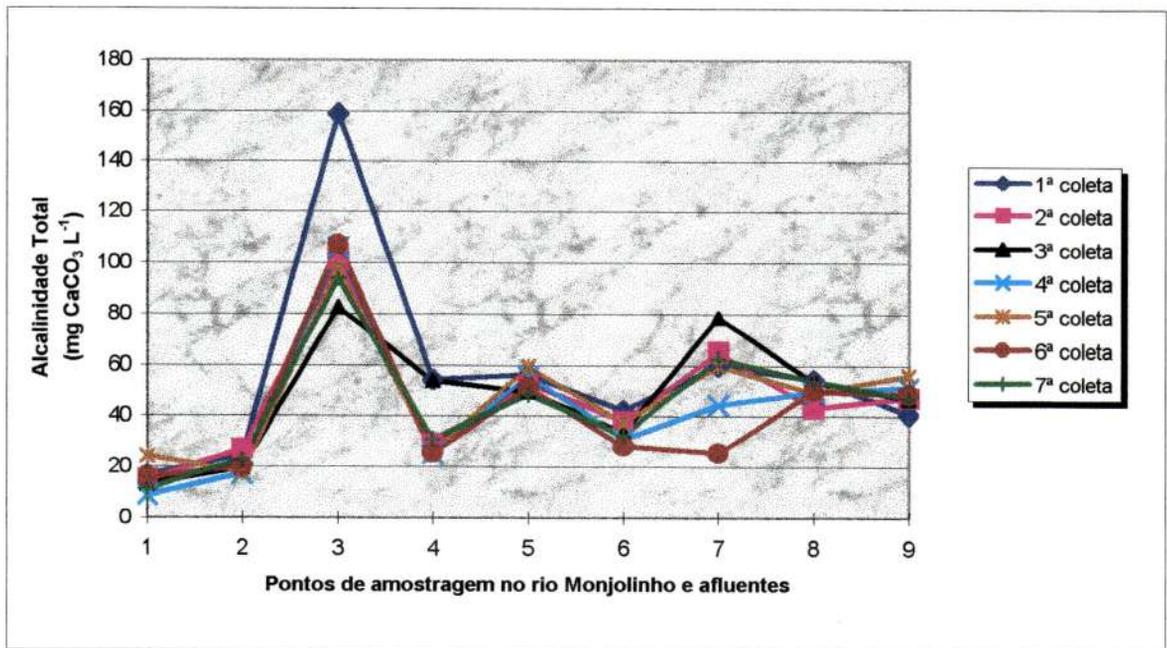


FIGURA 4b: Alcalinidade total nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e afluentes

6.1.5 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA ÁGUA

A condutividade elétrica refere-se à capacidade que uma solução aquosa possui de conduzir corrente elétrica. É portanto, uma variável que indica a carga iônica da amostra, dependendo não só da concentração da substância ionizada, como também da temperatura. Além disto, varia com a mobilidade, a valência e com a concentração real e relativa de cada íon.

Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, os carbonatos, os sulfatos e os cloretos.

O valor da condutividade elétrica da água pode ser utilizado, com muito critério, como um indicador geral de nível trófico ou para caracterizar indícios de poluição, apesar desta medida não discriminar os elementos que a produzem e os que estão em solução.

Suas fontes em geral são substâncias iônicas dissolvidas na água provenientes de constituintes naturais ou por processos de lavagem de solos, intemperismo, decomposição orgânica, precipitação pluviométrica e influências antrópicas.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 5a apresenta os resultados obtidos para a condutividade elétrica nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 5b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de condutividade elétrica nos pontos de coleta do rio Monjolinho

variaram de $8,6 \mu\text{S cm}^{-1}$ (ponto 4 - 7ª coleta) a $264,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 5a e TABELA 5 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) de condutividade elétrica nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva, foram respectivamente de $29,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 2,8 - ponto 1) e $136,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 101,6 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de $27,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 5,1 - ponto 1) e $189,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 67,2 - ponto 7), TABELA 5.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho estudados, observa-se que a condutividade elétrica mínima e máxima, obtida para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de $25,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $372,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ (7ª e 1ª coletas - ponto 3) e $12,8 \mu\text{S cm}^{-1}$ a $178,0 \mu\text{S cm}^{-1}$ (7ª e 1ª coletas - ponto 5), FIGURA 5b e TABELA 5 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de $231,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 182,7 - ponto 3) e $113,2 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 88,2 - ponto 5), e para o período de seca observa-se os valores de $264,3 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 38,2 - ponto 3) e $148,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ (S= 7,7 - ponto 5), TABELA 5.1 (ANEXO 1).

Para a condutividade elétrica da água foram observados valores baixos no ponto 1 em relação aos outros pontos de coleta, tanto no período de chuva, quanto no período de seca, o que pode talvez ser explicado pela influência de águas subterrâneas (geralmente pobres em eletrólitos), pelo baixo poder erosivo da vazão e pela preservação das margens cobertas pela mata ciliar.

Em geral, principalmente nos pontos 7, 8 e 9, a condutividade elétrica da água apresentou valores altos e

baixa concentração de oxigênio dissolvido, demonstrando nestes pontos que, possivelmente, a carga orgânica alóctone era elevada e que o oxigênio dissolvido foi consumido na sua oxidação pela comunidade microbiana. Este fato também foi observado por SÉ (1992) e GUERESCHI (1995), para este mesmo ecossistema.

Os dados médios de condutividade elétrica da água, com exceção dos pontos 1 e 2, apresentaram padrão de sazonalidade, com as maiores concentrações no período de seca, provavelmente pela menor diluição dos efluentes urbanos e principalmente pela entrada do córrego do Tijuco Preto e córrego do Gregório, para os quais foram obtidos valores bem mais elevados em relação aos observados para o rio Monjolinho.

Os picos verificados nos pontos 3 (córrego do Tijuco Preto), 5 (córrego do Gregório) e 7 (Rio Monjolinho), são decorrentes da presença, principalmente, de efluentes industriais no ponto 3, de esgoto sanitário no ponto 5 e de efluentes industriais e esgoto sanitário no ponto 7.

Em se tratando de água para irrigação, os valores obtidos para condutividade elétrica situaram-se dentro do nível máximo permitido ($>700\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando que esta pode ser utilizada para este fim, sem nenhuma restrição.

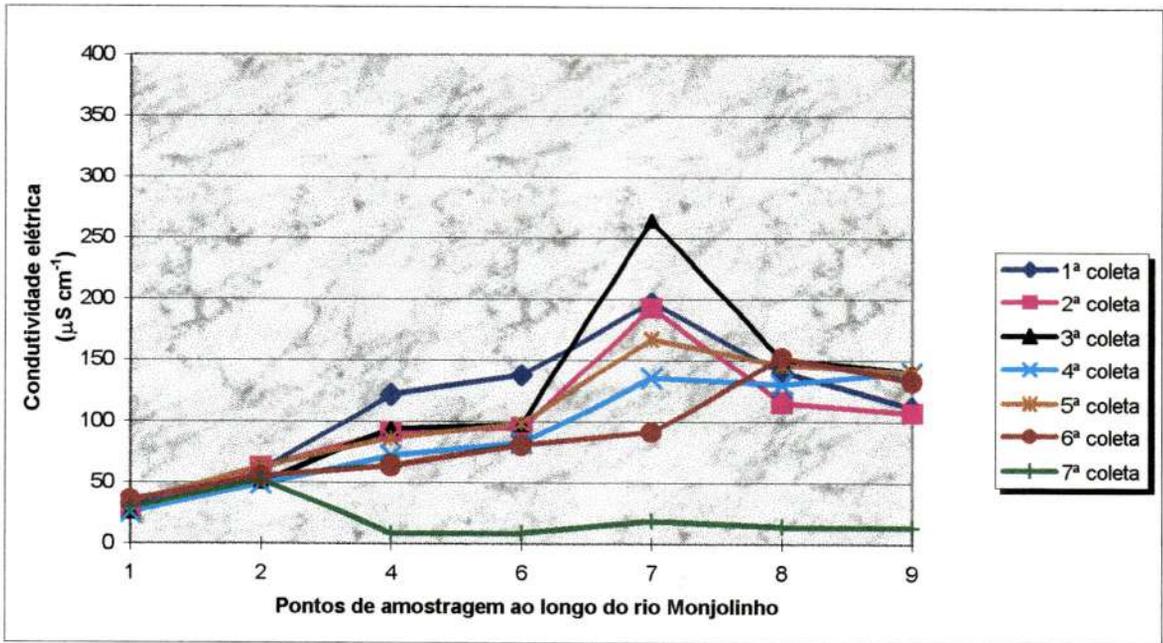


FIGURA 5a: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

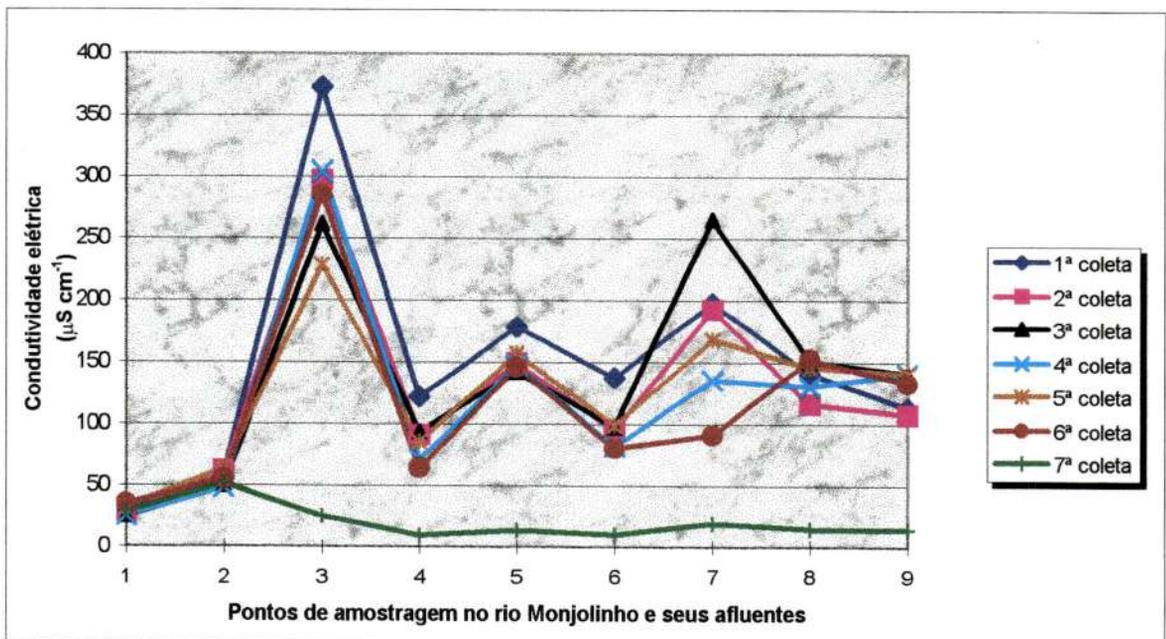


FIGURA 5b: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem

6.1.6 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) DA ÁGUA

Entende-se por DBO a quantidade de oxigênio consumido durante a degradação bioquímica da matéria orgânica (demanda carbonácea), juntamente com o oxigênio utilizado na oxidação de produtos inorgânicos em um certo período de tempo, e também com o oxigênio utilizado para oxidar formas reduzidas de nitrogênio (demanda nitrogenada) pelo metabolismo de microrganismos aeróbios, que promovem a estabilização desta matéria orgânica.

A DBO esta associada geralmente ao nível trófico de um ecossistema aquático, seja este lótico ou lântico. Alguns dos fatores que podem influenciar esta demanda são a temperatura, turbulência, a população biológica envolvida no processo, a concentração de matéria orgânica e lançamento de resíduos industriais e esgoto sanitário.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 6a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 6b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores da DBO nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 1 mg O₂ L⁻¹ (pontos 1 e 2) a 118 mg O₂ L⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 6a e TABELA 6 - ANEXO 1.

Os valores médios da DBO mínimo e máximo nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva, foram respectivamente, de 1 mg O₂ L⁻¹ (S=0 - ponto 1) e 56 mg O₂ L⁻¹ (S=13 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 1 mg O₂ L⁻¹ (S=1 - ponto 1) e 88 mg O₂ L⁻¹ (S=28 - ponto 7), TABELA 6.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que os valores da DBO mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 2 mg O₂ L⁻¹ a 12 mg O₂ L⁻¹ (2ª e 4ª coletas - ponto 3) e 5 mg O₂ L⁻¹ a

24 mg O₂ L⁻¹ (2ª e 1ª coletas - ponto 5), FIGURA 6b e TABELA 6 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 5 mg O₂ L⁻¹ (S=3 - ponto 3) e 15 mg O₂ L⁻¹ (S=10 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 9 mg O₂ L⁻¹ (S=3 - ponto 3) e 7 mg O₂ L⁻¹ (S=2 - ponto 5), TABELA 6.1 (ANEXO 1).

Para o ponto 1, foram obtidos os menores valores para a DBO, estando os mesmos dentro da concentração estabelecida pela Resolução CONAMA 20/86 (< 3 - classe 1) tanto no período de seca, quanto no período de chuva, indicando que neste ponto é onde se encontra a melhor qualidade de água entre todos os pontos estudados, em termos da presença de matéria orgânica. Já no ponto 7 a qualidade da água cai drasticamente, devido ao lançamento de esgoto sanitário e industrial.

Observando-se os resultados ao longo do rio Monjolinho, nota-se que a qualidade da água, em relação à matéria orgânica, decresce do ponto 1 até o ponto 7. Após este ponto inicia-se um processo de recuperação, provavelmente pela entrada de afluentes como o córrego da Água Quente e da Água Fria, com melhores qualidades de água, como observou SANTOS (1993) em estudo realizado nestes córregos.

Assim como SALAMI (1996), neste trabalho também não foi possível verificar uma relação direta entre a temperatura da água e a DBO. Isto pode ter ocorrido devido à presença de trechos com corredeiras (maior turbulência, com troca de calor com a atmosfera) e pela mistura das águas do rio com a água dos afluentes.

Os valores da DBO no ponto 7, em todos os períodos estudados, podem ser comparados aos encontrados em lagoas de estabilização (30-280 mg L⁻¹), como também observou GUERESCHI (1995). Este fato justifica-se, pois antes da remoção da barragem da CPFL, este ponto funcionava como uma "lagoa de estabilização" para praticamente todo o esgoto da cidade de São Carlos.

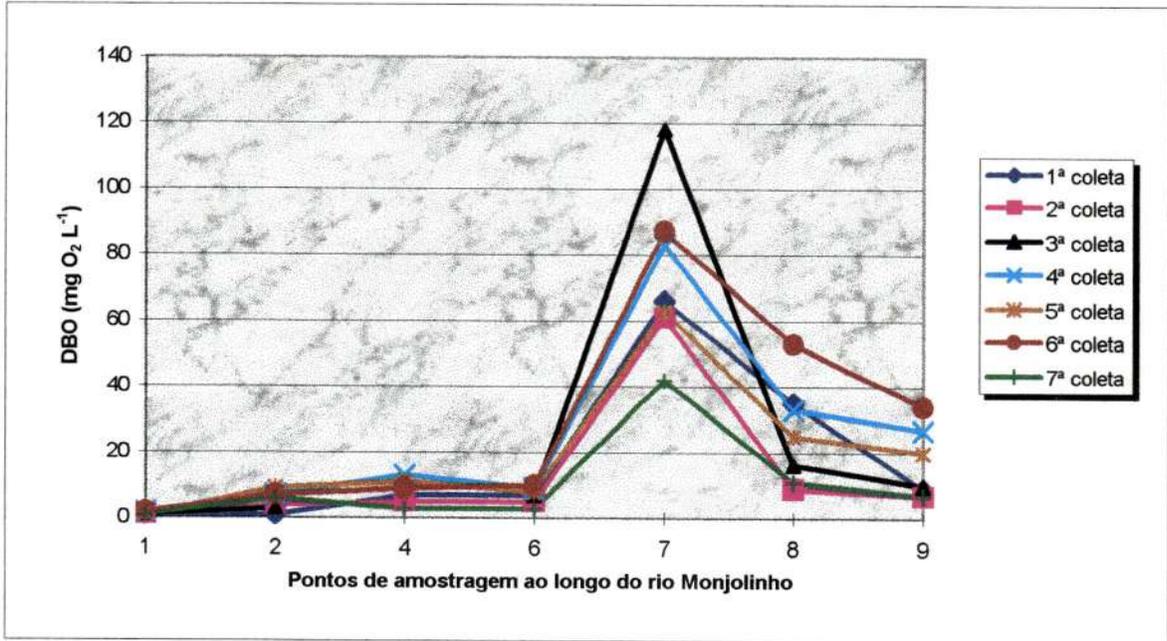


FIGURA 6a: Demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

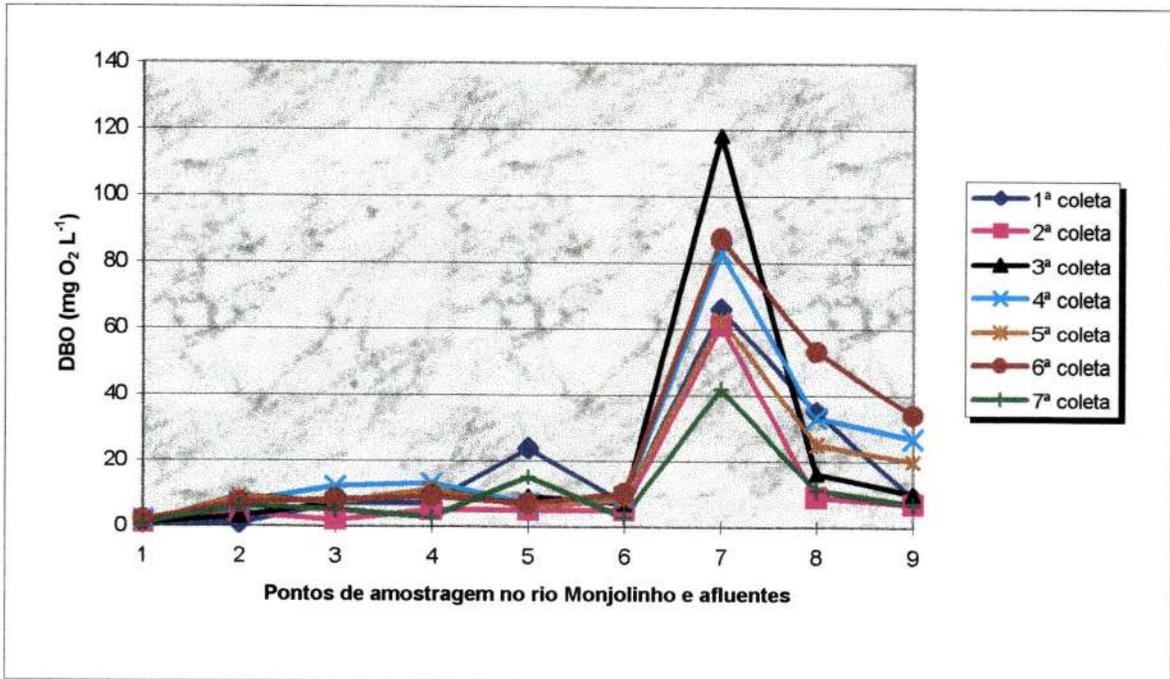


FIGURA 6b: Demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem

6.1.7 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) DA ÁGUA

Entende-se por DQO a quantidade de oxigênio necessária para a estabilização química da matéria orgânica.

Assim como a DBO, esta variável também está associada à qualidade das águas. Os principais fatores que podem influenciar esta demanda são as influências antropogênicas (lançamentos industriais e domésticos), influências naturais (carreamento por chuvas de compostos de áreas adjacentes que demandam oxigênio para sua estabilização), a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos, revolvimento do sedimento de fundo e a turbulência.

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Na FIGURA 7a são apresentados os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e na FIGURA 7b os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores da DQO nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de não detectados (pontos 1 - 1ª, 4ª e 6ª coletas) a 221 mg O₂ L⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 7a e TABELA 7 - ANEXO 1.

Os valores médios da DQO mínimo e máximo nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 12 mg O₂ L⁻¹ (S=13 - ponto 6) e 117 mg O₂ L⁻¹ (S=9 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 7 mg O₂ L⁻¹ (S=3 - ponto 1) e 128 mg O₂ L⁻¹ (S=81 - ponto 7), TABELA 7.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados obtidos para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que os valores da DQO mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de valor não detectado a 25 mg O₂ L⁻¹ (6ª e 5ª coletas - ponto 3) e de valor não detectado a 30 mg O₂ L⁻¹ (4ª e 5ª coletas - ponto 5), FIGURA 7b e TABELA 7 - ANEXO 1. Com relação aos valores

médios no período da chuva, observa-se os valores de 9 mg O₂ L⁻¹ (S=12 - ponto 3) e 14 mg O₂ L⁻¹ (S=0 - ponto 5), para o período de seca observa-se os valores de 19 mg O₂ L⁻¹ (S=7 - ponto 3) e 24 mg O₂ L⁻¹ (S=9 - ponto 5), TABELA 7.1 (ANEXO 1).

O aumento no valor da demanda química de oxigênio diminuiu as concentrações de oxigênio dissolvido. Os maiores valores da demanda química de oxigênio foram obtidos para o ponto 7 e as menores concentrações no ponto 1, como também foi verificado nos resultados da DBO. A concentração obteve um pico a partir do ponto 7 onde são aportados grandes variedades de compostos, tanto orgânicos quanto inorgânicos, permanecendo no ponto 8 e tendendo a diminuir no ponto 9, indicando uma pequena melhora na qualidade da água em relação à demanda química de oxigênio quando este caminha para a sua foz, pouco antes do seu encontro com o rio Jacaré-Guaçu (cerca de 200 m). Este processo de recuperação ocorre devido à entrada de afluentes com melhor qualidade de água, fato este que corrobora o observado por SALAMI (1996) em estudo anteriormente realizado nas águas do rio Monjolinho.

SALAMI (1996), observou que o rio Monjolinho apresentava aumento nos valores da demanda química de oxigênio a partir da entrada das águas do córrego do Tijuco Preto. Este fato não foi corroborado por este estudo, provavelmente não só pelo baixo valor de demanda deste afluente, mas também pela diluição dos despejos pela precipitação pluviométrica (mês de fevereiro) e a alta vazão neste período.

Baseado na Resolução CONAMA 20/86, o principal fator que influenciou na alteração da qualidade das águas do rio Monjolinho parece ter sido a presença de matéria orgânica, aliada à presença também de metais na água, principalmente chumbo e cádmio, proveniente de efluentes industriais detectados nas amostras obtidas na 1ª coleta e na 4ª coleta (período de seca).

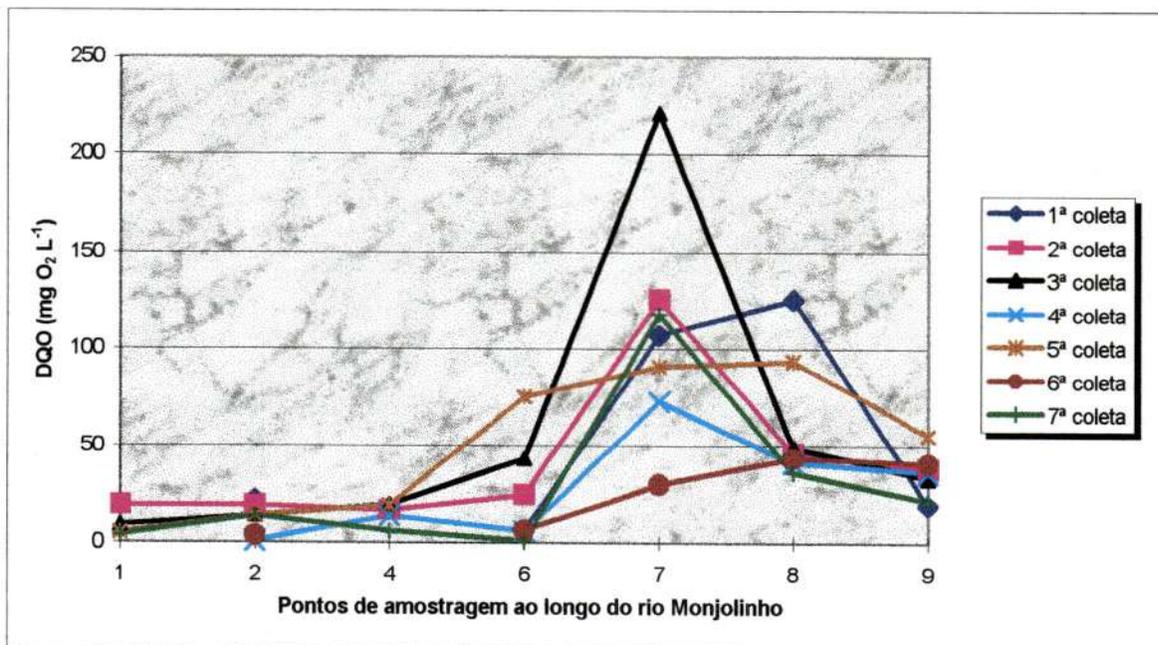


FIGURA 7a: Demanda química de oxigênio nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

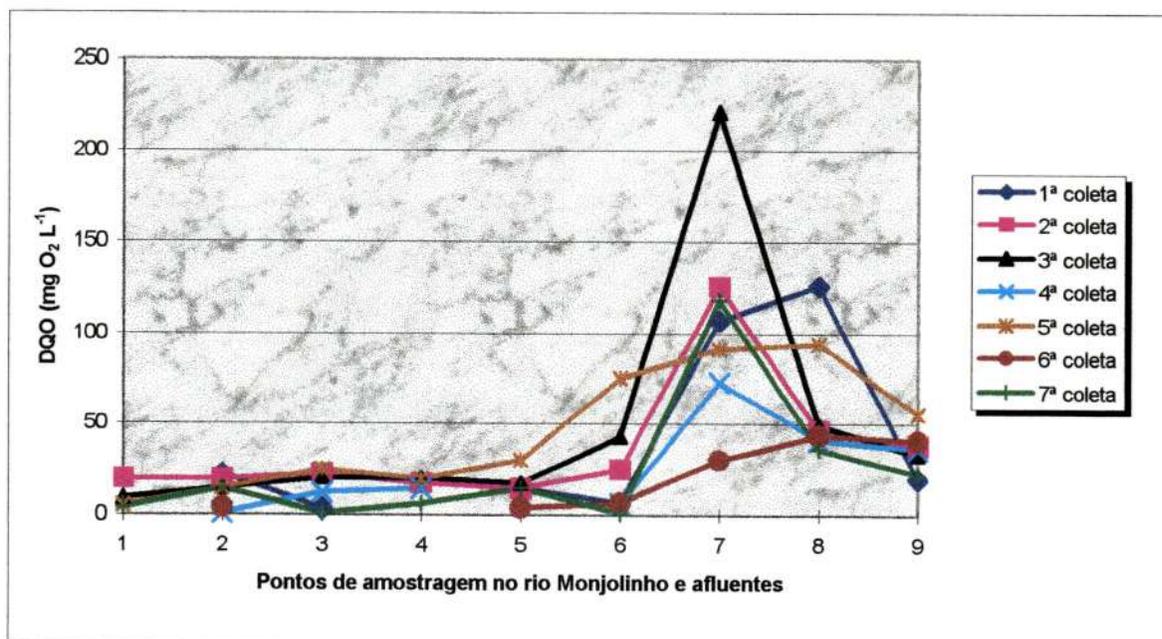


FIGURA 7b: Demanda química de oxigênio nos pontos de amostragem

TRANSPARÊNCIA E TURBIDEZ DA ÁGUA

As variáveis transparência e turbidez estão diretamente ligadas aos sólidos presentes no ecossistema, variando de acordo com a concentração e o tipo de sólido. A transparência da água depende principalmente da quantidade de partículas em suspensão, que podem ser orgânicas ou inorgânicas. A turbidez decorrente, tem como principais conseqüências as reduções da atividade fotossintética.

Os fatores que podem influenciar estas variáveis estão ligados tanto a processos naturais quanto antrópicos, como a precipitação pluviométrica, descartes industriais, lançamento de esgoto sanitário, vazão, constituição do sedimento de fundo, profundidade e ventos (sistemas rasos).

Estas variáveis influenciam diretamente a concentração e a diversidade específica dos organismos presentes, pois possuem a capacidade de limitar a zona eufótica e influenciar a taxa fotossintética. Quando a turbidez é gerada pela presença de organismos vivos (fitoplâncton) ela pode ser correlacionada à concentração de clorofila e à transparência, funcionando como um índice de produtividade aquática e do processo de eutrofização.

6.1.8 - TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA

A FIGURA 8a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 8b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. A transparência da água nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 1,00 m (ponto 9 - 1ª coleta) a 0,10 m (ponto 1 - 4ª coleta e ponto 7 - 3ª e 6ª coletas), FIGURA 8a e TABELA 8 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) para a transparência da água nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 0,19 m (S= 0,05 - ponto 1) e 0,60 m (S= 0,36 - ponto 9). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,12 m (S= 0,03 - ponto 1) e 0,55 m (S= 0,03 - ponto 2), TABELA 8.1 (ANEXO 1.)

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, verifica-se que as transparências, mínima e máxima da água, obtida para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 0,22 m a 0,82 m (6ª e 7ª coletas - ponto 3) e 0,20 m a 0,90 (3ª e 6ª coletas - ponto 5), FIGURA 8b e TABELA 8 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 0,47 m (S= 0,30 - ponto 3) e 0,38 m (S= 0,13 - ponto 5), para o período de seca observa-se os valores de 0,30 m (S= 0,03 - ponto 3) e 0,30 (S= 0,09 - ponto 5), TABELA 8.1 (ANEXO 1).

6.1.9 - TURBIDEZ DA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Com relação aos valores obtidos para turbidez da água, os resultados para os pontos de coleta no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 9a e TABELA 9 - ANEXO 1, onde se pode verificar que os valores de turbidez mínima e máxima obtidos, foram respectivamente, 8 NTU (ponto 6 - 4ª coleta e ponto 4 - 5ª coleta) e 267 NTU (ponto 7 - 7ª coleta). A FIGURA 9b, assim como a TABELA 9 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos para o rio Monjolinho e os afluentes estudados, ponto 3 no córrego do Tijuco Preto e ponto 5 no córrego do Gregório. Os valores mínimos e máximos obtidos para estes afluentes foram 4 NTU (2ª e 5ª coletas) a

35 NTU (1ª coleta - ponto 3) e 5 NTU (4ª coleta) a 78 NTU (7ª coleta - ponto 5)

Os valores médios (mínimo e máximo) para a turbidez da água nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, 22 NTU (S= 10 - ponto 4) e 123 NTU (S= 125 - ponto 7). No período da seca os valores foram, respectivamente, 9 NTU (S= 1 - ponto 6) e 36 NTU (S= 21 - ponto 7), TABELA 9.1 (ANEXO 1).

Para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5), foram obtidos os seguintes valores médios no período de chuva: 15 NTU (S= 17 - ponto 3) e 32 NTU (S= 40 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 6 NTU (S= 2 - ponto 3) e 7 NTU (S= 3 - ponto 5), TABELA 9.1 (ANEXO 1).

A turbidez das águas do rio Monjolinho foi maior na coleta referente ao período de chuvas e transição, principalmente pelo tipo e revolvimento do sedimento de fundo e carreamento de maior quantidade de material alóctone. A mesma resposta foi obtida para a medida da transparência da água.

Os valores de turbidez estiveram dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 20/86 (< 40 - classe 1), exceto para os pontos 7, 8 e 9 no período de chuva.

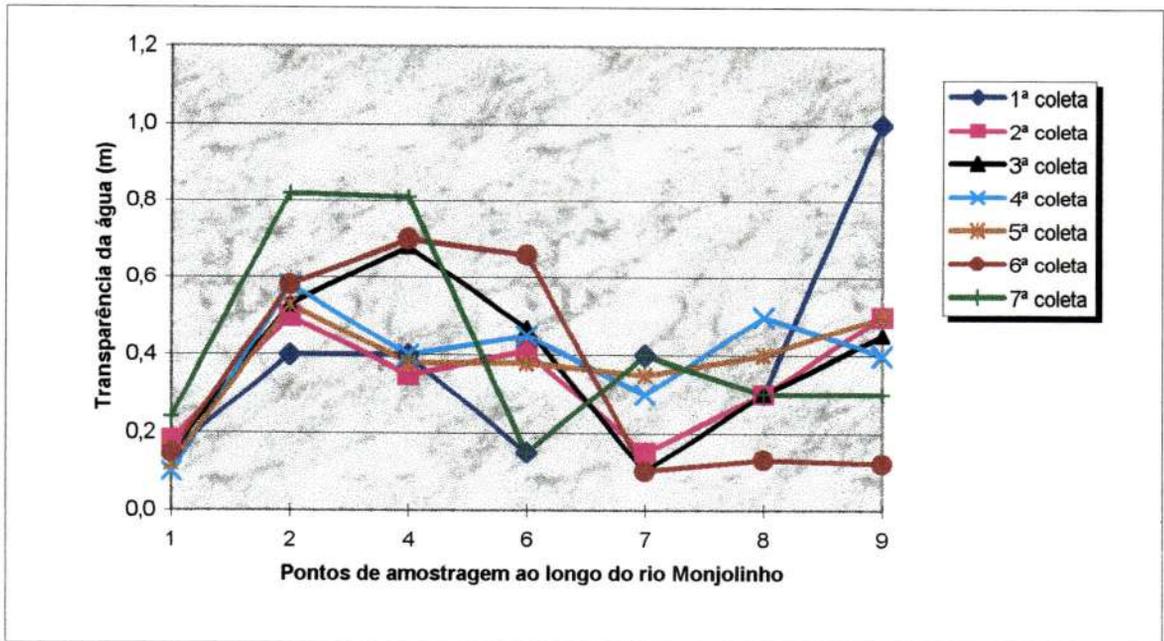


FIGURA 8a: Variação da transparência da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

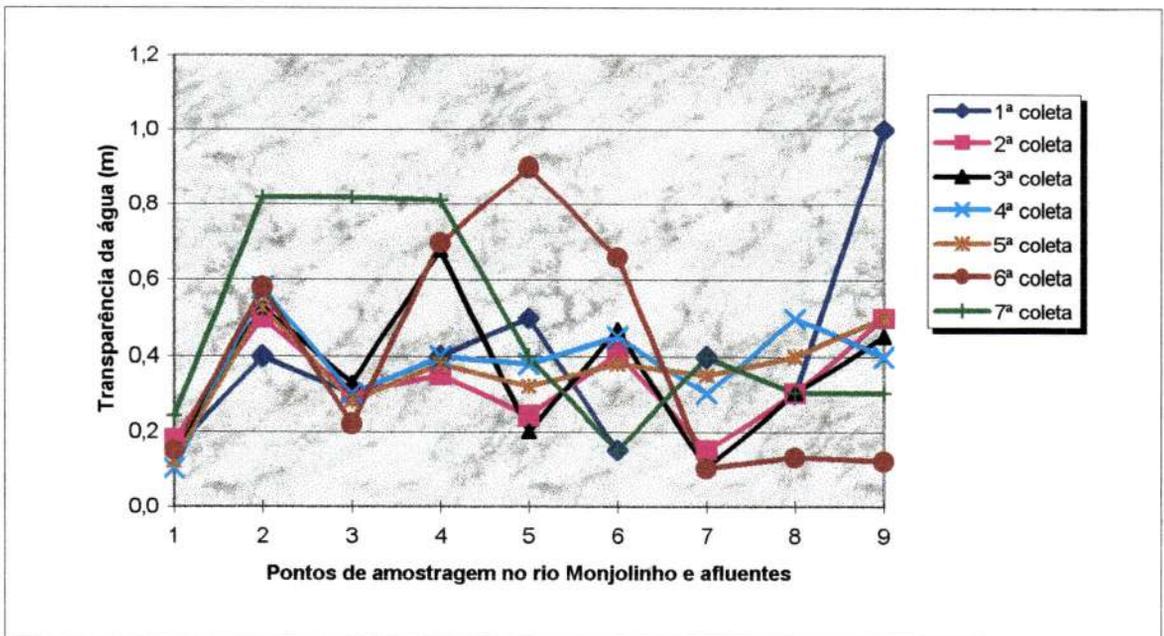


FIGURA 8b: Variação da transparência da água nos pontos de amostragem

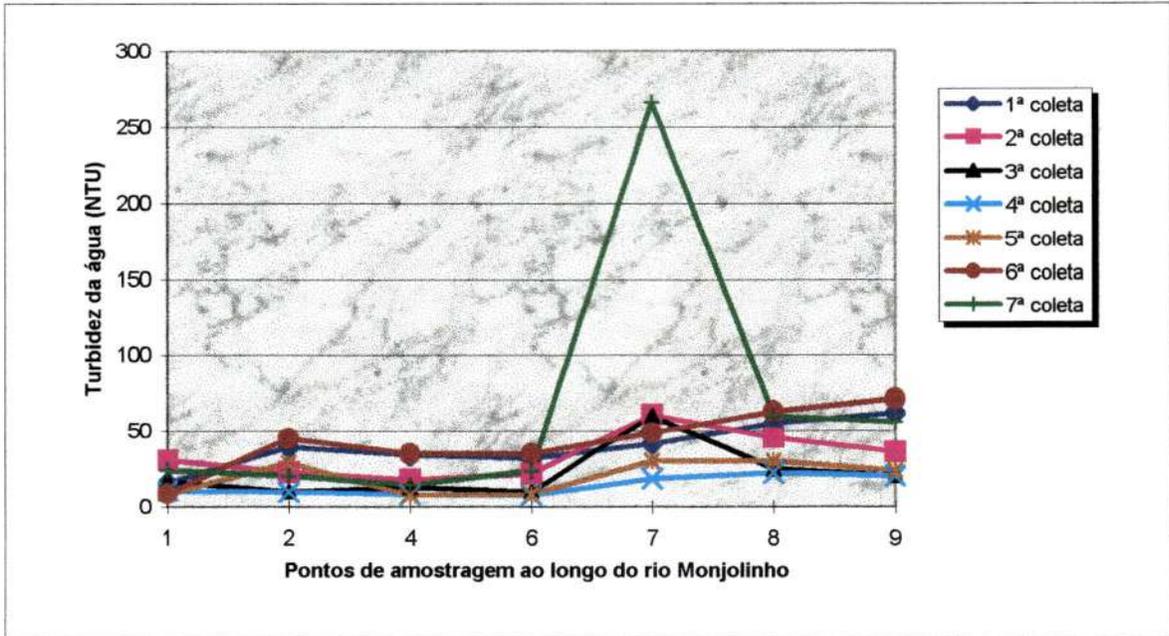


FIGURA 9a: Variação da turbidez da água nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

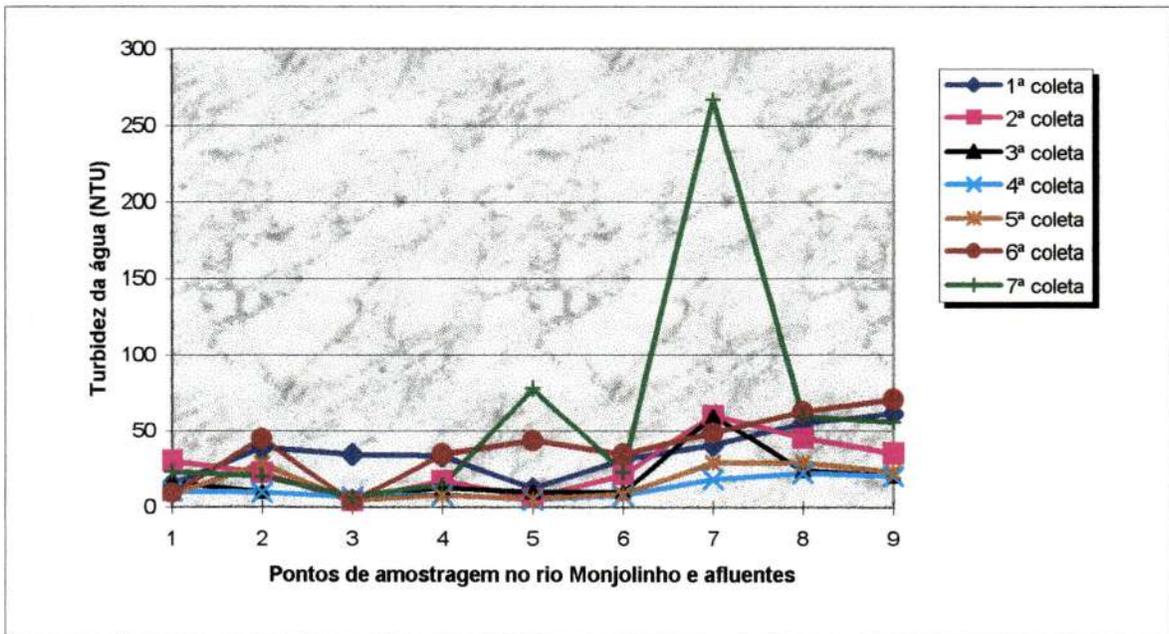


FIGURA 9b: Variação da turbidez da água nos pontos de amostragem

SÉRIE DE SÓLIDOS

Os sólidos possuem importante papel em estudos de ecossistemas aquáticos. São, em alguns casos, os maiores responsáveis pela regulação e limitação da penetração de luz (sólidos suspensos), podendo também interferir na concentração de oxigênio e na condutividade elétrica, contendo nutrientes e poluentes (partículas de metais).

A concentração de sólidos nos ecossistemas lóticos está ligada a inúmeros fatores, dentre eles a precipitação pluviométrica, regiões de corredeiras, alteração nas margens, desmatamento de áreas vizinhas e constituição do solo.

Quanto às principais fontes de sólidos, as mais importantes são os processos de erosão, lixiviação, escoamento superficial de áreas marginais e fontes antrópicas.

Os sólidos podem possuir origem orgânica ou inorgânica, serem suspensos (incluindo a forma sedimentável) ou dissolvidos. As espécies de sólidos também se apresentam na forma fixa ou volátil

6.1.10 - SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 10a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 10b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os sólidos sedimentáveis nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0 mL L⁻¹ a 1,4 mL L⁻¹ (ponto 8 - 3ª coleta), FIGURA 10a e TABELA 10 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) para os sólidos sedimentáveis nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, de 0,1 mL L⁻¹ (S= 0,1 - ponto 1, 2 e 6) e 0,7 mL L⁻¹ (S= 0,6 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0 mL L⁻¹ (S= 0 e 0,1 - ponto 1 e 6) e 0,8 mL L⁻¹ (S= 0,5 - ponto 8), TABELA 10.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, observa-se que os sólidos sedimentáveis mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 0 mL L⁻¹ a 3,0 mL L⁻¹ (ponto 3) e 0 mL L⁻¹ a 0,6 mL L⁻¹ (ponto 5), FIGURA 10b e TABELA 10 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 1,0 mL L⁻¹ (S= 1,7 - ponto 3) e 0,1 mL L⁻¹ (S= 0,1 - ponto 5), para o período de seca observa-se os valores de 0,1 mL L⁻¹ (S= 0,2 - ponto 3) e 0,3 mL L⁻¹ (S= 0,3 - ponto 5), TABELA 10.1 (ANEXO 1).

Os sólidos sedimentáveis sempre foram maiores nos pontos 7, 8 e 9 tanto no período de seca quanto no período de chuvas, demonstrando que estes sólidos estão mais ligados à influência antrópica que natural, devido à entrada de efluentes de origem basicamente doméstica. No ponto 3 de coleta, observa-se um pico acentuado no período de chuvas, decorrente não só do esgoto sanitário lançado neste rio, mas também do lançamento de efluente industrial oriundo da fabricação de tapetes.

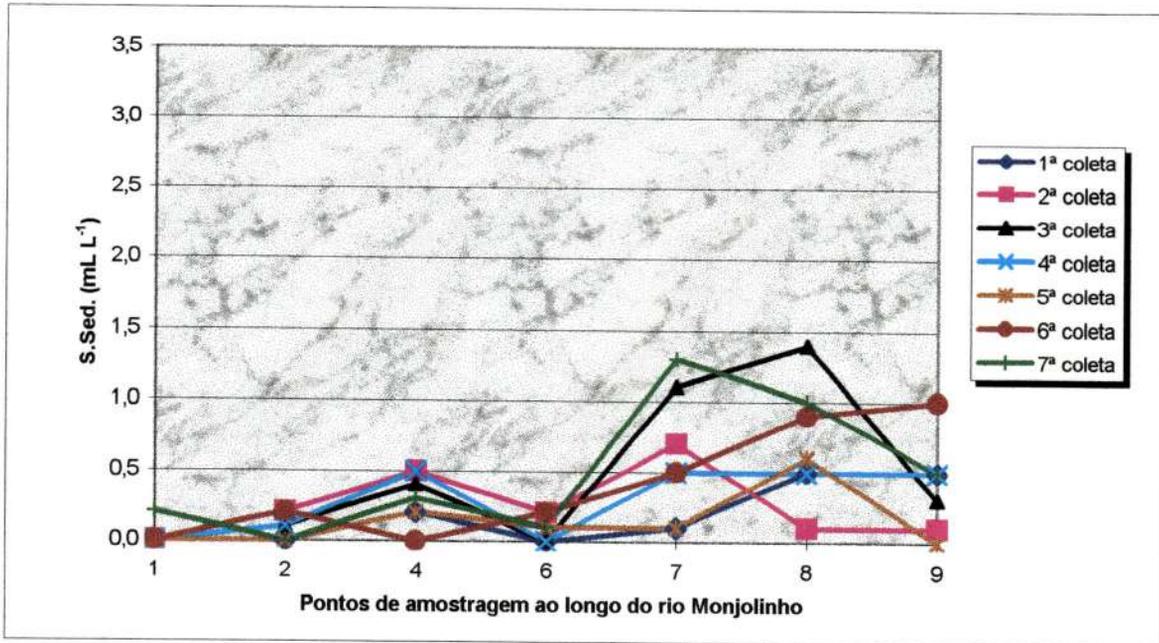


FIGURA 10a: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

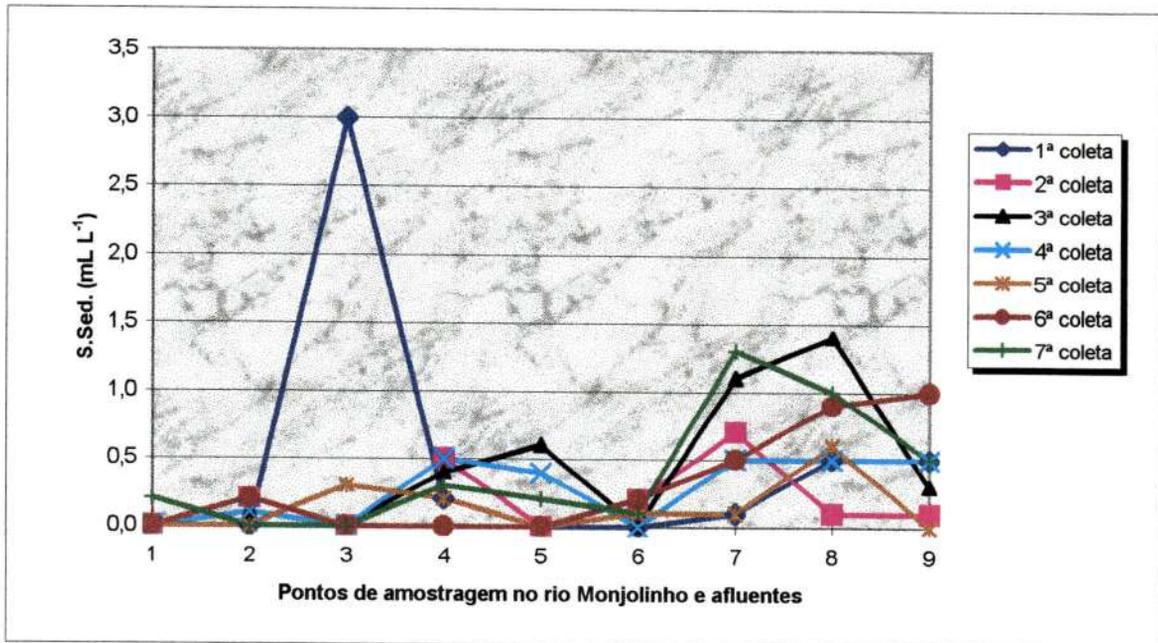


FIGURA 10b: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem

6.1.11 - SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Com relação aos valores obtidos para sólidos suspensos totais, os resultados para os pontos de coleta no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 11a e TABELA 11 - ANEXO 1, onde se pode verificar que os valores dos sólidos suspensos totais mínimo e máximo obtidos foram, respectivamente, 2 mg L⁻¹ (ponto 1, 2, 4 e 6 - 2ª coleta e ponto 1 - 4ª coleta) e 270 mg L⁻¹ (ponto 7 - 7ª coleta). A FIGURA 11b e a TABELA 11 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos para os afluentes estudados, o ponto (3) no córrego do Tijuco Preto e o ponto (5) no córrego do Gregório. Os valores mínimos e máximos obtidos para estes afluentes foram de 1 mg L⁻¹ (2ª e 6ª coletas) a 79 mg L⁻¹ (1ª coleta - ponto 3) e 1 mg L⁻¹ (2ª coleta) a 35 mg L⁻¹ (7ª coleta - ponto 5)

Os valores médios (mínimo e máximo) para os sólidos suspensos totais nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 13 mg L⁻¹ (S= 14 e 11 - ponto 1 e 2) e 110 mg L⁻¹ (S= 141 - ponto 7). No período da seca os valores foram, respectivamente, de 3 mg L⁻¹ (S= 1 - ponto 1) e 36 mg L⁻¹ (S= 6 - ponto 8), TABELA 11.1 (ANEXO 1).

O ponto (3) e o ponto (5), apresentam os seguintes valores médios no período de chuva: 28 mg L⁻¹ (S= 44 - ponto 3) e 16 mg L⁻¹ (S= 17 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 10 mg L⁻¹ (S= 7 - ponto 3) e 13 (S= 8 - ponto 5), TABELA 11.1 (ANEXO 1).

6.1.12 - SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Analisando-se na FIGURA 12a e TABELA 12 - ANEXO 1 os resultados obtidos para os sólidos suspensos fixos nos pontos de coleta do rio Monjolinho, observa-se que o valor mínimo obtido foi de 1 mg L^{-1} (pontos 1, 2 e 6) e o máximo de 217 mg L^{-1} (ponto 7 - 7ª coleta). A FIGURA 12b apresenta os resultados incluindo os dois afluentes estudados, o córrego do Tijuco Preto com os valores mínimo e máximo de sólidos suspensos fixos variando de 1 mg L^{-1} a 63 mg L^{-1} (ponto 3) e o córrego do Gregório com os valores que variaram de 1 mg L^{-1} a 19 mg L^{-1} (ponto 5).

Quanto aos valores médios encontrados no rio Monjolinho no período da chuva, observa-se uma variação de 10 mg L^{-1} (S= 12 e 9 - ponto 1 e 2) a 79 mg L^{-1} (S= 120 - ponto 7); no período da seca os resultados variaram de 2 mg L^{-1} (S= 1 - ponto 1) a 19 mg L^{-1} (S= 11 e 5 - pontos 7 e 9), TABELA 12.1 (ANEXO 1).

Nos afluentes estudados (TABELA 12.1 - ANEXO 1), os resultados médios obtidos foram de 22 mg L^{-1} (S= 35 - chuva) e 5 mg L^{-1} (S= 5 - seca) no córrego do Tijuco Preto (ponto 3), e no córrego do Gregório (ponto 5) de 8 mg L^{-1} (S= 10 - chuva) e 5 (S= 2 - seca).

6.1.13 - SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Com relação aos valores obtidos para sólidos suspensos voláteis, os resultados para os pontos de coleta no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 13a e TABELA 13 - ANEXO 1, onde se pode verificar que os valores dos sólidos suspensos voláteis mínimo e máximo obtidos foram respectivamente de 1 mg L^{-1} (ponto 1, 2, 6, 8 e 9 - 2ª coleta e ponto 1 - 4ª coleta) e 167 mg L^{-1} (ponto 7 - 7ª coleta). A FIGURA 13b, assim como a TABELA 13 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos para o rio Monjolinho e os afluentes

estudados, ponto 3 no córrego do Tijuco Preto e ponto 5 no córrego do Gregório. Os valores mínimo e máximo obtidos para estes afluentes foram de 0 mg L⁻¹ (2^a e 6^a coletas) a 116 mg L⁻¹ (7^a coleta - ponto 3) e 0 mg L⁻¹ (2^a coleta) a 141 mg L⁻¹ (7^a coleta - ponto 5)

Os valores médios (mínimo e máximo) para os sólidos suspensos voláteis nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 11 mg L⁻¹ (S= 16 - ponto 1) e 69 mg L⁻¹ (S= 86 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 2 mg L⁻¹ (S= 1 - ponto 1) e 21 mg L⁻¹ (S= 2 - ponto 8), TABELA 13.1 (ANEXO 1).

O ponto 3 e o ponto 5, apresentam os seguintes valores médios no período de chuva: 44 mg L⁻¹ (S= 63) e 49 mg L⁻¹ (S= 80); no período de seca observa-se os valores de 5 mg L⁻¹ (S= 3) e 8 (S= 5), TABELA 13.1 (ANEXO 1).

Com relação aos sólidos suspensos, tanto fixos quanto voláteis, os pontos 7 e 8 sempre apresentaram as maiores concentrações, provavelmente pela entrada de material orgânico e inorgânico oriundo dos esgotos sanitários bruto, não só no rio Monjolinho, mas de seus afluentes. Estas considerações foram também feitas por SÉ (1992) em sua análise do material em suspensão no rio Monjolinho.

Os sólidos suspensos fixos predominaram sob os sólidos suspensos voláteis, no período de chuvas para todos os pontos de coletas. O período de seca não propiciou esta separação tão clara; pelo contrário, houve uma alternância entre a predominância das formas fixas e voláteis.

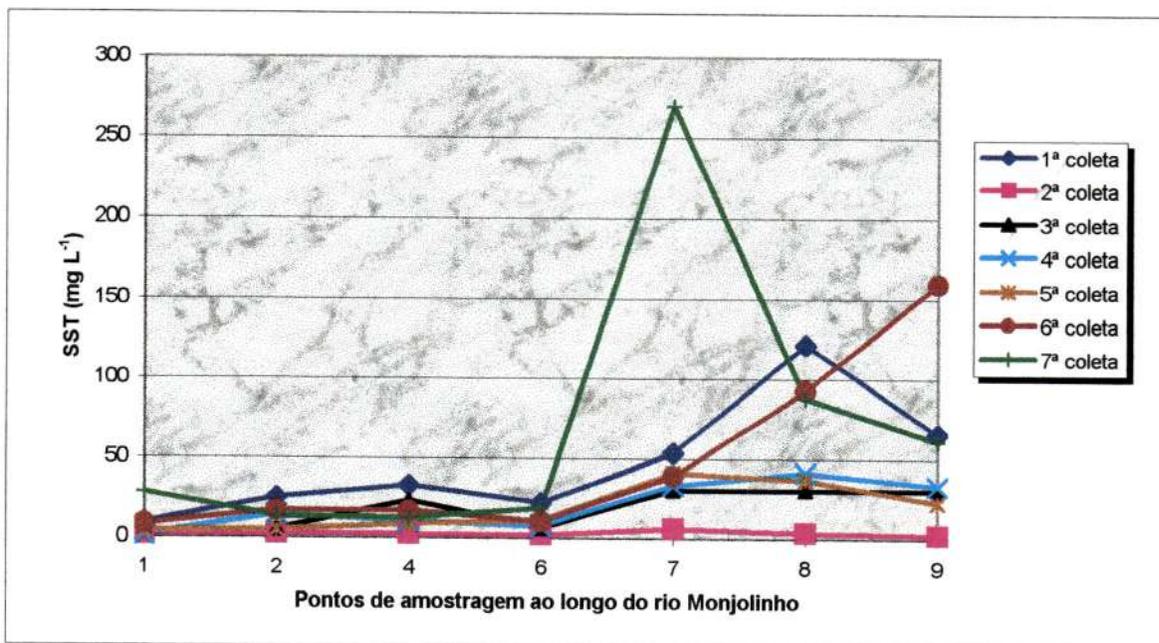


FIGURA 11a: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

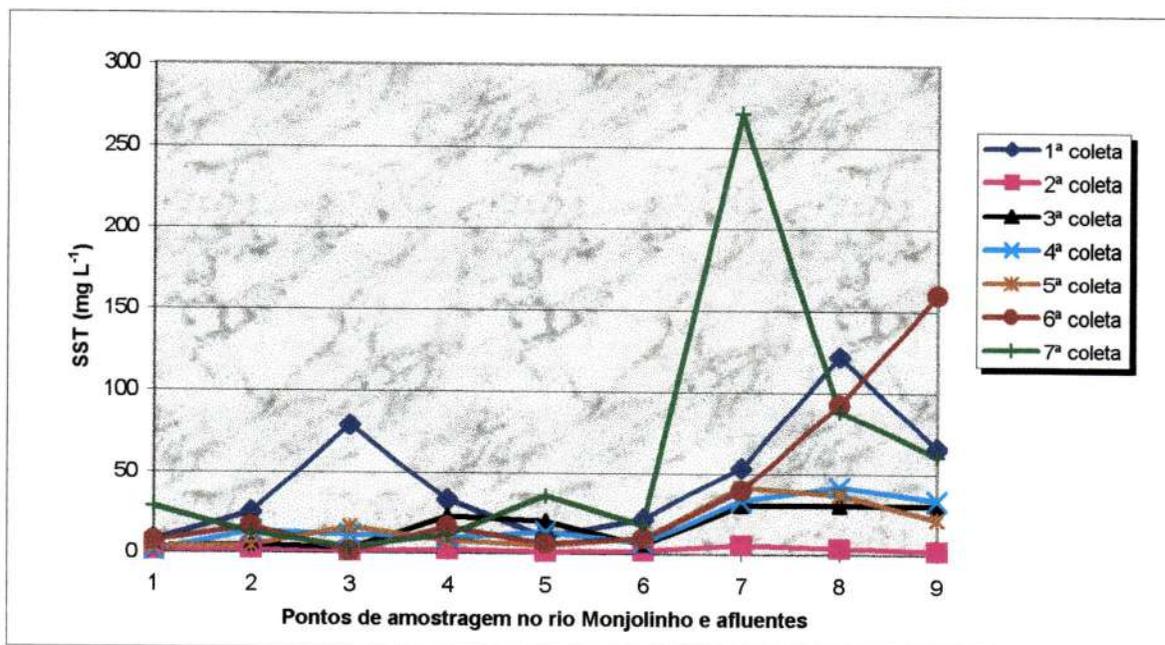


FIGURA 11b: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

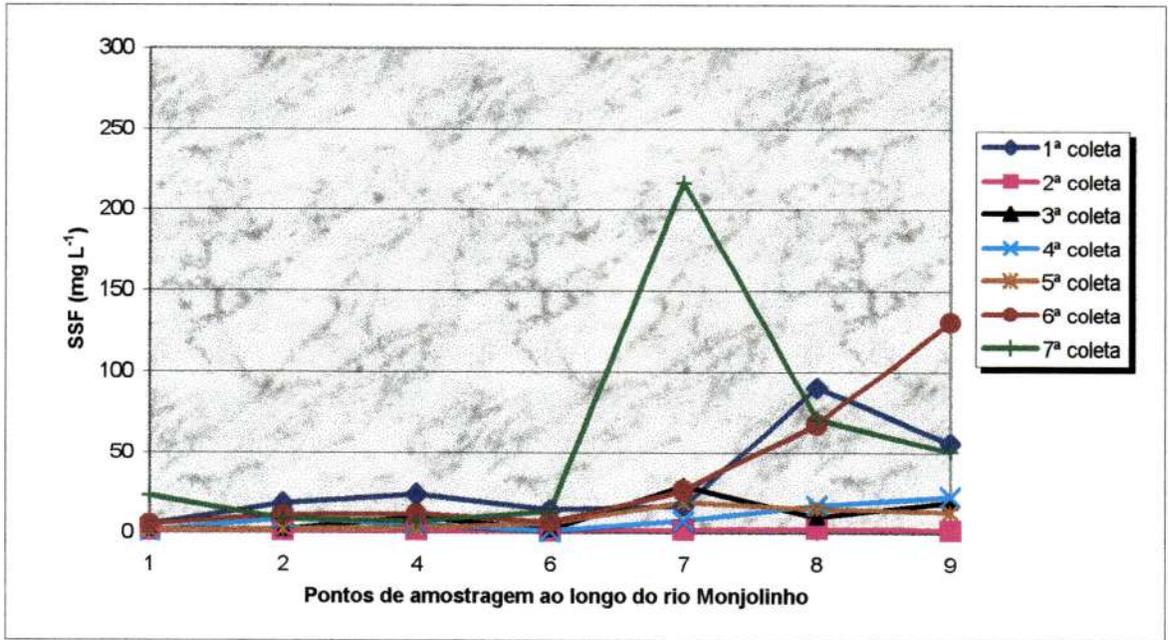


FIGURA 12a: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

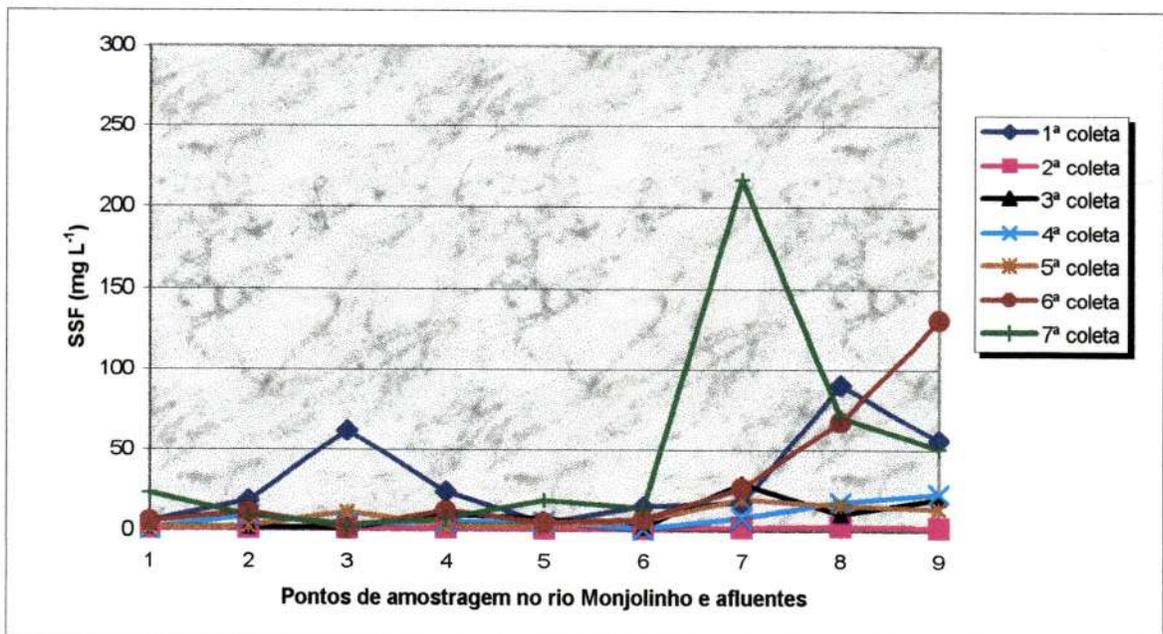


FIGURA 12b: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem

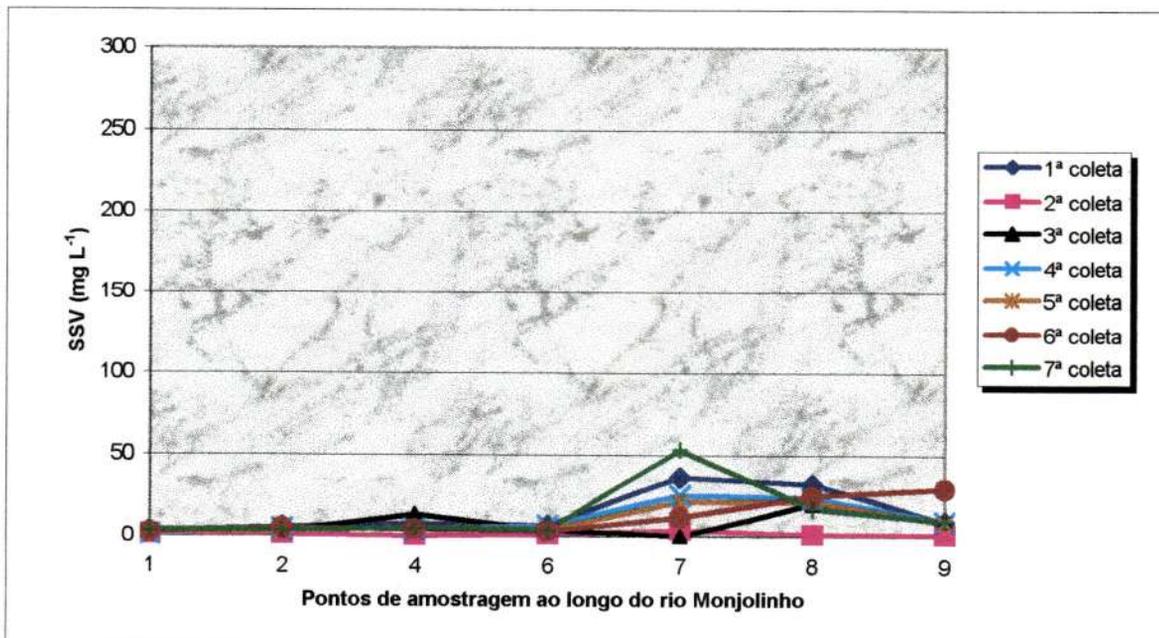


FIGURA 13a: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

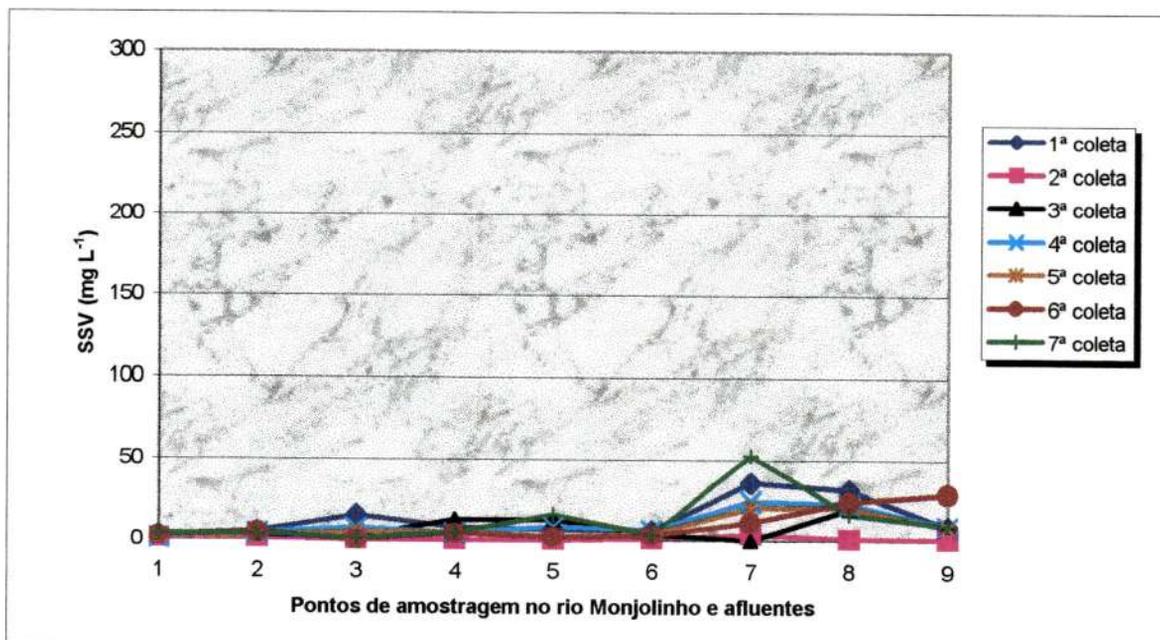


FIGURA 13b: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem

6.1.14 - SÓLIDOS TOTAIS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 14a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 14b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os sólidos totais nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 16 mg L⁻¹ a 500 mg L⁻¹ (ponto 6 e 4 - 3ª e 4ª coletas), FIGURA 14a e TABELA 14 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) para os sólidos totais nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, de 86 mg L⁻¹ (S= 26 - ponto 1) e 211 mg L⁻¹ (S= 179 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 50 mg L⁻¹ (S= 24 - ponto 1) e 235 mg L⁻¹ (S= 230 - ponto 4), TABELA 14.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, verifica-se que os sólidos totais mínimo e máximo obtido para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 137 mg L⁻¹ a 319 mg L⁻¹ (ponto 3 - 2ª e 1ª coletas) e 33 mg L⁻¹ a 189 mg L⁻¹ (ponto 5 - 2ª e 3ª coletas), FIGURA 14b e TABELA 14 (ANEXO 1). Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 222 mg L⁻¹ (S= 92 - ponto 3) e 97 mg L⁻¹ (S= 59 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 181 mg L⁻¹ (S= 20 - ponto 3) e 135 mg L⁻¹ (S= 49 - ponto 5), TABELA 14.1 (ANEXO 1).

6.1.15 - SÓLIDOS TOTAIS FIXOS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Analisando-se na FIGURA 15a e TABELA 15 - ANEXO 1 os resultados obtidos para os sólidos totais fixos nos pontos de coleta do rio Monjolinho, observa-se que o valor mínimo

obtido foi de 0 mg L⁻¹ e o máximo de 250 mg L⁻¹ (ponto 7 - 7ª coleta). A FIGURA 15b apresenta os resultados incluindo os dois afluentes estudados, o córrego do Tijuco Preto, com os valores mínimo e máximo de sólidos totais fixos variando de 21 mg L⁻¹ a 140 mg L⁻¹ (ponto 3) e o córrego do Gregório, com os valores que variaram de 0 mg L⁻¹ a 69 mg L⁻¹ (ponto 5).

Quanto aos valores médios encontrados no rio Monjolinho, observa-se uma variação de 21 mg L⁻¹ (S= 18 - ponto 2) a 86 mg L⁻¹ (S= 142 - ponto 7) no período da chuva; no período da seca os resultados variaram de 4 mg L⁻¹ (S= 7 - ponto 6) a 41 mg L⁻¹ (S= 14 - ponto 8), TABELA 15.1 (ANEXO 1).

Nos afluentes estudados (TABELA 15.1 - ANEXO 1), os resultados médios obtidos foram de 112 mg L⁻¹ (S= 25 - chuva) e 77 mg L⁻¹ (S= 49 - seca) no córrego do Tijuco Preto (ponto 3), e no córrego do Gregório (ponto 5) de 3 mg L⁻¹ (S= 5 - chuva) e 27 mg L⁻¹ (S= 36 - seca).

6.1.16 - SÓLIDOS TOTAIS VOLÁTEIS NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 16a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 16b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os sólidos totais voláteis nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0 mg L⁻¹ a 476 mg L⁻¹ (ponto 2 e 4 - 1ª e 4ª coletas), FIGURA 16a e TABELA 16 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) para os sólidos totais voláteis nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram, respectivamente, de 40 mg L⁻¹ (S= 8 e 31 - ponto 4 e 6) e 125 mg L⁻¹ (S= 38 - ponto 7). No período da seca os valores foram, respectivamente, de 27 mg L⁻¹ (S= 8 - ponto 1) e 218 mg L⁻¹ (S= 225 - ponto 4), TABELA 16.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, verifica-se que os sólidos totais mínimo e máximo obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 37 mg L⁻¹ a 179 mg L⁻¹ (ponto 3 - 2^a e 1^a coletas) e 0 mg L⁻¹ a 141 mg L⁻¹ (ponto 5 - 1^a e 7^a coletas), FIGURA 16b e TABELA 16 (ANEXO 1). Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 111 mg L⁻¹ (S= 71 - ponto 3) e 58 mg L⁻¹ (S= 74 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 104 mg L⁻¹ (S= 46 - ponto 3) e 108 mg L⁻¹ (S= 14 - ponto 5), TABELA 16.1 (ANEXO 1).

Os sólidos totais e os sólidos suspensos totais apresentaram as maiores concentrações no período das chuvas, em todos os pontos de coletas, relacionado com aumento da vazão e da turbulência, do carreamento de material alóctone e pelo processo de erosão das margens devido à atividade de origem antrópica.

Para os sólidos totais (fixos e voláteis) registrou-se, em praticamente todas as coletas, valores mais elevados no ponto 3 em relação aos demais pontos estudados, devido principalmente ao lançamento de efluente contendo resíduos da fabricação de tapetes, pois segundo as observações de BRAILE & CAVALCANTI (1979) estas indústrias lançam efluentes com altas concentrações de sólidos totais.

No período de chuvas, as concentrações de sólidos totais voláteis foram mais elevadas nos pontos 2 a 8. Nos pontos 2, 4 e 5, provavelmente os fatores que mais influenciaram foram a turbulência, o carreamento de material alóctone e o aumento da vazão, e nos pontos 6, 7 e 8 acrescenta-se ainda o lançamento de esgoto sanitário.

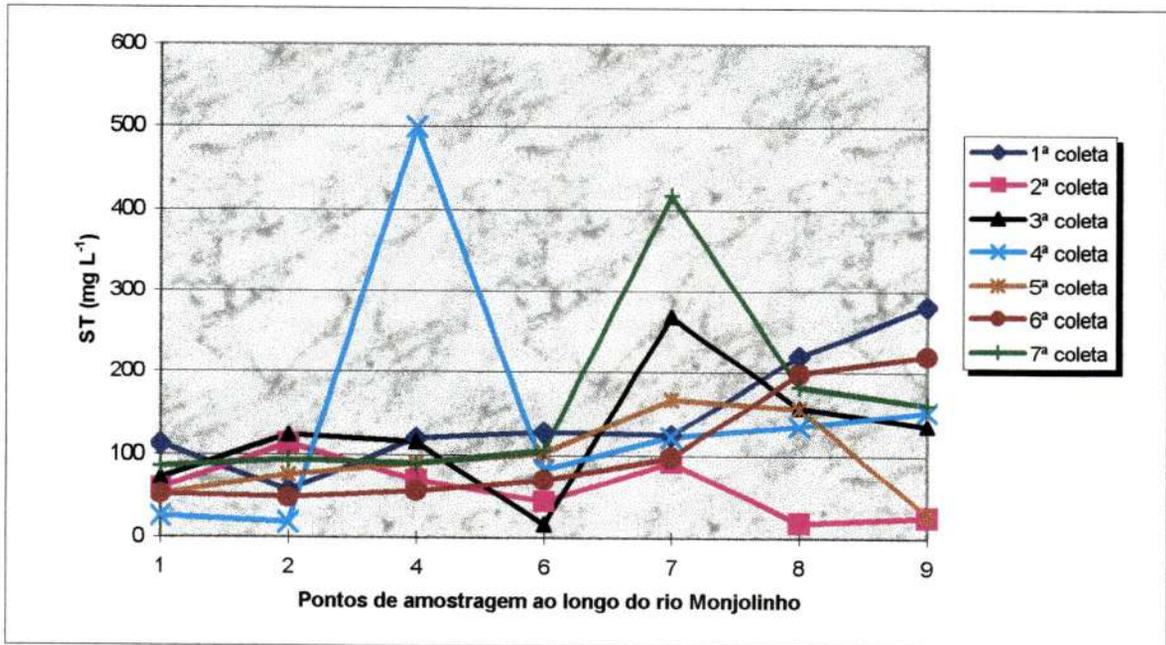


FIGURA 14a: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

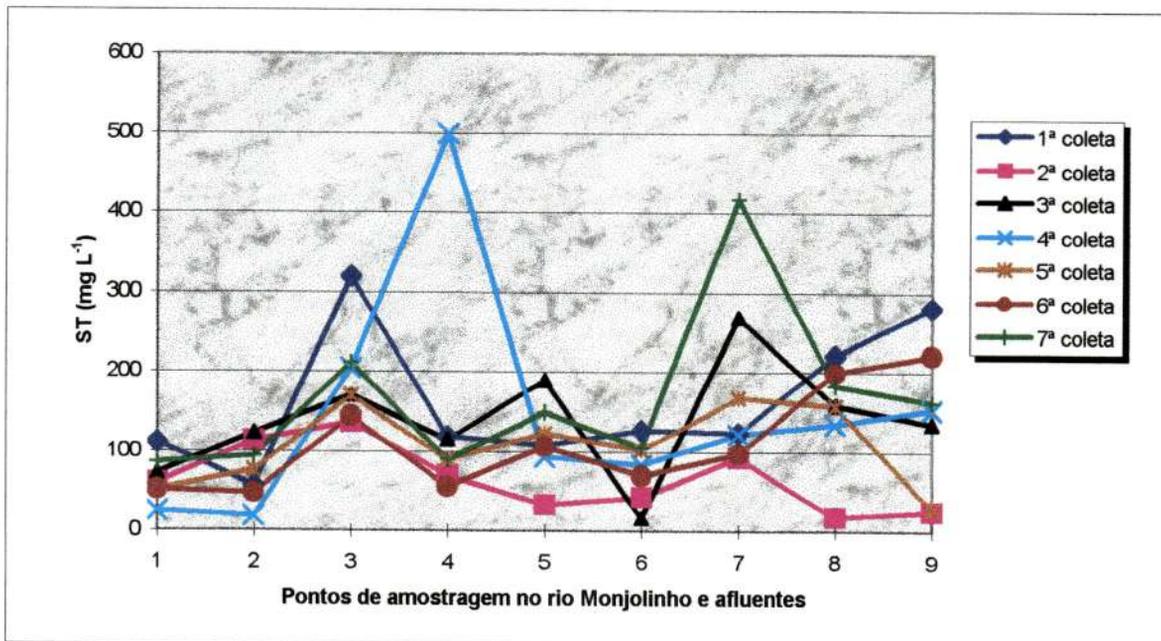


FIGURA 14b: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

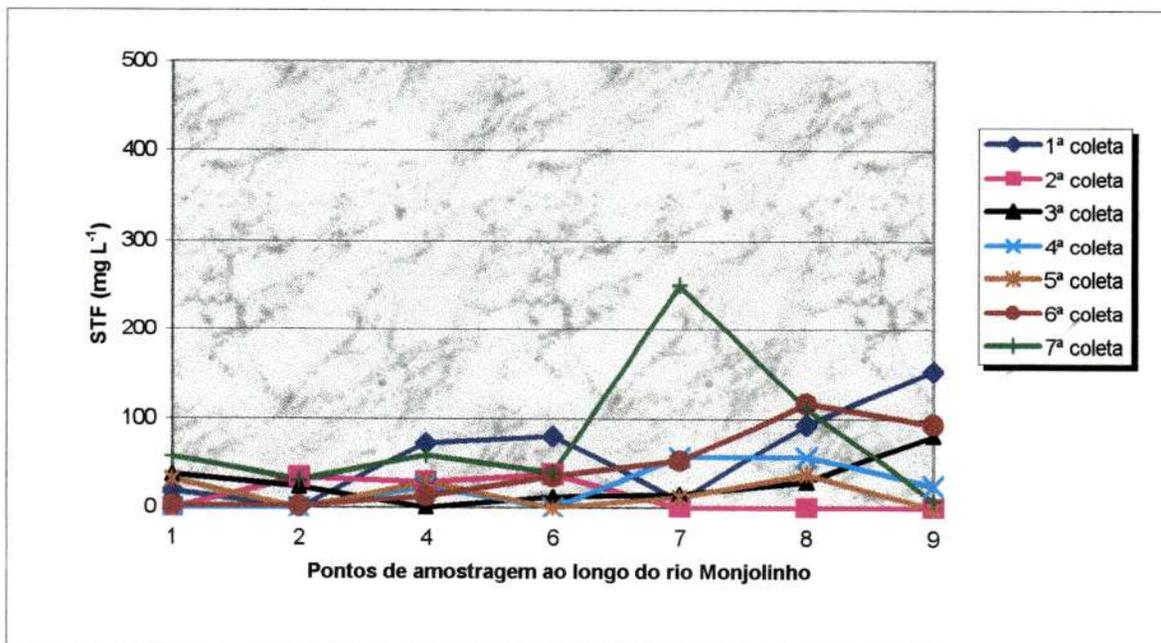


FIGURA 15a: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

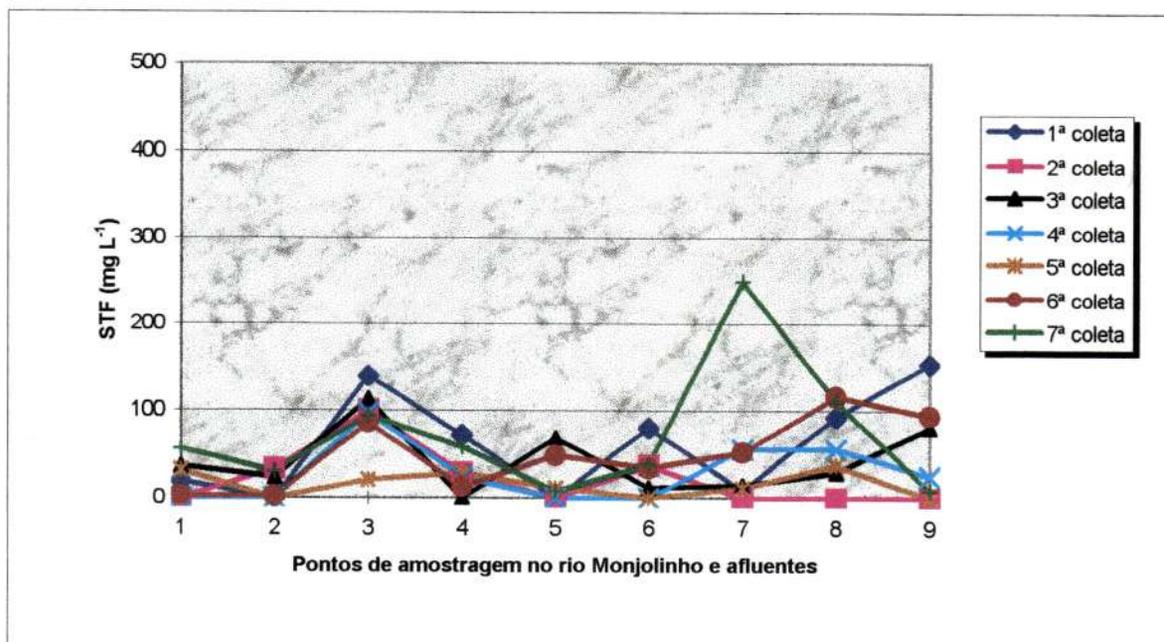


FIGURA 15b: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

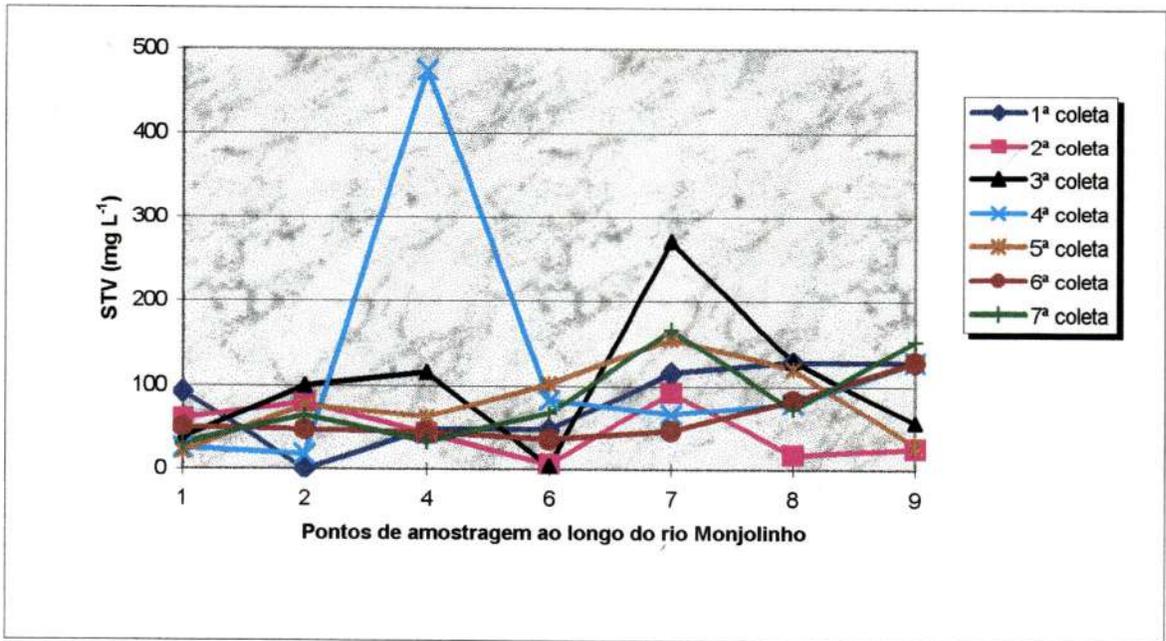


FIGURA 16a: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

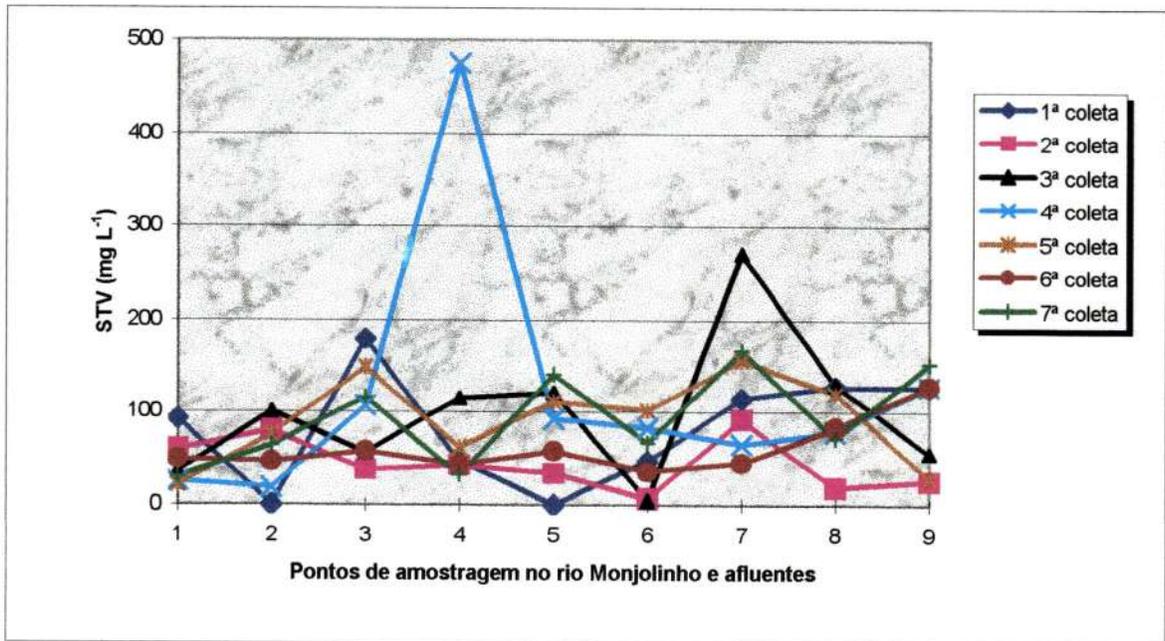


FIGURA 16b: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem

6.1.17 - SULFETO NA ÁGUA

O enxofre pode ser encontrado em várias formas nos ecossistemas aquáticos: íon sulfato (SO_4^{2-}), íon sulfito (SO_3^{2-}), íon sulfeto (S^{2-}), gás sulfídrico (H_2S), enxofre molecular (S^0), dióxido de enxofre (SO_2), ácido sulfúrico (H_2SO_4) ou em associação com metais (FeS , por exemplo).

As principais fontes geradoras de enxofre nas águas são a decomposição de rochas, precipitação pluviométrica, efluentes industriais, esgoto sanitário e a agricultura.

Os sulfetos nunca devem aparecer nos ecossistemas aquáticos em concentrações altas, pois atua como limitante à vida de peixes e outros organismos, sendo importante para trabalhos em ecotoxicidade.

Os sulfetos são tóxicos a partir de determinadas concentrações e provocam sérios problemas em águas, como acentuados odor e sabor. A maior parte dos sulfetos são agentes fortemente redutores e responsáveis pela demanda de oxigênio, reduzindo o oxigênio dissolvido dos ecossistemas aquáticos. É encontrado nas águas como resultado da decomposição da matéria orgânica por via anaeróbia, e por ação antrópica pelo lançamento de efluentes industriais (que contém H_2S ou S^{2-}).

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Analisando-se na FIGURA 17a e TABELA 17 - ANEXO 1 os resultados obtidos para os sulfetos nos pontos de coleta do rio Monjolinho, observa-se que o valor mínimo obtido foi de $0 \text{ mg S}^{2-} \text{ L}^{-1}$ e o máximo de $3,42 \text{ mg S}^{2-} \text{ L}^{-1}$ (ponto 8 - 4ª coleta). A FIGURA 17b apresenta os resultados incluindo os dois afluentes estudados, o córrego do Tijuco Preto com valor

mínimo e máximo de sulfeto variando de 0 mg S²⁻ L⁻¹ a 1,18 mg S²⁻ L⁻¹ (ponto 3) e o córrego do Gregório com os valores que variaram de 0 mg S²⁻ L⁻¹ a 1,18 mg S²⁻ L⁻¹ (ponto 5).

Quanto aos valores médios encontrados no rio Monjolinho observa-se uma variação de 0,28 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,40 - ponto 4) a 0,96 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 1,36 - ponto 7) no período da chuva; no período da seca os resultados variaram de 0,27 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,46 - ponto 1) a 1,80 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 1,48 - ponto 7), TABELA 17.1 (ANEXO 1).

Nos afluentes estudados (TABELA 17.1 - ANEXO 1), os resultados médios obtidos foram de 0,56 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,79 - chuva) e 0,39 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,68 - seca) no córrego do Tijuco Preto (ponto 3), e no córrego do Gregório (ponto 5) de 0,56 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,79 - chuva) e 0,49 mg S²⁻ L⁻¹ (S= 0,61 - seca).

No período de chuvas, os sulfetos só foram detectados em uma única coleta e no período de seca em todas as coletas, estes resultados podem estar associados a capacidade de diluição aumentada no regime de chuvas. No ponto 7 (em todas as coletas) e no ponto 8 (3ª coleta) foram registradas as maiores concentrações de sulfetos, estando as mesmas provavelmente associadas ao lançamento de efluentes sanitários e industriais (curtumes, matadouro, etc.), sobretudo à decomposição da matéria orgânica.

A ausência de valores na concentração de sulfetos nos pontos 8 e 9, a partir da 6ª coleta, podem provavelmente estarem associadas ao término das atividades do matadouro municipal e no ponto 7 nas 6ª e 7ª coletas a erros metodológicos.

As concentrações obtidas para os sulfetos sempre estiveram acima da estabelecida pela resolução CONAMA 20/86 (0,3 - classe 3).

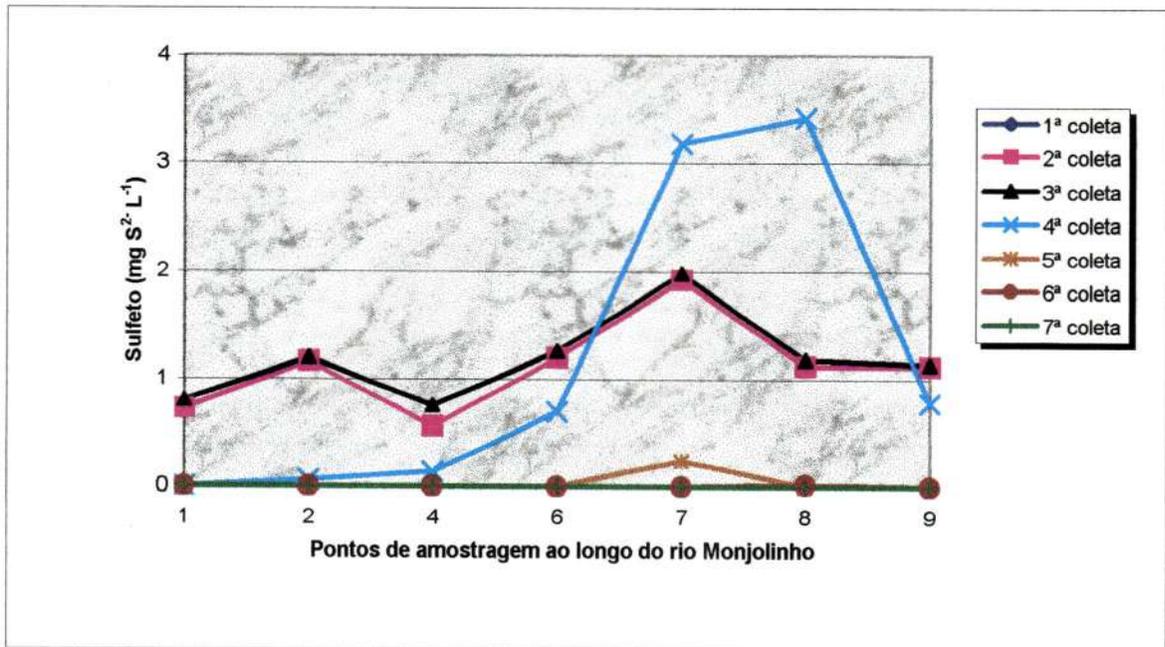


FIGURA 17a: Concentração de sulfeto nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

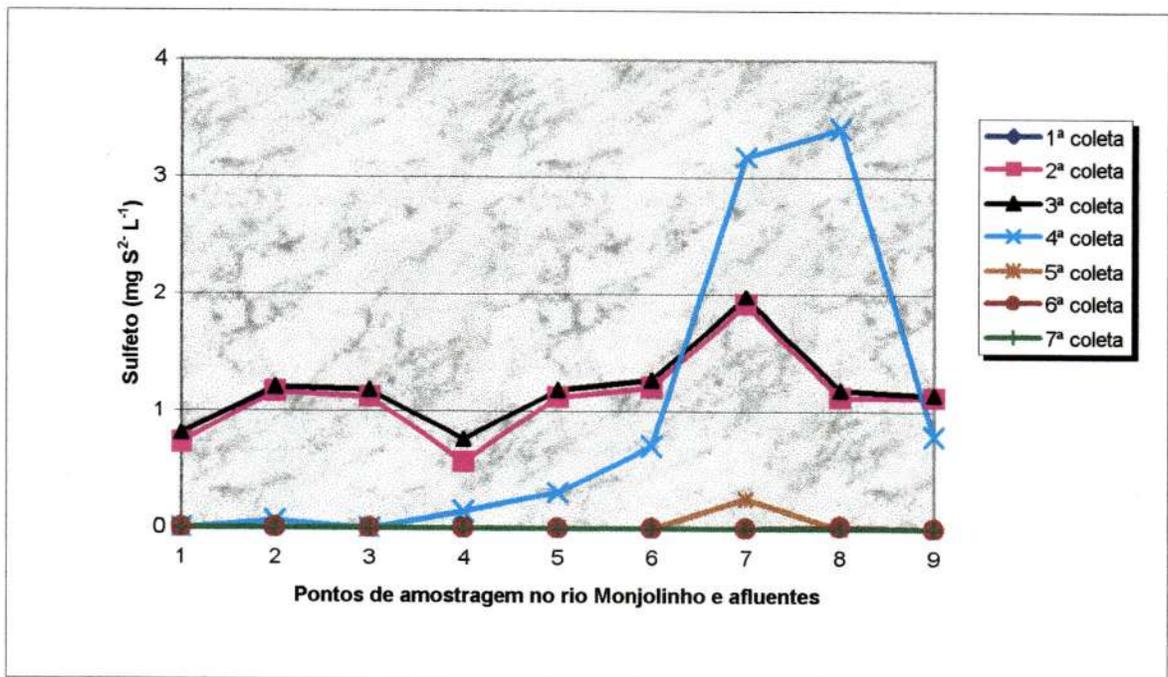


FIGURA 17b: Concentração de sulfeto nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

SÉRIE DE FOSFATO

O fósforo possui um importante papel no metabolismo aquático, funcionando como principal fator limitante da produtividade e também responsável pelos processos de eutrofização.

Nas águas, o fósforo pode se apresentar na forma orgânica ou inorgânica, solúvel ou insolúvel: fósforo particulado, fósforo orgânico dissolvido, fósforo inorgânico dissolvido, fósforo total dissolvido e fósforo total.

Alguns fatores podem influenciar na forma, disponibilidade e precipitação do fósforo, como é o caso da temperatura, oxigênio dissolvido, pH, sulfetos, carbonatos e concentrações de ferro e alumínio.

As principais fontes podem ser naturais (rochas (por processos de intemperismo), atmosfera e decomposição) ou artificiais (efluentes industriais, esgoto sanitário e fertilizantes). Considera-se atualmente que os sabões e detergentes são os maiores responsáveis pela introdução de fosfatos nas águas. Acredita-se que as fontes artificiais são os maiores contribuintes de fósforo na maioria das regiões, principalmente as mais urbanizadas.

Do ponto de vista limnológico, todas as formas (também chamadas de frações) de fosfato são importantes, no entanto, o P-orto assume maior relevância, por ser a principal forma de fosfato assimilada pelos vegetais aquáticos. Desta maneira, a sua quantificação em pesquisas limnológicas torna-se indispensável (ESTEVES, 1988).

6.1.18 - FOSFATO TOTAL NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 18a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 18b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. O fosfato total nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0,04 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 1 - 3ª e 4ª coleta) a 6,17 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 18a e TABELA 18 - ANEXO 1.

Os valores médios (mínimo e máximo) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 0,12 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,01 - ponto 1) e 2,24 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,85 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,10 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,10 - ponto 1) e 3,56 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 2,26 - ponto 7), TABELA 18.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho (FIGURA 18b e TABELA 18 - ANEXO 1), verifica-se que os valores de fosfato total na água, variaram no córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e no córrego do Gregório (ponto 5) de 0,11 mg PO_4^{3-} L^{-1} a 1,62 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 3 - 2ª e 4ª coletas) e 0,30 mg PO_4^{3-} L^{-1} a 1,33 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 5 - 2ª e 5ª coletas), respectivamente. Com relação aos valores médios no período da chuva observa-se os valores de 0,34 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,33 - ponto 3) e 0,44 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,13 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 1,14 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,42 - ponto 3) e 1,07 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,23 - ponto 5), TABELA 18.1 (ANEXO 1).

6.1.19 - FOSFATO DISSOLVIDO INORGÂNICO NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Analisando-se na FIGURA 19a e TABELA 19 - ANEXO 1 os resultados obtidos para o fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de coleta do rio Monjolinho, observa-se que o valor mínimo obtido foi de 0 mg PO_4^{3-} L^{-1} e o máximo de 1,99 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 7 - 3ª coleta). A FIGURA 19b apresenta os resultados incluindo os dois afluentes estudados, o córrego do Tijuco Preto com valores mínimo e máximo variando de 0 mg PO_4^{3-} L^{-1} a 0,61 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 3) e o córrego do Gregório com os valores que variaram de 0,01 mg PO_4^{3-} L^{-1} a 0,28 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 5).

Quanto aos valores médios encontrados no rio Monjolinho observa-se uma variação de 0,02 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,02 - ponto 2) a 0,52 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,50 - ponto 7) no período da chuva; no período da seca os resultados variaram de 0 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,01 - ponto 1) a 0,70 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 1,12 - ponto 7), TABELA 19.1 (ANEXO 1).

Nos afluentes estudados (TABELA 19.1 - ANEXO 1), os resultados médios obtidos foram de 0,01 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,01 - chuva) e 0,26 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,31 - seca) no córrego do Tijuco Preto, e no córrego do Gregório de 0,05 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,04 - chuva) e 0,19 mg PO_4^{3-} L^{-1} (S= 0,10 - seca).

6.1.20 - FOSFATO TOTAL DISSOLVIDO NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Com relação aos valores obtidos para o fosfato total dissolvido, os resultados nos pontos de coleta no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 20a e na TABELA 20 (ANEXO 1), onde pode-se verificar que o valor mínimo e máximo obtido foram respectivamente de 0 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 1 e 2 - 5ª e 6ª coleta) e 2,24 mg PO_4^{3-} L^{-1} (ponto 7 - 3ª coleta). A FIGURA 20b e a TABELA 20 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos



para o rio Monjolinho e os afluentes, o córrego do Tijucu Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5). Os valores mínimos e máximos obtidos nos pontos 3 e 5 foram de 0,02 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (6ª coleta) a 0,67 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (4ª coleta) e 0,04 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (6ª coleta) a 0,39 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (4ª coleta).

Os valores médios (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram respectivamente de 0,07 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,06 e 0,04 - ponto 1 e 2) e 1,09 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,67 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,02 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,02 - ponto 1) e 1,07 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 1,09 - ponto 7), TABELA 20.1 (ANEXO 1).

No ponto 3 e no ponto 5, se observa os seguintes valores médios no período de chuva: 0,08 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,01 - ponto 3) e 0,23 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,12 - ponto 5); no período de seca os valores de 0,30 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,32 - ponto 3) e 0,33 mg PO_4^{3-} L⁻¹ (S= 0,08 - ponto 5), TABELA 20.1 (ANEXO 1).

Para o ponto 1 obteve-se as menores concentrações de fosfato total, dissolvido inorgânico e total dissolvido; em contraposição, o ponto 7 mostrou as maiores concentrações, tendendo a diminuir no ponto 8, principalmente no período das chuvas pelo processo de diluição; entretanto, quanto mais intenso o período de seca, com vazões extremamente baixas os valores no ponto 8 tendem a aumentar. O ponto 9, como já observado e discutido em outras variáveis estudadas, tende a apresentar menor concentração em relação ao ponto 8, mais uma vez devido principalmente à diluição e à diminuição dos poluentes orgânicos.

Os picos para a série de fosfato no ponto 7 devem-se principalmente ao lançamento de esgoto sanitário, como observou GUERESCHI (1995), que são ricos em matéria orgânica e detergentes de uso doméstico e industrial, que por sua vez

carregam altos teores de fósforo; o ponto 8 mantém o pico basicamente por não possuir ainda capacidade de depuração, baixa vazão neste período (seca) e pela entrada das águas de afluentes (córrego de Água Quente e córrego de Água Fria) com concentrações altas, principalmente no período de seca, como observou SANTOS (1993).

O aumento nos valores da demanda bioquímica de oxigênio e fosfato total no período de seca, e também o aumento nos valores de turbidez e da demanda química de oxigênio no período de chuva estão associados ao aumento ou diminuição da vazão, e à precipitação pluviométrica, que promovem a lavagem e a ressuspensão do sedimento de fundo.

Considerando-se as variáveis Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio e fosfato total, além dos valores de oxigênio dissolvido, verifica-se que o nível trófico do rio cai ao longo dos pontos (DAMACENO *et. al.* 1971; POVINELLI, 1972; CAMPOS & CARNEIRO-BRANCO, 1981; SALAMI, 1996; SÉ, 1992; GUERESCHI, 1995; MENDES, 1998). Acrescentando-se os valores obtidos para turbidez e sólidos suspensos totais em relação a vazão, nota-se que o período de coleta (seca ou chuva) influencia de maneira significativa na qualidade da água do rio. Outro fator que também deve ser considerado é o fato do manancial em questão atravessar regiões densamente povoadas.

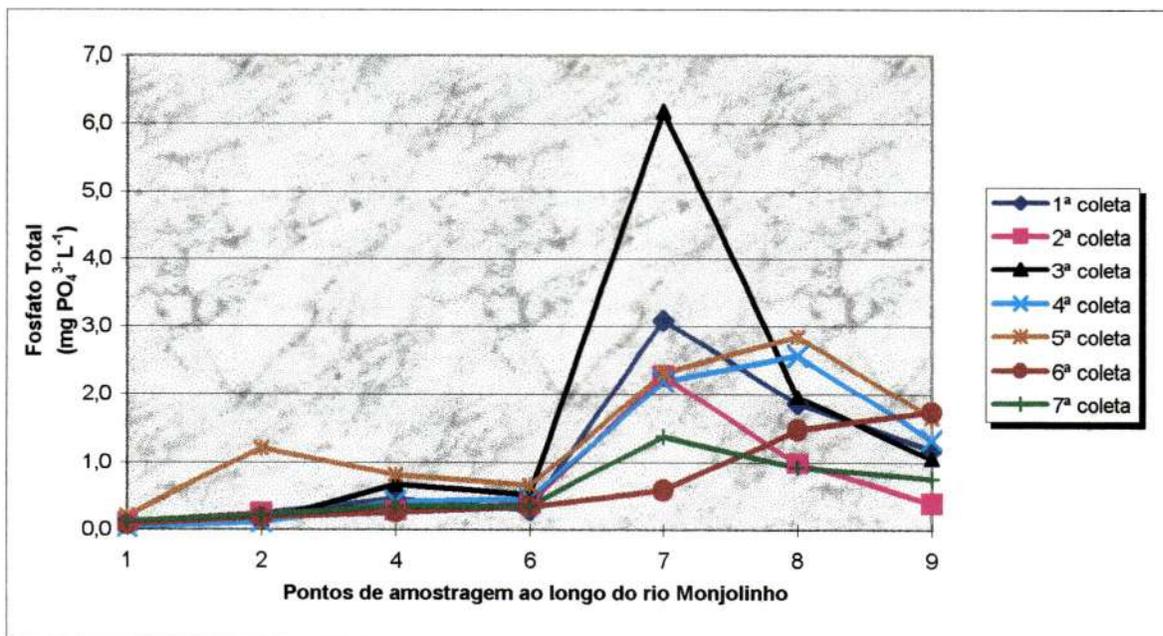


FIGURA 18a: Concentração de fosfato total nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

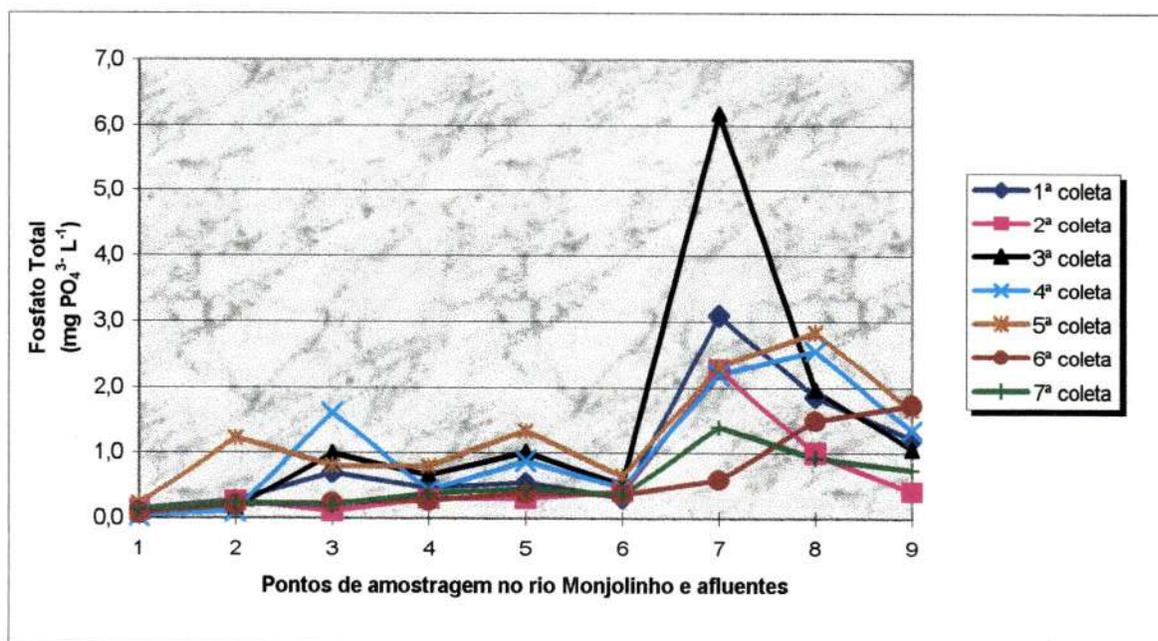


FIGURA 18b: Concentração de fosfato total nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

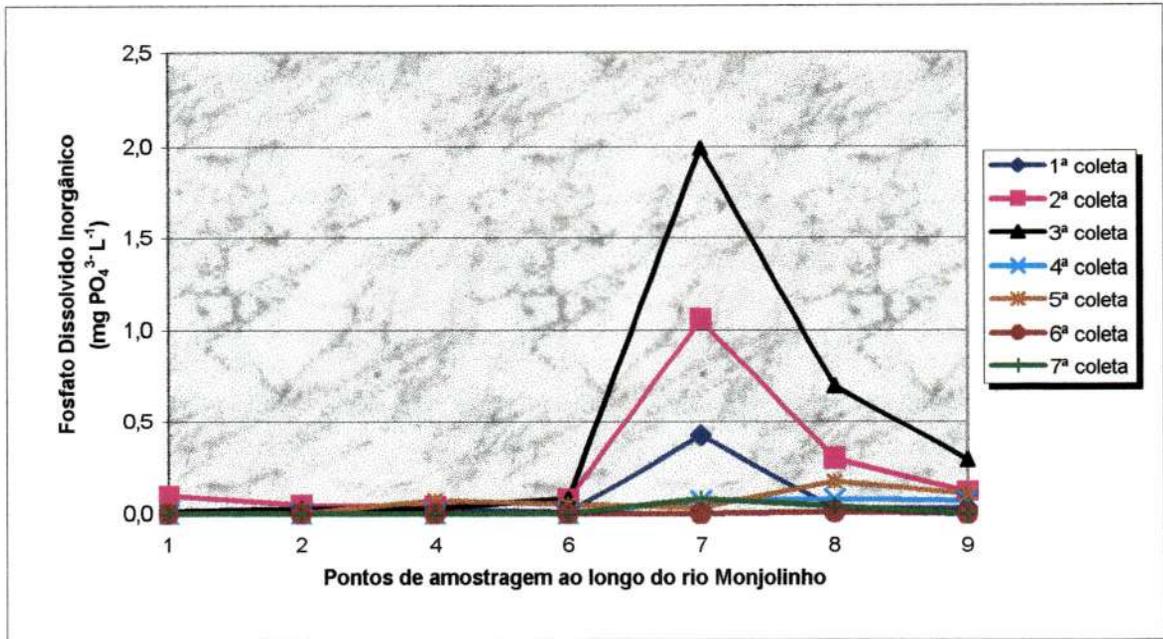


FIGURA 19a: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

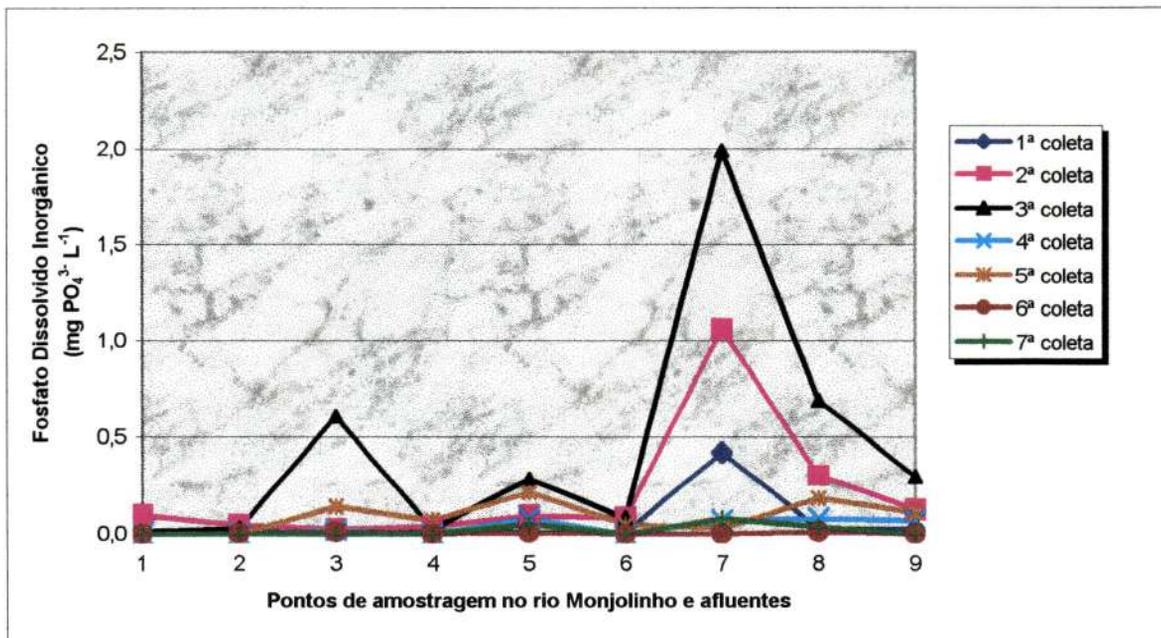


FIGURA 19b: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

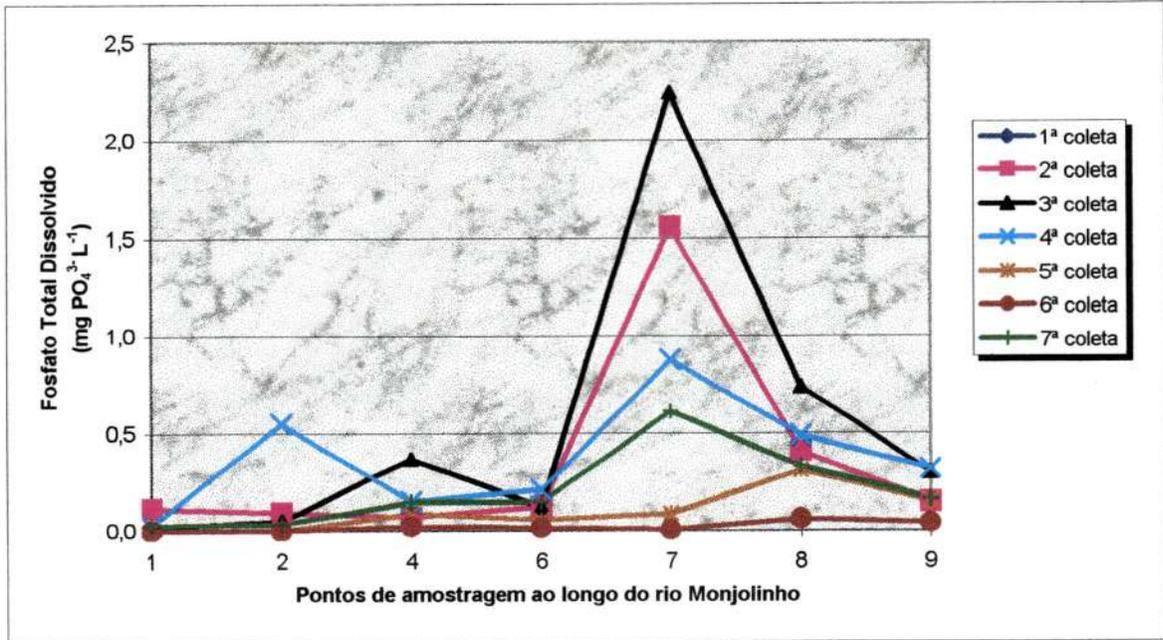


FIGURA 20a: Concentração de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

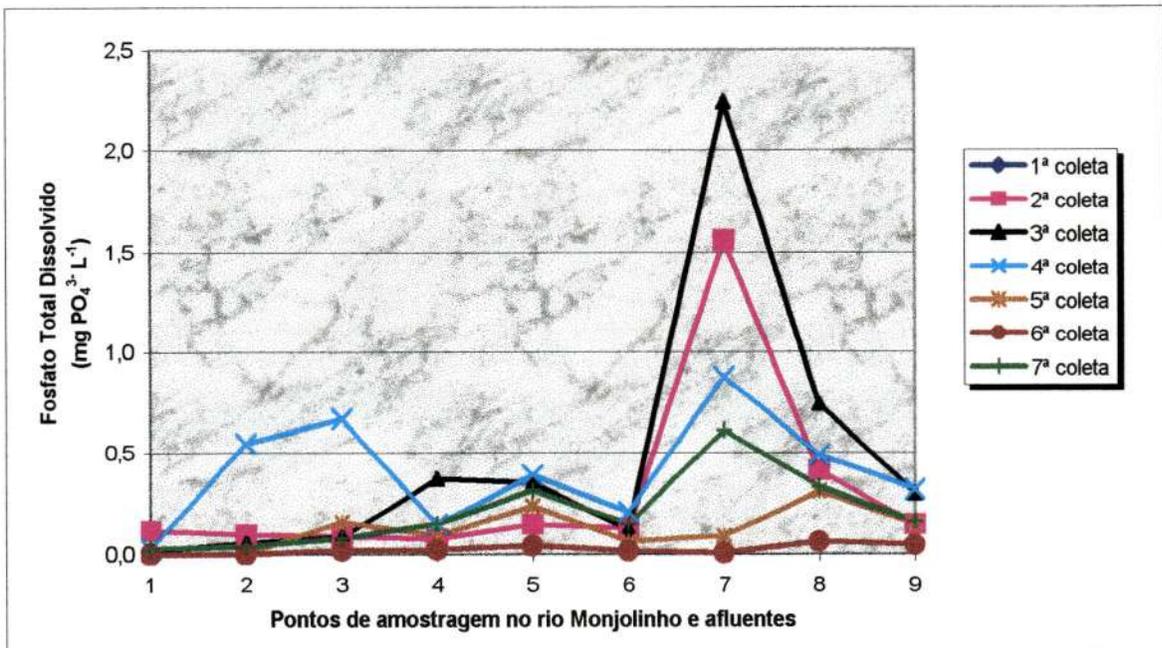


FIGURA 20b: Concentração de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem

SÉRIE DE NITROGÊNIO

O nitrogênio, assim como o fósforo, possui um importante papel nos ecossistemas aquáticos, podendo ser fator limitante nas comunidades aquáticas.

As fontes de nitrogênio podem ser naturais ou antrópicas, como por exemplo: a atmosfera, precipitação pluviométrica, escoamento superficial, revolvimento de sedimento de fundo, material alóctone, esgoto sanitário, efluentes industriais, erosão, atividades agrícolas, queimadas, decomposição, lise celular e excreção.

O nitrogênio pode ser encontrado na forma orgânica ou inorgânica: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O), íon amônio (NH_4^+) e nitrogênio orgânico dissolvido e particulado.

Em estudos realizados em ecossistemas aquáticos, cuja preocupação está voltada para os processos de eutrofização natural ou antropogênica, devem ser considerados o nitrito, nitrato, nitrogênio total e o nitrogênio amoniacal. Entretanto, deve ser ressaltada a principal característica do íon nitrito, pois este é instável sendo geralmente encontrado em grandes concentrações em áreas muito poluídas.

6.1.21 - NITROGÊNIO TOTAL (KJELDHAL) NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Analisando-se na FIGURA 21a e TABELA 21 no ANEXO 1 os resultados obtidos para o nitrogênio total (Kjeldhal) nos pontos de coleta do rio Monjolinho, observa-se que o valor

mínimo obtido foi de 0,8 mg NH₃-N L⁻¹ ⁽¹⁾ (ponto 2 - 4ª coleta) e o máximo de 25,7 mg NH₃-N L⁻¹ (ponto 7 - 2ª coleta). A FIGURA 21b apresenta os resultados incluindo o córrego do Tijuco Preto com valor mínimo e máximo variando de 6,6 mg NH₃-N L⁻¹ a 20,7 mg NH₃-N L⁻¹ (ponto 3) e o córrego do Gregório com valores que variaram de 2,3 mg NH₃-N L⁻¹ a 16,3 mg NH₃-N L⁻¹ (ponto 5).

Quanto aos valores médios encontrados no rio Monjolinho observa-se uma variação de 3,6 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 1,6 - ponto 1) a 20,4 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 6,2 - ponto 7) no período da chuva; no período da seca os resultados variaram de 2,3 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 1,5 - ponto 1) a 10,5 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 2,4 - ponto 7), TABELA 21.1 (ANEXO 1).

Nos afluentes estudados (TABELA 21.1 - ANEXO 1), os resultados médios obtidos no córrego do Tijuco Preto foram de 13,7 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 7,1 - chuva) e 8,9 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 0,5 - seca) e no córrego do Gregório foram de 9,2 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 6,2 - chuva) e 6,8 mg NH₃-N L⁻¹ (S= 5,5 - seca).

6.1.22 - NITROGÊNIO AMONÍACAL NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 22a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 22b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. O nitrogênio amoniacal nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0,29 mg NH₃-N L⁻¹ (ponto 1 - 3ª e 4ª coletas) a 7,42 mg NH₃-N L⁻¹ (ponto 8 - 5ª coleta), FIGURA 22a e TABELA 22 (ANEXO 1).

Os valores médios (mínimo e máximo) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho no período de chuva foram

⁽¹⁾ mg NH₃-N L⁻¹: concentração de nitrogênio em mg L⁻¹, determinado na forma de amônia.

respectivamente de 1,34 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,23 - ponto 1) e 5,19 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,75 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,47 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,32 - ponto 1) e 4,59 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 2,77 - ponto 8), TABELA 22.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os afluentes estudados (FIGURA 22b e TABELA 22 - ANEXO 1), verifica-se que os valores variaram no córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e no córrego do Gregório (ponto 5) de 1,26 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ a 5,80 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (ponto 3 - 6ª e 1ª coletas) e 1,59 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ a 3,40 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (ponto 5 - 3ª, 4ª e 1ª coletas). Com relação aos valores médios no período da chuva observa-se os valores de 3,32 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 2,19 - ponto 3) e 2,84 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,74 - ponto 5), e para o período de seca observa-se os valores de 2,96 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,76 - ponto 3) e 1,81 mg $\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$ (S= 0,38 - ponto 5), TABELA 22.1 (ANEXO 1).

Com relação aos resultados obtidos para o nitrogênio orgânico (TABELA 22a - ANEXO 1), observa-se que a maior concentração obtida para o rio Monjolinho, foi detectada no ponto 7 (2ª coleta) com valor de 21,31 mg L^{-1} e a menor concentração no ponto 2 (4ª coleta) com valor de 0,08 mg L^{-1} . Os valores de nitrogênio orgânico obtidos para os afluentes estudados variaram de 4,95 a 18,19 mg L^{-1} para o córrego do Tijuco preto e 0,71 a 13,17 mg L^{-1} para o córrego de Gregório.

6.1.23 - NITROGÊNIO - NITRATO NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

Com relação aos valores obtidos para nitrato, os resultados nos pontos de coleta no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 23a e TABELA 23 (ANEXO 1), onde se pode

verificar que os valores mínimo e máximo obtidos foram respectivamente de 0 mg NO₃⁻ L⁻¹ (ponto 1 - 2ª coleta) e 2,88 mg NO₃⁻ L⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta). A FIGURA 23b e a TABELA 23 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5). Os valores mínimos e máximos obtidos nos pontos 3 e 5 foram de 1,91 mg NO₃⁻ L⁻¹ (4ª coleta) a 5,51 mg NO₃⁻ L⁻¹ (7ª coleta) e 0,13 mg NO₃⁻ L⁻¹ (2ª coleta) a 4,90 mg NO₃⁻ L⁻¹ (1ª coleta).

O valor médio (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram de 0,97 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 0,84 - ponto 1) e 1,51 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 1,28 - ponto 4). No período da seca os valores foram de 0,60 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S = 0,12 - ponto 2) e 1,73 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 1,06 - ponto 7), TABELA 23.1 (ANEXO 1).

O ponto 3 e o ponto 5, apresentam os seguintes valores médios no período de chuva de 3,40 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 2,80 - ponto 3) e 2,83 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 2,45 - ponto 5) e no período de seca os valores de 2,97 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 0,99 - ponto 3) e 2,57 mg NO₃⁻ L⁻¹ (S= 0,55 - ponto 5), TABELA 23.1 (ANEXO 1).

6.1.24 - NITROGÊNIO - NITRITO NA ÁGUA

A coleta das amostras foi realizada a 0,20 m da superfície.

A FIGURA 24a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 24b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de nitrito nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0,01 mg NO₂⁻ L⁻¹ a 1,85 mg NO₂⁻ L⁻¹, (FIGURA 24a e TABELA 24 - ANEXO 1).

Os valores médios de nitrito (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período de chuva foram

de 0,27 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=0,45 - ponto 2) e 0,67 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=1,03 - ponto 7). No período da seca os valores foram de 0,01 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=0,01 - ponto 2) e 0,41 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=0,44 - ponto 7), TABELA 24.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os afluentes estudados, verifica-se que o valor de nitrito mínimo e máximo obtido para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 0,01 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ a 4,57 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (4ª e 2ª coletas - ponto 3) e 0,03 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ a 3,85 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (3ª e 2ª coletas - ponto 5), FIGURA 24b e TABELA 24 - ANEXO 1. Com relação aos valores médios no período da chuva, observa-se os valores de 1,59 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=2,58 - ponto 3) e 1,33 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=2,18 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 0,19 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=0,17 - ponto 3) e 0,16 mg $\text{NO}_2^- \text{L}^{-1}$ (S=0,13 - ponto 5), TABELA 24.1 (ANEXO 1).

De acordo com os resultados obtidos para a série nitrogênio, observa-se que os menores valores de nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total foram obtidos para o ponto 1 (nascente), tendendo a aumentar a partir deste ponto, principalmente pela ação antrópica, devido ao lançamento de efluentes.

Os maiores valores para nitrogênio total (Kjeldhal) e nitrogênio amoniacal no período de chuvas foram obtidos para o ponto 3, 7, 8 e 9 (nitrogênio amoniacal) e no ponto 7 (nitrogênio total), principalmente pelo lançamento de esgoto sanitário, indicando que apesar do aumento da vazão pela precipitação pluviométrica neste período, a diluição não foi suficiente para detecção de valores com níveis mais baixos como os encontrados no ponto 1. Outro fator que pode ter influenciado nos níveis encontrados nos pontos 8 e 9 é a entrada do córrego da Água quente, segundo SANTOS (1993), o córrego da Água Quente (afluente do rio Monjolinho) apresenta altas concentrações de nitrogênio amoniacal devido a intensa atividade de decomposição de matéria orgânica.

No período de seca o nitrogênio total (Kjeldhal) apresentam menor concentração nos pontos 5 e 6, além dos pontos 7 e 8 em relação ao período de chuva.

O nitrogênio total, amoniacal e o nitrito apresentaram padrão de sazonalidade, tendendo a aumentar suas concentrações no período de chuvas. Este mesmo fato não foi observado nas concentrações de nitrato.

Dentre as formas de nitrogênio analisadas neste estudo, o nitrogênio orgânico apresentou concentrações superiores às obtidas pelo nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito, em quase todos os pontos e coletas, indicando que a forma orgânica foi a predominante.

O valor da concentração de nitrogênio amoniacal foi quase sempre maior que a concentração de nitrato em todos os pontos e coletas, com exceção do ponto 1 no período de seca e transição, onde a forma predominante foi o nitrato. GUERESCHI (1995), obteve resultados similares com relação à distribuição do nitrogênio amoniacal e o nitrato no mesmo ecossistema. O nitrogênio amoniacal apresentou estes resultados, provavelmente por estarem associados a presença de esgoto sanitário e efluentes industriais (resíduos de animais, fertilizantes agrícolas e decomposição de matéria orgânica). Com relação as concentrações de nitrato serem maiores no período de seca e transição, observa-se que a nascente apresentou nestes períodos boas condições de oxidação do nitrito e nitrogênio amoniacal pelas bactérias nitrificantes.

Vale ressaltar que as variações na concentração de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, estiveram correlacionadas com as flutuações das variáveis físicas, químicas e biológicas, principalmente o pH, oxigênio, temperatura, fitoplâncton, zooplâncton e as bactérias. Os resultados obtidos encontram-se dentro dos

níveis detectados por outros autores para ecossistemas lóticos urbanos da região sudeste do país.

Os valores da concentração de nitrato (NO_3^-) em todos os pontos, durante todo o período de coleta, sempre estiveram abaixo do índice máximo admitido pela legislação federal brasileira (10 mg L^{-1}), quanto à qualidade ambiental das águas superficiais. Com relação a qualidade das águas para irrigação, o limite máximo permitido para o nitrato ($> 5,0 \text{ mg L}^{-1}$) indica que a concentração obtida encontra-se dentro deste limite, com exceção do ponto 3 na 7ª coleta, que enquadra-se no grau de restrição ligeira a moderada ($5,0 - 30 \text{ mg L}^{-1}$) para uso na agricultura (AYERS & WESTCOT, 1991).

A transformação de nitrogênio amoniacal a nitrito e em seguida a nitrato é denominado de nitrificação (PESSOA & JORDÃO, 1982). Observando-se as FIGURAS 2a, 3a, 21a, 22a, 23a e 24a e a TABELA 22a (ANEXO 1) verifica-se que em todas as coletas o processo de nitrificação ocorreu ao longo do rio Monjolinho. As condições ambientais observadas no rio Monjolinho, principalmente a concentração de oxigênio dissolvido (OD) e os valores de pH, favoreceram ação das bactérias nitrificantes (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*), pois as concentrações de OD sempre estiveram acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ e o pH variando entre 7,0 e 8,0, valores considerados ideais para o processo (METCALF & EDDY, 1991).

A variável que influenciou de maneira significativa o processo de nitrificação das águas do rio Monjolinho foi a concentração de OD, que apresentou valores entre $1,4$ a $8,2 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, e foi decisiva para que o nitrogênio amoniacal já existente e resultante da degradação da matéria orgânica nitrogenada (principal forma de nitrogênio presente), fosse transformado a nitrato. Da mesma forma, a baixa concentração de nitrito, em relação aos valores obtidos para nitrato, em todos os pontos e coletas, indicam que a concentração de OD no rio Monjolinho ao longo de seu curso, foi decisiva para que o processo de nitrificação ocorresse completamente.

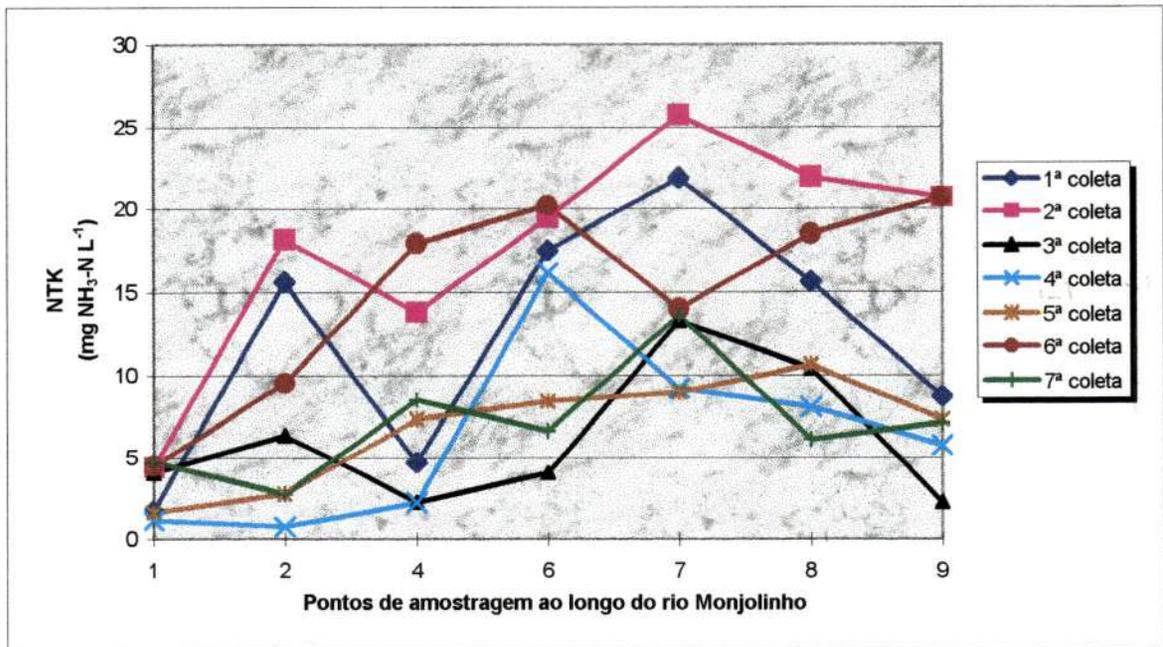


FIGURA 21a: Concentração de nitrogênio total (Kjeldhal) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

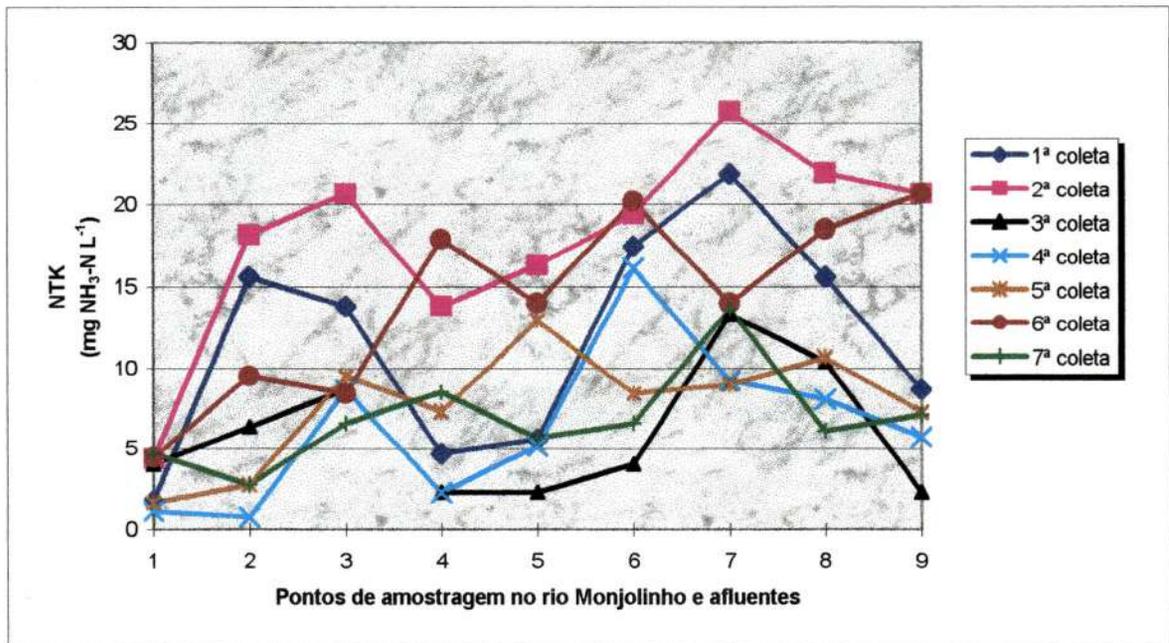


FIGURA 21b: Concentração de nitrogênio total (Kjeldhal) nos pontos de amostragem

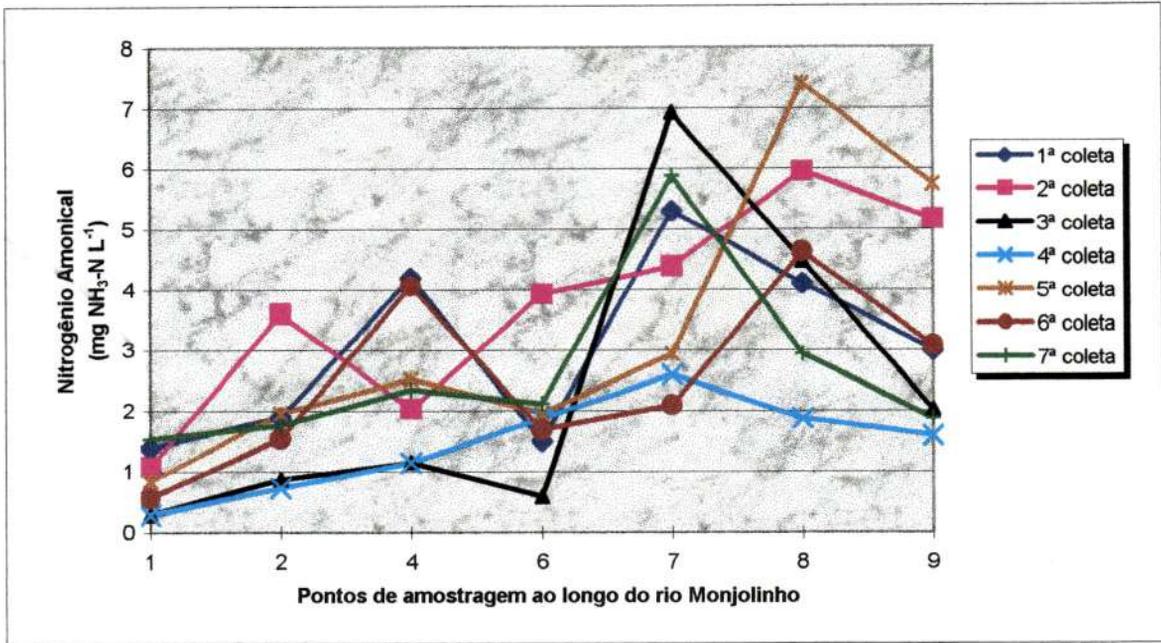


FIGURA 22a: Concentração de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

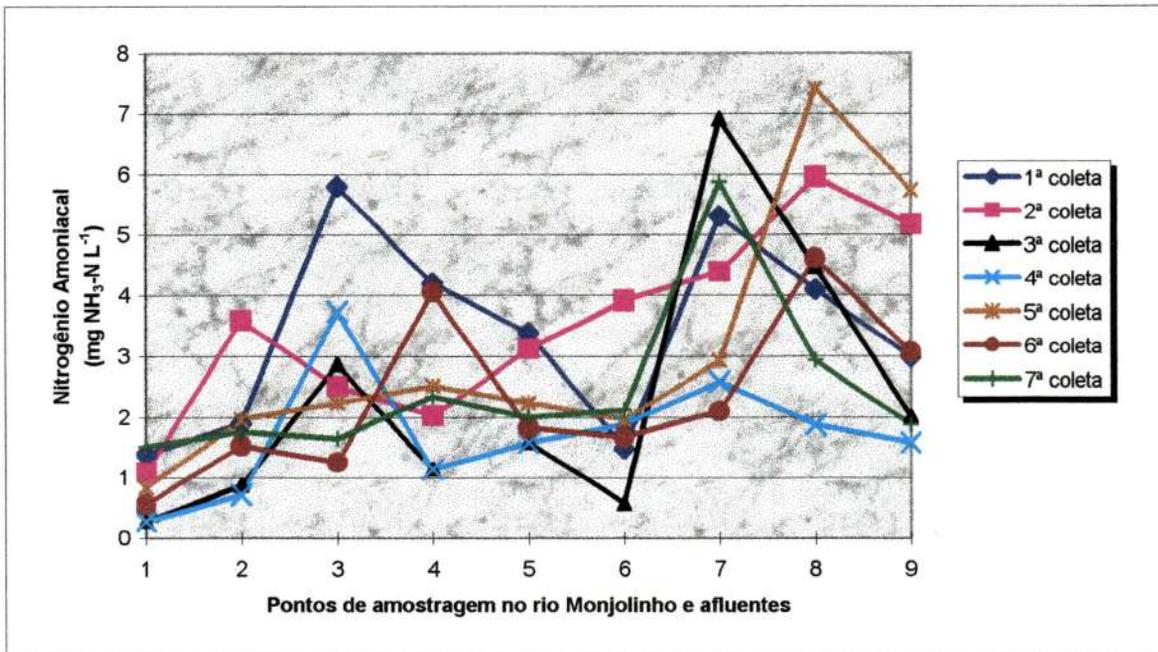


FIGURA 22b: Concentração de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

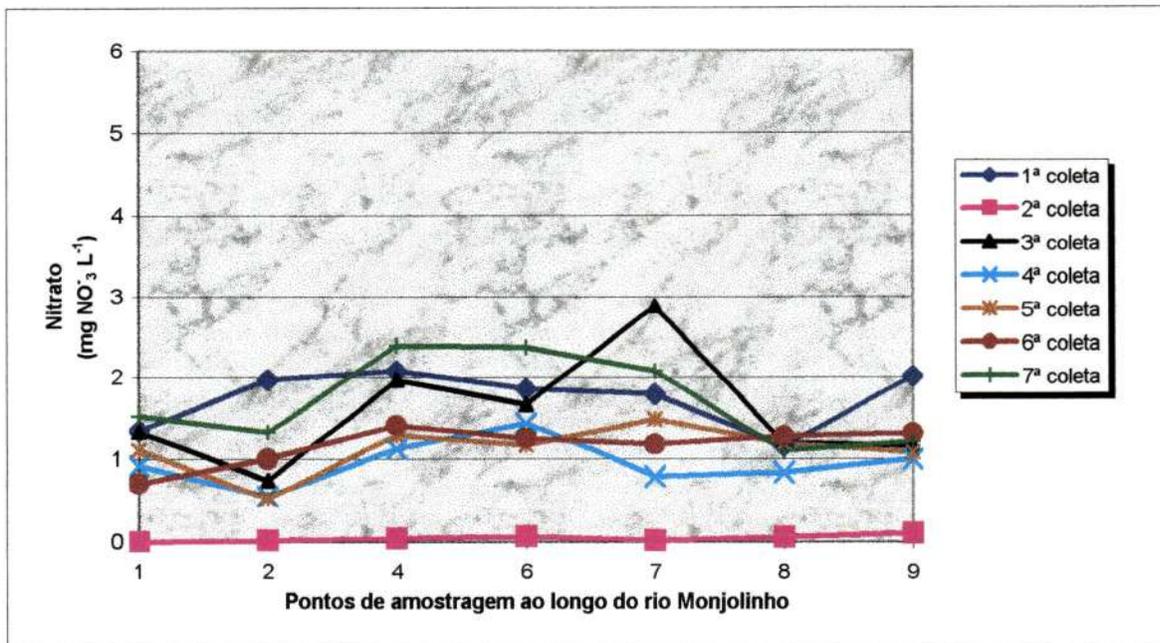


FIGURA 23a: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

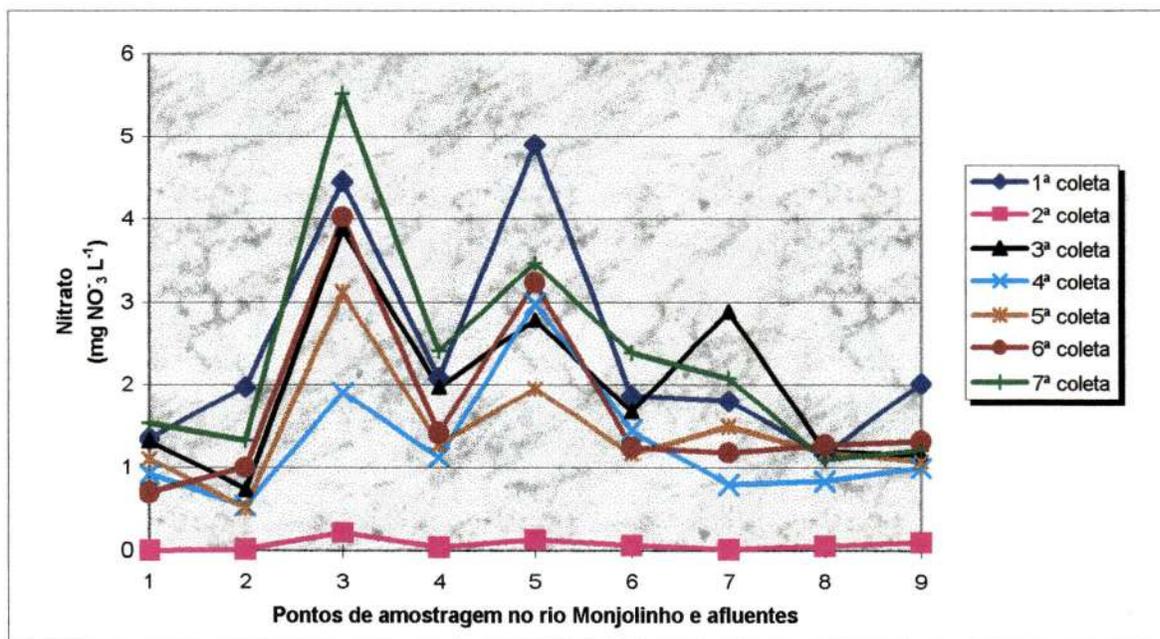


FIGURA 23b: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

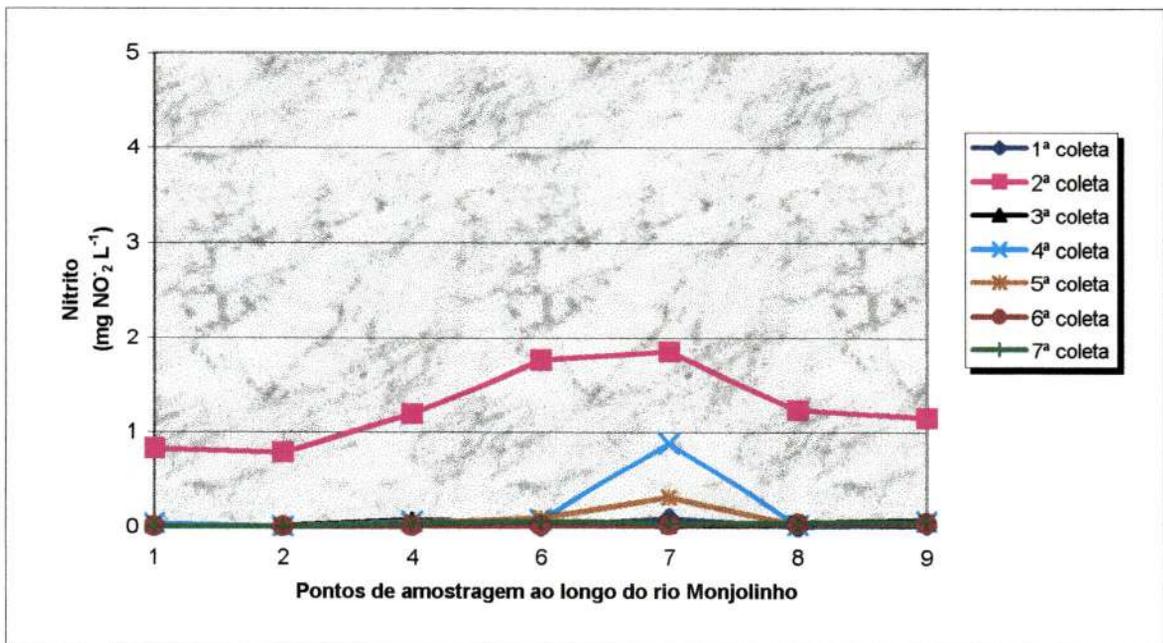


FIGURA 24a: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

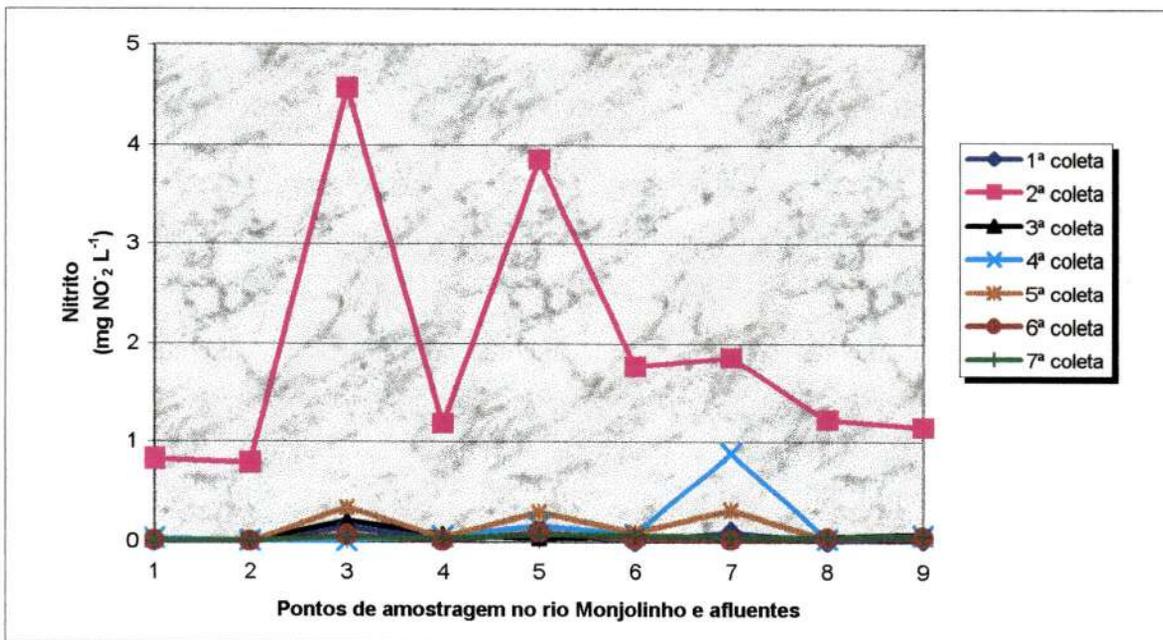


FIGURA 24b: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem

6.2 - VARIÁVEIS AMBIENTAIS CLIMATOLÓGICAS

6.2.1 - TEMPERATURA DO AR

A temperatura do ar é resultado da radiação solar e sua variação se deve à variação sazonal e nictimeral, estando sujeita à oscilações bruscas. A transferência de calor do ar influencia a temperatura da água.

A FIGURA 25a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 25b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores de temperatura do ar nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 9,0 °C (ponto 8 - 4ª coleta) a 35,0 °C (ponto 9 - 2ª coleta), FIGURA 25a e TABELA 25 (ANEXO 1).

As médias das temperaturas do ar (mínima e máxima) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período das chuvas foram de 24,2 °C (S=2,8 - ponto 1) e 28,3 °C (S=6,0 - ponto 9). No período da seca os valores foram respectivamente de 19,0 °C (S=9,5 - ponto 8) e 29,8 °C (S=2,8 - ponto 9), TABELA 25.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho estudados, verifica-se que as temperaturas do ar mínima e máxima obtida para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 21,0 °C - 29,5 °C (3ª, 4ª e 1ª coletas - ponto 3) e de 21,0 °C - 32,0 °C (4ª e 2ª coletas - ponto 5), FIGURA 25b e TABELA 25 (ANEXO 1). Com relação a média dos valores no período da chuva, observa-se os valores de 28,0 °C (S=1,5 - ponto 3) e 27,5 °C (S=4,8 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 23,0 °C (S=3,5 - ponto 3) e 23,3 °C (S=3,2 - ponto 5), TABELA 25.1 (ANEXO 1).

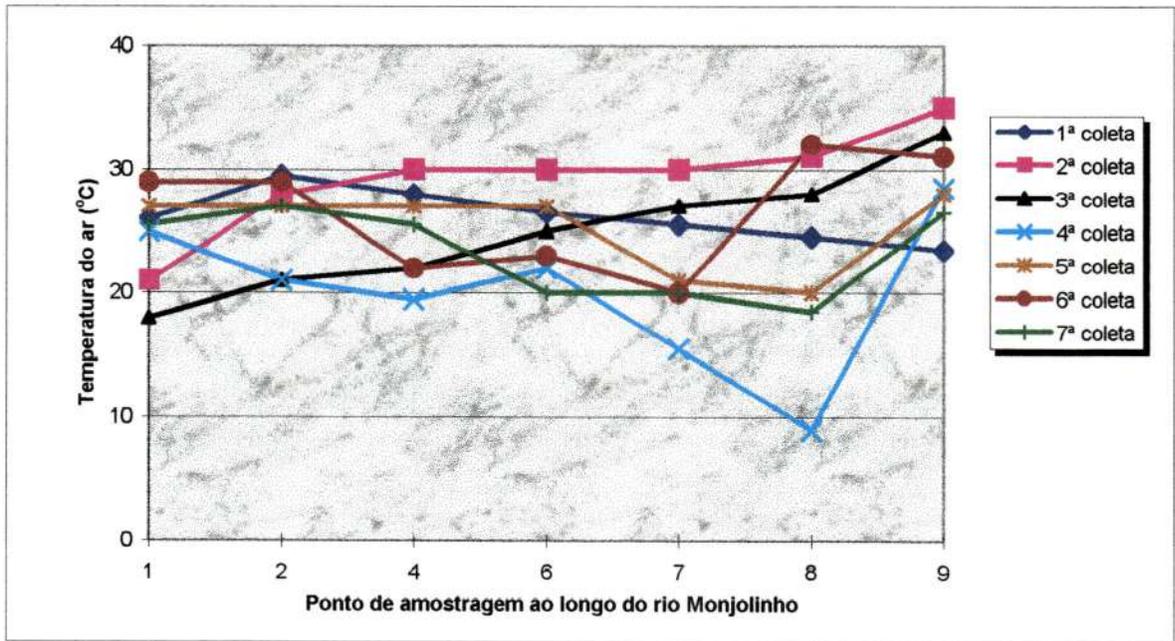


FIGURA 25a: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

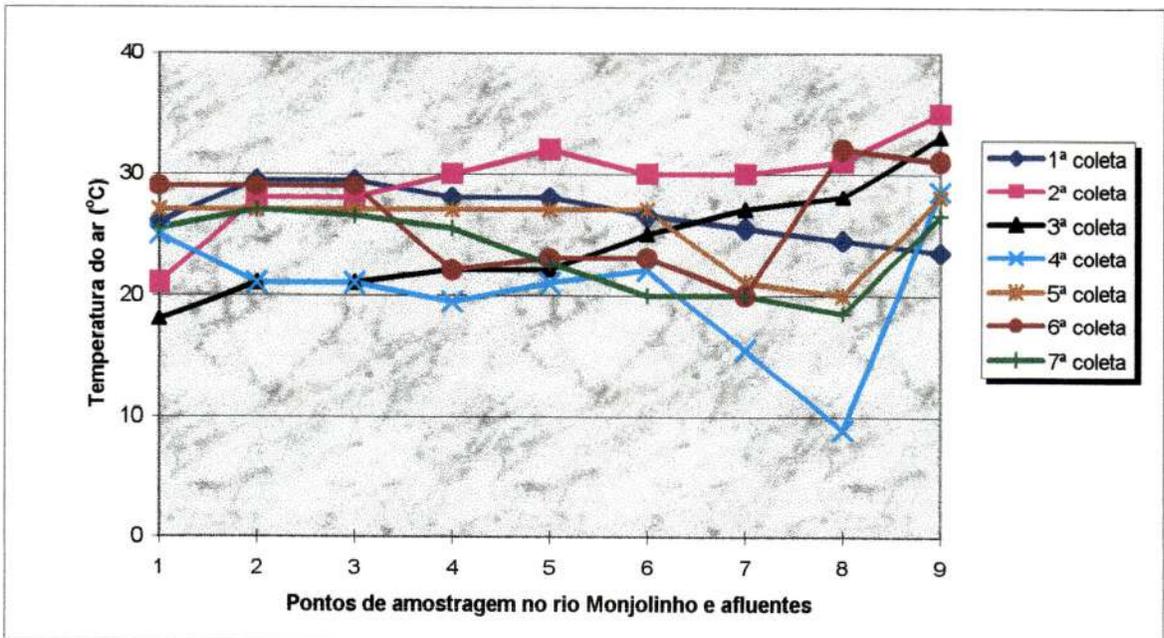


FIGURA 25b: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem

6.2.2 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

As chuvas são importantes na manutenção do equilíbrio hídrico da Terra, influenciando a sua distribuição.

A precipitação pluviométrica é responsável por variações nos processos físicos e químicos dos ecossistemas aquáticos, interferindo direta ou indiretamente na vazão, turbidez da água e no transporte de sedimentos, entre outros.

A radiação solar e as características locais influenciam diretamente na precipitação pluviométrica. São Carlos geralmente apresenta ciclo sazonal bem definido, caracterizado por período de intensa precipitação pluviométrica (dezembro a fevereiro).

Com relação aos valores obtidos para precipitação pluviométrica média, os resultados encontram-se na FIGURA 26, 26a e TABELA 26, 26a (ANEXO 1), onde pode-se verificar que esta variou nas amostragens, no período considerado seca, de 0 mm (5ª coleta) a 68,0 mm (3ª coleta). No período considerado chuvoso a variação foi de 74,4 mm (2ª coleta) a 347,6 mm (7ª coleta). O período considerado de transição (período este que antecede as chuvas), não apresentou repetições, apresentando um único valor (203,8 mm).

As maiores precipitações pluviométricas ocorreram nos períodos de chuva e transição, entretanto observa-se que a 3ª coleta (período de seca) obteve-se valores bem próximos a 2ª coleta (período de chuva) e a 5ª coleta pode ser caracterizada como tipicamente de seca, ou seja, sem influência da precipitação pluviométrica. Estes resultados são um pouco atípicos quando comparados com as datas das coletas e são explicados pela influência do fenômeno conhecido como "El niño", que interfere diretamente no clima. Tanto a vazão, quanto a precipitação pluviométrica desenvolveram importante papel na qualidade da água do rio Monjolinho, influenciando direta e evidentemente em quase todas as variáveis.

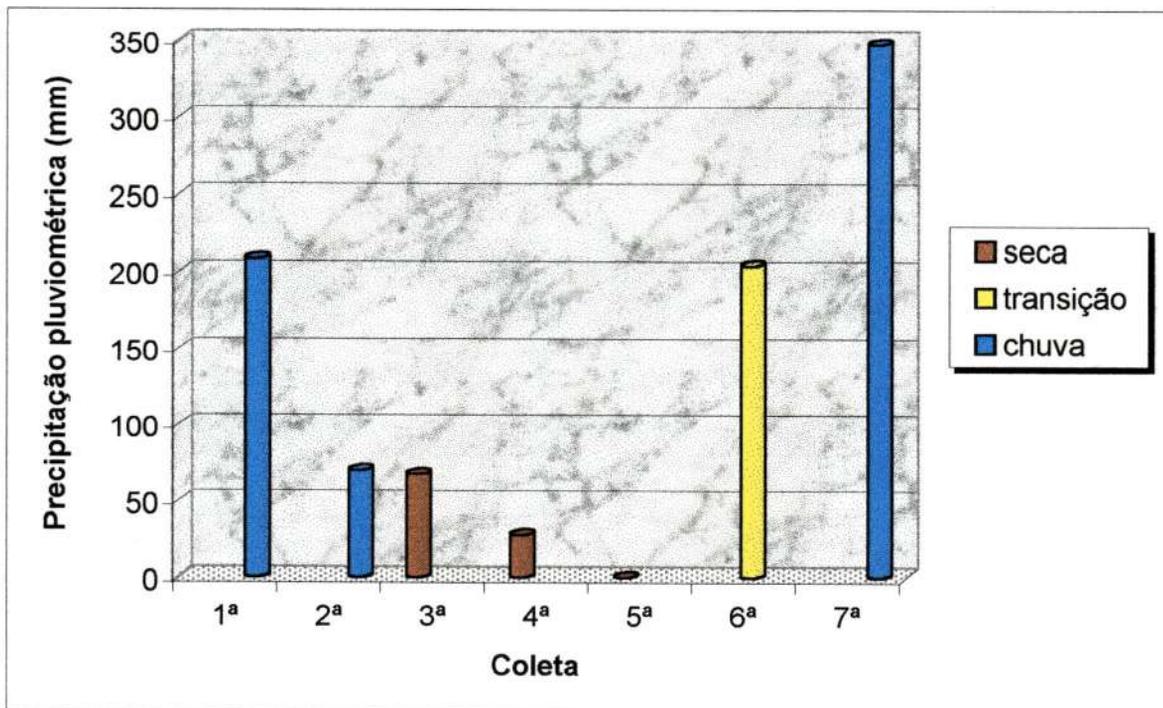


FIGURA 26: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de amostragem do rio Monjolinho

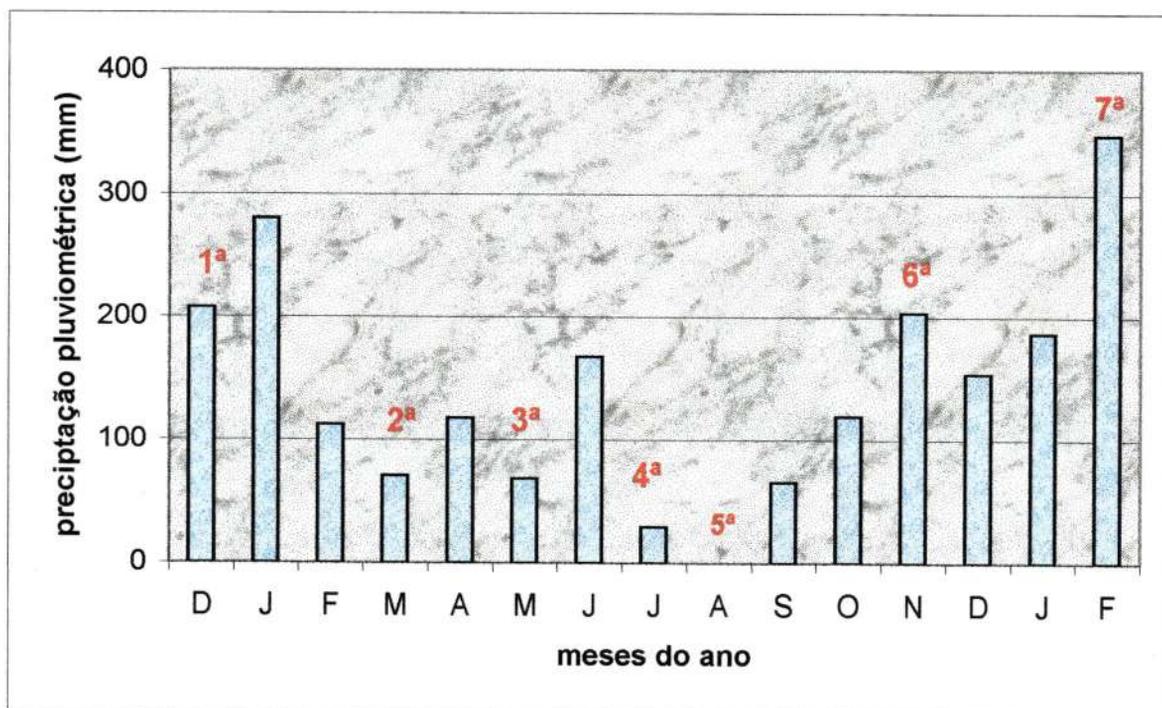


FIGURA 26a: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de dezembro de 1996 a fevereiro de 1998

6.3 - VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS E HIDRÁULICAS

6.3.1 - VAZÃO

A vazão possui importante papel nos ecossistemas aquáticos, sendo a responsável pela diluição de poluentes, carreamento do sedimento de fundo, concentração de sólidos e redissolução de poluentes, etc., estando intimamente associada a precipitação pluviométrica e o uso do solo. É considerada também como importante em estudos de monitoramento ambiental (estudo de qualidade das águas).

Com relação aos valores obtidos para a vazão média nos pontos de amostragem, os resultados das coletas no rio Monjolinho encontram-se na FIGURA 27a e TABELA 27 - ANEXO 1. Onde pode-se verificar que os valores mínimo e máximo obtidos foram respectivamente de $0,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (ponto 1 - 3ª e 6ª coletas) e $7,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (ponto 7 - 6ª coleta). A FIGURA 27b e a TABELA 27 (ANEXO 1), apresentam os resultados obtidos para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5). Os valores mínimos e máximos obtidos nos pontos 3 e 5 foram de $0,04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (4ª coleta) a $0,31 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (5ª coleta) e de $0,11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (5ª coleta) a $0,30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (6ª coleta).

As médias dos valores encontrados (mínimo e máximo) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho no período de chuva foram de $0,04 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0,01 - ponto 1) e $5,25 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0,07 - ponto 9). No período da seca os valores foram de $0,02 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0,01 - ponto 1) e $4,20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0,87 - ponto 9), TABELA 27.1 (ANEXO 1).

O córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5), apresentaram os seguintes valores médios no período de chuva: $0,07 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0 - ponto 3) e $0,22 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (S= 0,01 - ponto 5) e no período de seca os valores de

0,14 m³ s⁻¹ (S= 0,15 - ponto 3) e 0,15 m³ s⁻¹ (S= 0,04 - ponto 5), TABELA 27.1 (ANEXO 1).

As FIGURAS 27a, 27b e a TABELA 27 (ANEXO 1), não apresentam os dados referentes a 1ª coleta, onde por falta de equipamento adequado (molinete), não foi possível realizar a quantificação desta variável.

Segundo WHITON (1975), a vazão é função da velocidade de escoamento e da largura do canal, sendo muito importante para indicar a qualidade da água, pois os fluxos aumentam com a vazão, mesmo que as concentrações de algumas substâncias ou compostos sejam diluídas no período de intensa precipitação pluviométrica.

A vazão do rio Monjolinho aumenta ao longo dos pontos de coleta em direção a sua foz, tanto no período de seca quanto no período de chuvas, não só pela presença de afluentes, mas também do lançamento de águas residuárias (de origem industrial e sanitária) em diversos pontos ao longo de seu curso. No perímetro urbano o rio possui leito bastante acidentado e variação de cota significativa o que favorece o aparecimento de variações na velocidade de escoamento.

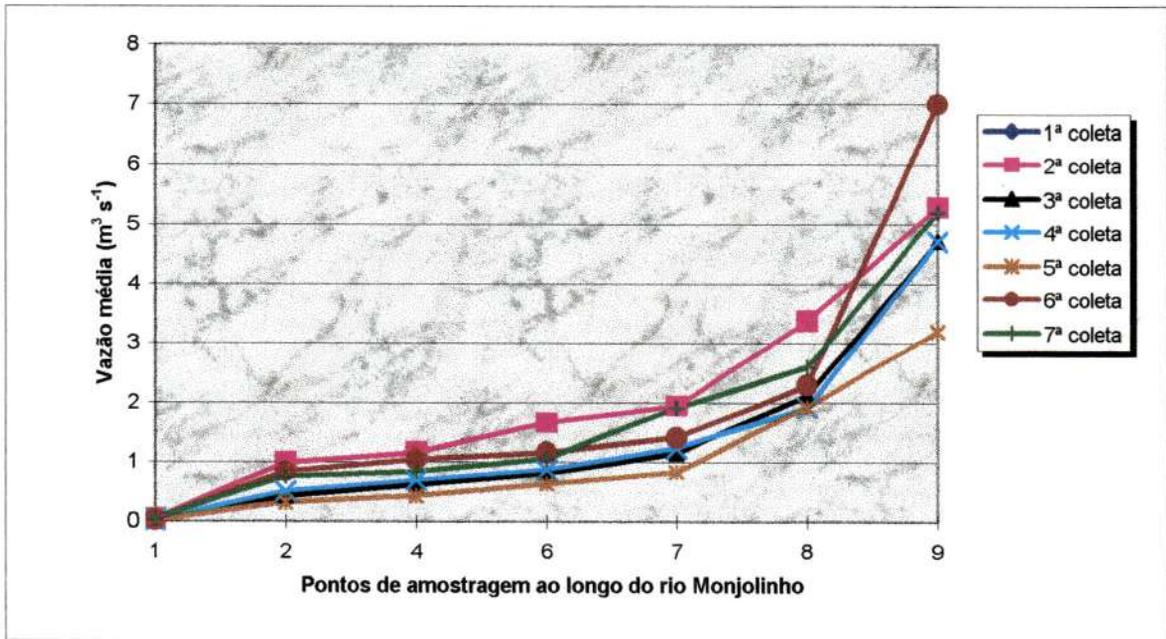


FIGURA 27a: Variação da vazão média nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

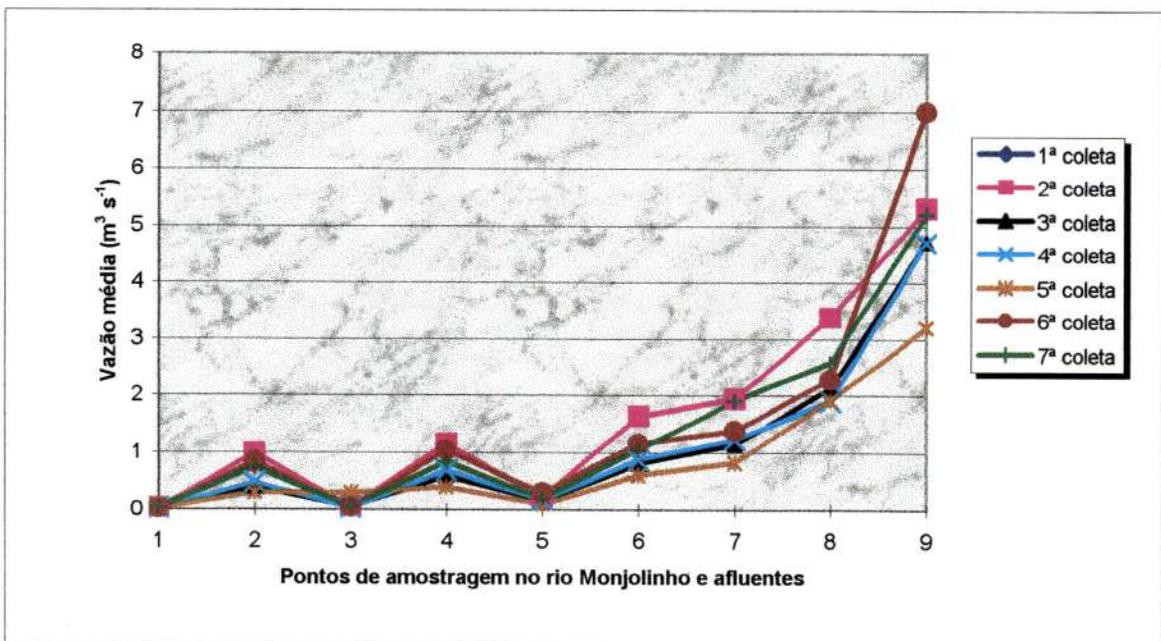


FIGURA 27b: Variação da vazão média nos pontos de amostragem no rio Monjolinho e afluentes

6.3.2. - PROFUNDIDADE DO RIO

O valor de profundidade é extremamente importante para a comunidade aquática, principalmente para os organismos bentônicos e perifíticos, variando em função do tipo de sedimento de fundo e da vazão.

Em áreas de fundo arenoso, no período de cheia, varia constantemente devido aos processos de carreamento do sedimento, em áreas urbanas está também relacionada com a interferência antrópica atuando principalmente nos processos de erosão das margens.

A FIGURA 28a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 28b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. A profundidade média nos pontos de amostragem do rio Monjolinho variaram de 0,10 m (ponto 1 - 4ª coleta) a 1,65 m (ponto 7 - 3ª coleta), FIGURA 28a e TABELA 28 (ANEXO 1).

As médias dos valores nos pontos de amostragem do rio Monjolinho no período das chuvas (mínimo e máximo) foram, respectivamente, de 0,19 m (S= 0,05 - ponto 1) e 1,26 m (S= 0,42 - ponto 7). No período de seca observa-se os valores de 0,12 m (S= 0,03 - ponto 1) e 1,56 m (S= 0,12 - ponto 7), TABELA 28.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os afluentes estudados (FIGURA 28b e TABELA 28 - ANEXO 1), verifica-se que os valores de profundidade média variaram no córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e no córrego do Gregório (ponto 5) de 0,22 m a 0,82 m (ponto 3 - 6ª e 7ª coletas) e 0,20 m a 0,90 m (ponto 5 - 3ª e 6ª coletas). Com relação a média dos valores no período da chuva, tem-se os valores de 0,47 m (S= 0,30 - ponto 3) e 0,43 m (S= 0,17 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 0,30 m (S= 0,03 - ponto 3) e 0,30 m (S= 0,09 - ponto 5), TABELA 28.1 (ANEXO 1).

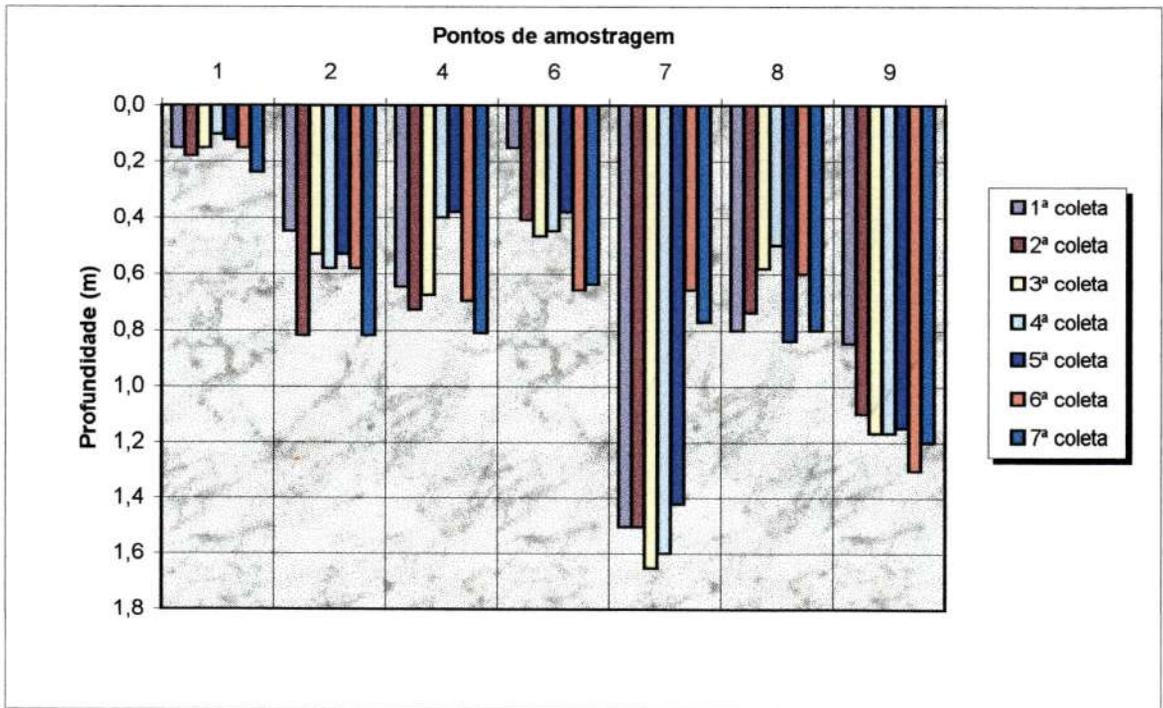


FIGURA 28a: Variação da profundidade média nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

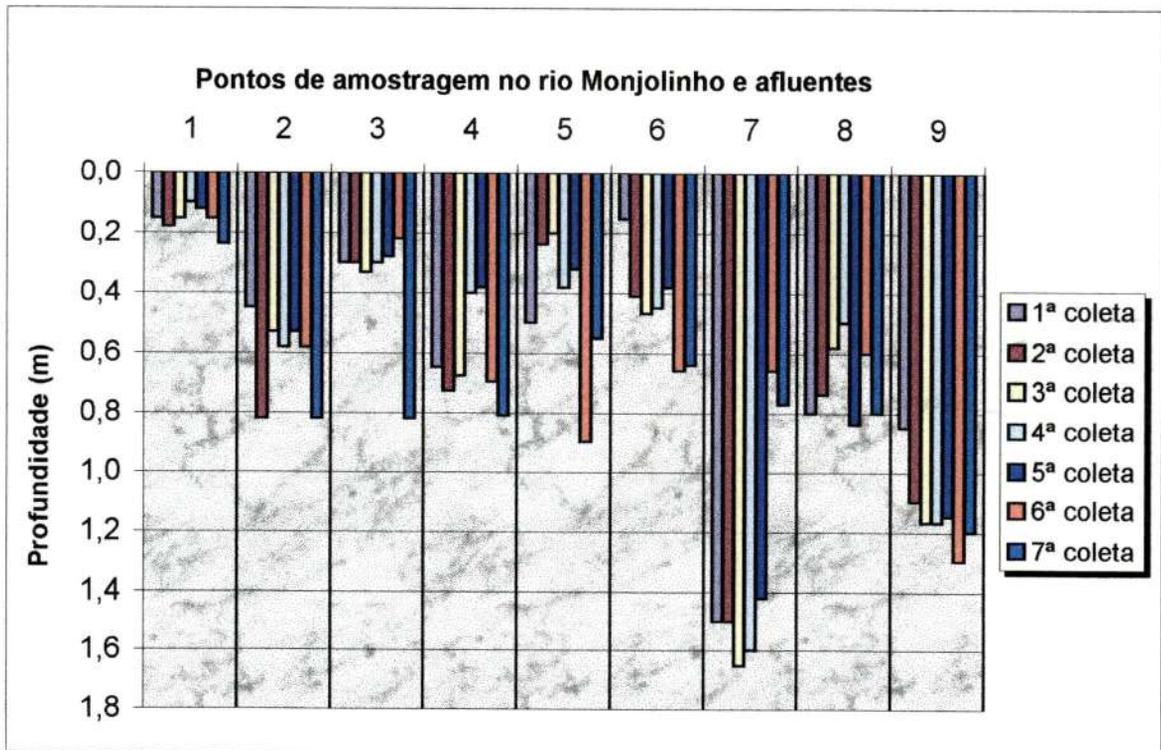


FIGURA 28b: Variação da profundidade média nos pontos de amostragem

6.4 - CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO ANALISADO

6.4.1. - TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SEDIMENTO

O teor de matéria orgânica é resultado, geralmente, do aporte de material alóctone das áreas marginais, ação antrópica (despejos de efluentes) e processos autóctones (por exemplo, a sedimentação de detritos originários de excretas sólidos de organismos).

Trata-se de uma variável de extrema importância para os organismos de fundo (bentônicos), pois pode determinar a diversidade biótica do meio. A grande concentração de matéria orgânica no sistema favorece o aparecimento de poucas espécies, propiciando entretanto a alta densidade destas espécies, consideradas tolerantes à nova situação.

O teor de matéria orgânica no sedimento, pela ação específica sobre os organismos, atua de maneira indireta como um indicador de poluição. Entretanto, deve-se observar que esta variável sozinha jamais poderia caracterizar uma determinada região quanto à qualidade ambiental.

O teor de matéria orgânica está sujeito à interferência de fatores externos e internos ao meio, devendo-se considerar a precipitação pluviométrica, escoamento superficial, tipo de substrato, vegetação aquática e marginal, decomposição e a influência antrópica na forma de lançamento de efluentes industriais, esgoto sanitário e presença de resíduos sólidos "in loco" ou nas proximidades.

Vale ressaltar que o teor de matéria orgânica foi determinado segundo GUERESCHI (1995), com a utilização da seguinte equação:

$$\%MO = \frac{(CSE - CSQ)}{(CSE - CS)} \times 100$$

onde:

- PS : massa do sedimento seco em estufa (g) = CSE-CS
 CSE : massa do cadinho com sedimento seco em estufa (g) - 105 °C
 CS : massa do cadinho vazio (g)
 CSQ : massa do cadinho após incineração em mufla (550 °C)

A FIGURA 29a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 29b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores encontrados para o teor de matéria orgânica no sedimento nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0,12% (ponto 8 - 6ª coleta) a 86,79% (ponto 7 - 1ª coleta), FIGURA 29a e TABELA 29 - ANEXO 1.

As médias do teor de matéria orgânica no sedimento (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período das chuvas foram de 0,44% (S=0,11 - ponto 8) e 32,22% (S=47,46 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,39% (S=0,23 - ponto 8) e 7,11% (S=10,11 - ponto 6), TABELA 29.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho, verificou-se que o teor de matéria orgânica no sedimento, mínimo e máximo obtido para o córrego do Tijucu Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 0,55% a 3,79% (3ª e 5ª coletas - ponto 3) e de 1,23% a 3,55% (6ª e 2ª coletas - ponto 5), FIGURA 29b e TABELA 29 (ANEXO 1). Com relação a média dos valores no período da chuva, observa-se os valores de 0,90% (S=0,23 - ponto 3) e 3,40% (S=0,22 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 1,89% (S=1,69 - ponto 3) e 1,70% (S=0,26 - ponto 5), TABELA 29.1 (ANEXO 1).

Com relação à estratificação do sedimento no ponto 1, observa-se que os maiores teores de matéria orgânica no sedimento no período das chuvas foram obtidos nos estratos a 5 cm e 10 cm; no período de seca, ocorreu mudanças no comportamento do teor de matéria orgânica, com as maiores percentagens obtidas nos estratos a 15 cm, com exceção da 5ª coleta (FIGURA 29a, 29b e TABELA 29 - ANEXO 1).

A distribuição vertical do teor de matéria orgânica no ponto 9, foi similar ao apresentado pelo ponto 1 no período de chuva. No período de seca, os estratos apresentaram valores mais ou menos homogêneos. Este mesmo comportamento foi observado no período de transição, tanto para o ponto 1 quanto para o ponto 9 (FIGURA 29a, 29b e TABELA 29 - ANEXO 1).

O teor de matéria orgânica do sedimento do rio no período de chuva é considerado baixo em relação aos resultados obtidos em outros ecossistemas lóticos na região, inferior a 3%, com exceção do ponto 7. No período de seca o teor médio chega a aproximadamente 7% nos pontos 6 e 7; no período de transição, a aproximadamente 4% no ponto 1.

O fato do ponto 7 ter apresentado um resultado médio de 32% no período de chuva está relacionado ao teor encontrado na 1ª coleta (aproximadamente 87%), cujo sedimento de fundo analisado se constituía basicamente de microrganismos e restos de alimentos, tornando necessária a busca de local mais adequado à coleta de sedimento.

Os baixos teores encontrados para a matéria orgânica do sedimento do rio Monjolinho se justificam por se tratar de ambiente lótico, onde o fluxo transportava a matéria orgânica para locais com velocidades menores, onde acabavam ficando retidos em uma pequena "lagoa de estabilização" formada por uma barragem da CPFL (Companhia

Paulista de Força e Luz), local que a partir da 2ª coleta tornou-se o ponto de amostragem de sedimento do ponto 7.

Observando-se os resultados do ponto 7 na 6ª coleta, nota-se uma diminuição nos teores de matéria orgânica em relação as coletas anteriores devido a retirada desta barragem e o processo de transporte do sedimento.

O valor médio de aproximadamente 19% para o teor de matéria orgânica no ponto 6, na 5ª coleta, está associado à diminuição da vazão e da velocidade de escoamento do rio, durante um período longo sem precipitação pluviométrica.

Os resultados encontrados neste estudo (0,44 a 7,11%), foram menores que os observados por RIOS (1993) para a bacia do Ribeirão do Feijão (0,18 a 10,78%), mas semelhantes aos obtidos por GUERESCHI (1995) para este mesmo ecossistema (0,5 a 6,4%). Esta semelhança indica que não ocorreu alteração para o teor de matéria orgânica ao longo do tempo.

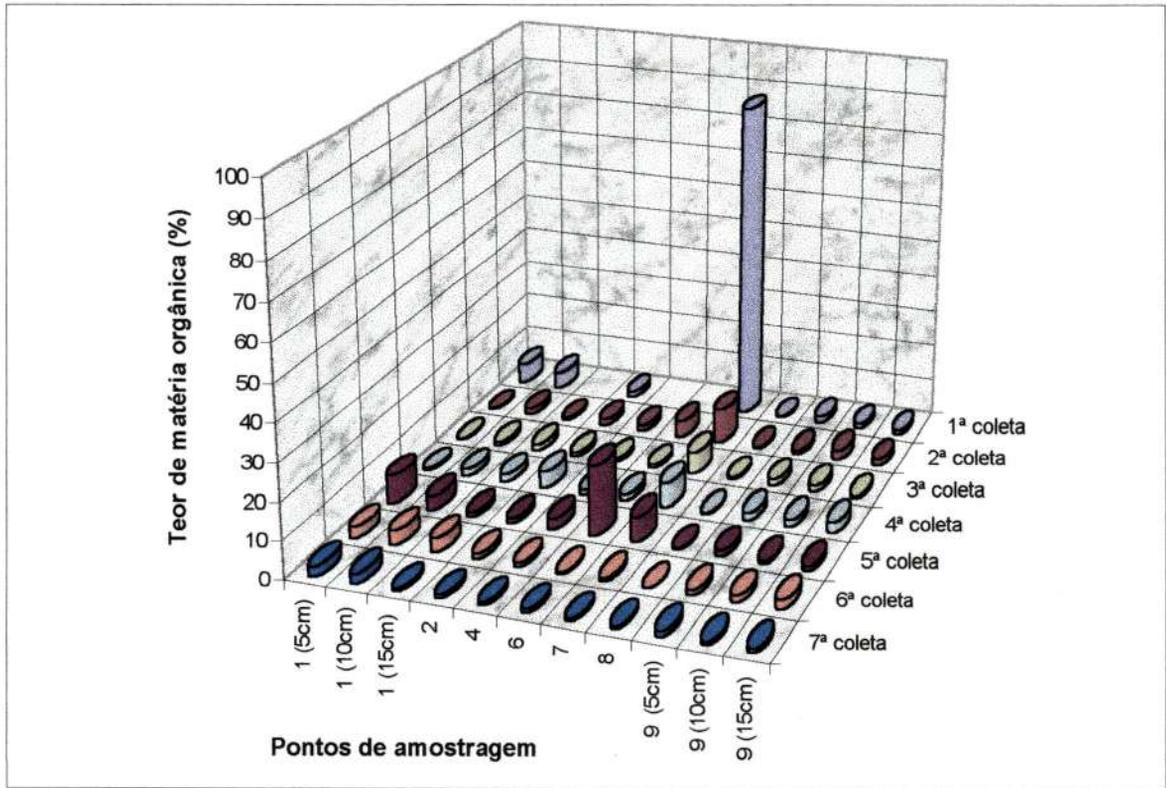


FIGURA 29a: Variação do teor de matéria orgânica do sedimento nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

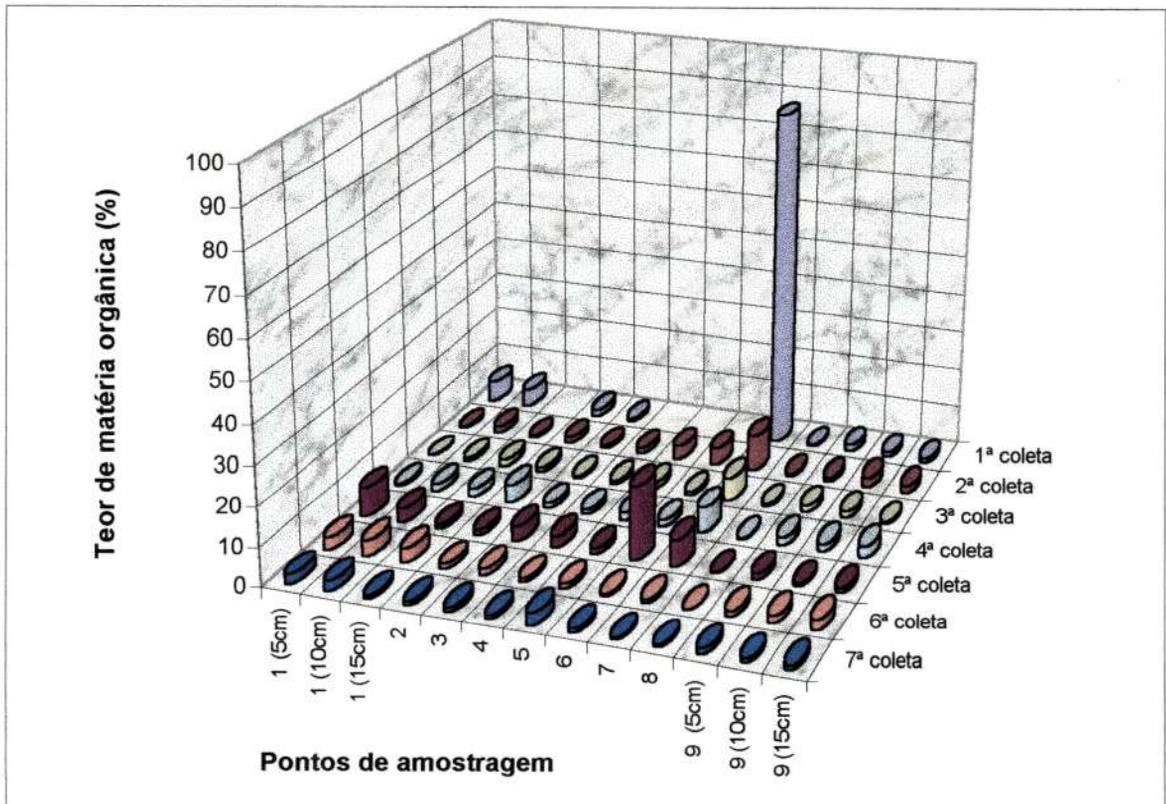


FIGURA 29b: Variação do teor de matéria orgânica do sedimento nos pontos de amostragem

6.4.2 - TEOR DE NITROGÊNIO NO SEDIMENTO

Em áreas tropicais, encontra-se geralmente associado ao teor de matéria orgânica.

A análise do nitrogênio em sedimentos é de extrema importância em ecossistemas aquáticos, por estar diretamente ligado ao ciclo do nitrogênio na água, tanto a fixação quanto a conversão. As análises para detecção do nitrogênio total incluem tanto o nitrogênio orgânico quanto o amoniacal que são importantes para a manutenção da vida no ecossistema.

O ciclo de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo, tanto no sedimento quanto na água, são fundamentais para o conhecimento dos processos internos do ecossistema.

A FIGURA 30a apresenta os resultados obtidos nos pontos de amostragem do rio Monjolinho e a FIGURA 30b apresenta os resultados obtidos para o rio Monjolinho e seus afluentes. Os valores encontrados para o teor de nitrogênio total (Kjeldhal) do sedimento nos pontos de coleta do rio Monjolinho variaram de 0,01% a 1,14% no ponto 7 na 1ª coleta (FIGURA 30a e TABELA 30 do ANEXO 1).

As médias do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) do sedimento (mínimo e máximo) nos pontos de coleta do rio Monjolinho no período das chuvas foram de 0,09% (S=0,11 - ponto 6) e 0,65% (S=0,58 - ponto 7). No período da seca os valores foram respectivamente de 0,01% (S=0,01 e 0 - ponto 4 e 8) e 0,13% (S=0,18 e 0,03 - ponto 6 e 7), TABELA 30.1 (ANEXO 1).

Observando-se os dados para os dois afluentes do rio Monjolinho estudados, verifica-se que o teor nitrogênio total (Kjeldhal) do sedimento, mínimo e máximo obtido para o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e para o córrego do Gregório (ponto 5) foram de 0,01% a 0,22% (1ª, 7ª e 2ª coletas - ponto 3) e de 0,01% a 0,33% (4ª, 6ª e 2ª coletas - ponto 5), FIGURA 30b e TABELA 30 (ANEXO 1). Com relação a média dos

valores no período da chuva, observa-se os valores de 0,08% (S=0,12 - ponto 3) e 0,18% (S=0,22 - ponto 5); para o período de seca observa-se os valores de 0,03% (S=0,01 - ponto 3) e 0,02% (S=0,01 - ponto 5), TABELA 30.1 (ANEXO 1).

Com relação à estratificação do sedimento no ponto 1, observa-se que os maiores teores de nitrogênio total (Kjeldhal) do sedimento no período das chuvas foram obtidos nos estratos a 5 cm e 10 cm. Com relação ao período de seca, o teor manteve-se homogêneo, com exceção da 5ª coleta, onde as maiores percentagens foram obtidas nos estratos a 5 cm (FIGURA 30a, 30b e TABELA 30 - ANEXO 1).

O comportamento do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) na estratificação do ponto 9, mostrou valores homogêneos com exceção da 2ª coleta. No período de seca o teor nos estratos mantiveram-se mais ou menos homogêneos. No período de transição, o ponto 1 apresentou as maiores percentagens de nitrogênio total (Kjeldhal) no estrato a 15 cm e o ponto 9 a 10cm (FIGURA 30a, 30b e TABELA 30 - ANEXO 1).

Os teores de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento do rio Monjolinho podem ser considerados baixos, quando comparados com outros ecossistemas da região, como por exemplo o rio Jacaré Guaçu. As maiores concentrações foram obtidas no período de chuvas, podendo esta circunstância estar associada ao carreamento de sedimento alóctone de suas margens, devido ao processo de erosão decorrente da retirada da mata marginal. Com relação aos pontos de amostragem, as maiores concentrações foram encontradas no ponto 7, o qual como já discutido, constituía-se em ponto de lançamento de praticamente todo o esgoto sanitário da cidade.

Como comentado por SANTOS (1988) e GUERESCHI (1995), as baixas concentrações detectadas podem ser explicadas pelo fato de que a grande percentagem de nitrogênio total encontra-se na forma orgânica.

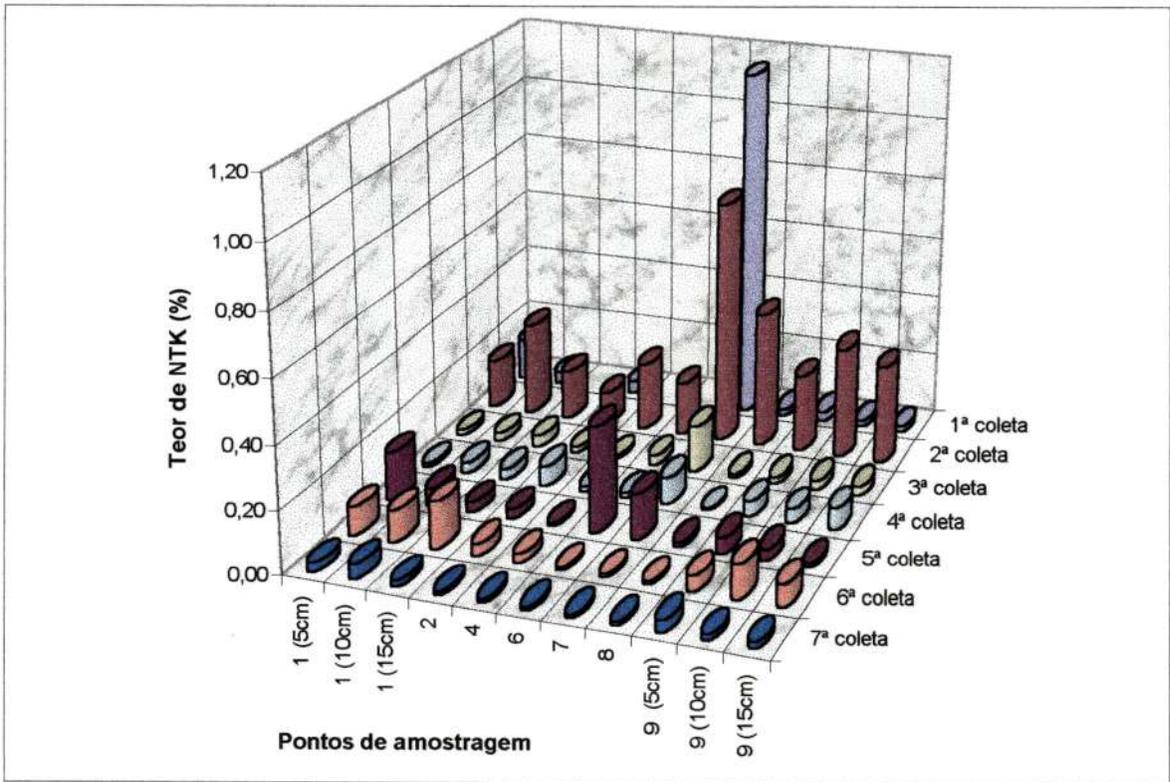


FIGURA 30a: Variação do teor de nitrogênio total Kjeldhal (NTK) do sedimento nos pontos de amostragem do rio Monjolinho

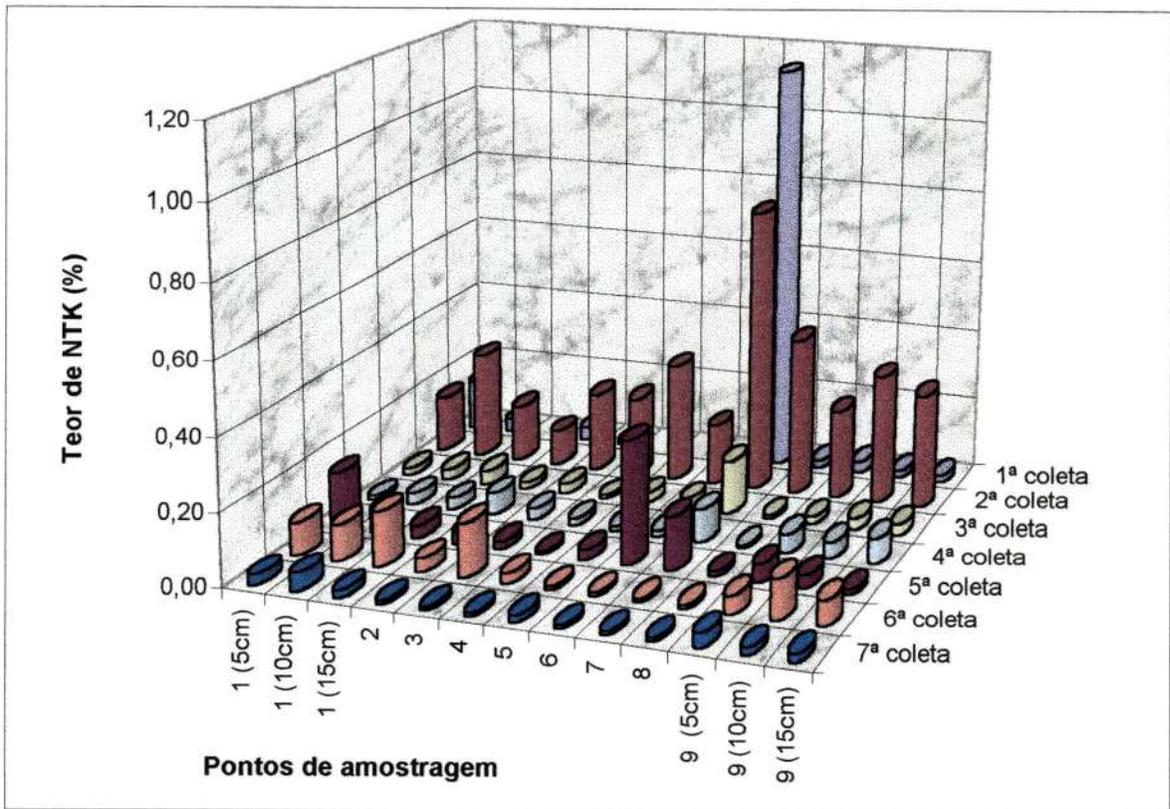


FIGURA 30b: Variação do teor de nitrogênio total Kjeldhal do sedimento nos pontos de amostragem

6.4.3 - GRANULOMETRIA DO SEDIMENTO

O sedimento dos ecossistemas aquáticos são formados basicamente por uma variedade de materiais, orgânicos ou inorgânicos, cuja natureza pode ser tanto autóctone como alóctone.

u A composição dos sedimentos é função dos tipos de rochas, vegetação marginal, fatores hidrológicos, meteorológicos, biológicos, topográficos e químicos.

h) A composição granulométrica é importante nos ecossistemas aquáticos para determinar padrões de distribuição biológica e química, além de estar diretamente associada à composição das comunidades bentônicas. É importante ressaltar que a análise granulométrica permite caracterizar o solo do ecossistema aquático e o transporte de sedimento, propiciando assim a inferência de previsões ambientais.

As FIGURAS 31, 32 e 37 e as TABELAS 31, 32 e 37 (ANEXO 1) apresentam os resultados da granulometria do sedimento do rio Monjolinho e dos afluentes estudados (córrego do Tijuco Preto e do Gregório) obtidos para os pontos de amostragem na 1ª, 2ª e 7ª coletas correspondente ao período denominado chuvas. Analisando-se estes resultados percebe-se que as maiores concentrações de sedimento ficaram retidas nas peneiras de 0,250 mm e 0,105 mm; somente o ponto 2 apresentou uma percentagem alta na peneira de 0,500 mm e 0,250 mm. Com relação aos afluentes estudados, no ponto 3, no córrego do Tijuco preto, observou-se o mesmo padrão granulométrico dos pontos de amostragem correspondentes ao rio Monjolinho, com exceção da 1ª coleta, onde foram observados valores consideráveis na malha correspondente a 0,500 mm. No córrego do Gregório, na 1ª coleta não foi possível encontrar sedimento em local acessível para a coleta e em relação à 2ª e 3ª coletas, também consideradas como realizadas em período de chuvas, a análise granulométrica do sedimento revelou que as maiores concentrações correspondiam

à faixa de 0,250 mm a 1,000 mm (FIGURAS 31, 32 e 37 e as TABELAS 31, 32 e 37 do ANEXO 1).

A concentração de silte e argila apresentou uma pequena redução nas coletas realizadas no período das chuvas (FIGURAS 31, 32 e 37 e as TABELAS 31, 32 e 37 do ANEXO 1).

As FIGURAS 33, 34 e 35 e as TABELAS 33, 34 e 35 (ANEXO 1) apresentam os resultados da granulometria do sedimento do rio Monjolinho e os afluentes estudados (córrego do Tijuco Preto e do Gregório) obtidos para os pontos de amostragem na 3ª, 4ª e 5ª coletas realizadas no período denominado seca. Analisando-se estes resultados, percebe-se que as maiores quantidades de sedimento ficaram retidas nas peneiras de 0,250 mm e 0,105 mm. O ponto 2 apresentou percentagem alta nas peneiras de 0,500 mm e 0,250 mm, o ponto 6 apresentou o mesmo comportamento que o ponto 2, com exceção da 5ª coleta, onde apresentou sedimento de origem mais fina como silte e argila, e concentrações significativas na peneira com malha de 0,053 mm. O ponto 7 nas 3ª, 4ª e 5ª coletas apresentou as maiores concentrações na peneira com malha de 0,105 mm e concentrações significativas de silte e argila; o que também foi observado no ponto 9 (15 cm), na 4ª coleta.

Com relação aos afluentes estudados, o ponto 3 referente ao córrego do Tijuco preto apresentou o mesmo padrão granulométrico da maioria dos pontos de amostragem correspondentes ao rio Monjolinho, com exceção da 3ª coleta, onde apresentou valores consideráveis na malha correspondente a 0,500 mm. No córrego do Gregório a granulometria do sedimento mostrou as maiores concentrações na faixa de 1,000 mm a 0,250 mm, caracterizando um sedimento de configuração mais grosseira (FIGURAS 33, 34 e 35 e as TABELAS 33, 34 e 35 do ANEXO 1).

Para a concentração de silte e argila observa-se uma pequeno aumento na concentração nas coletas do período da

seca (FIGURAS 33, 34 e 35 e as TABELAS 33, 34 e 35 do ANEXO 1).

Com relação à estratificação, no ponto 1 e 9, pode-se observar que no período das chuvas (FIGURAS 31, 32 e 37 e as TABELAS 31, 32 e 37 do ANEXO 1) as maiores concentrações no ponto 1 de silte e argila foram encontradas a 10 cm. Este comportamento também foi observado no ponto 9 na 2ª coleta. As outras coletas no período de chuva o ponto 9 apresentou padrão mais ou menos homogêneo na estratificação com relação à concentração de silte e argila. No período de coleta considerado como estação seca (FIGURAS 33, 34 e 35 e as TABELAS 33, 34 e 35 do ANEXO 1) a distribuição vertical do sedimento no ponto 1 e 9 indica padrões variáveis nas três coletas, ou seja, 3ª, 4ª e 5ª coletas.

Para a 6ª coleta realizada no período de transição entre a estação seca e chuvosa, observa-se as maiores concentrações nas peneiras com malhas de 0,250 mm e 0,105 mm para os pontos 1, 4 e 8; entretanto para os pontos de amostragem 2, 6 e 7 obteve-se as suas maiores concentrações nas malhas 0,500 mm e 0,250 mm. O ponto 9 nos estratos de 5 cm, 10 cm e 15 cm, apresentou o mesmo padrão, ou seja, as maiores concentrações foram obtidas na malha de 0,105 mm (FIGURA 36 e TABELA 36 do ANEXO 1).

A análise granulométrica do sedimento realizada neste estudo, permite a classificação do sedimento como tipicamente arenoso, com percentagens de fração grosseira acima de 90%, para quase todos os pontos de amostragem, com exceção do ponto 6 e 7 no período de seca. Basicamente, esta exceção ocorreu por uma diminuição da velocidade e à ausência de precipitação pluviométrica. GUERESCHI (1995) observou resultados semelhantes para a granulometria do sedimento do rio Monjolinho.

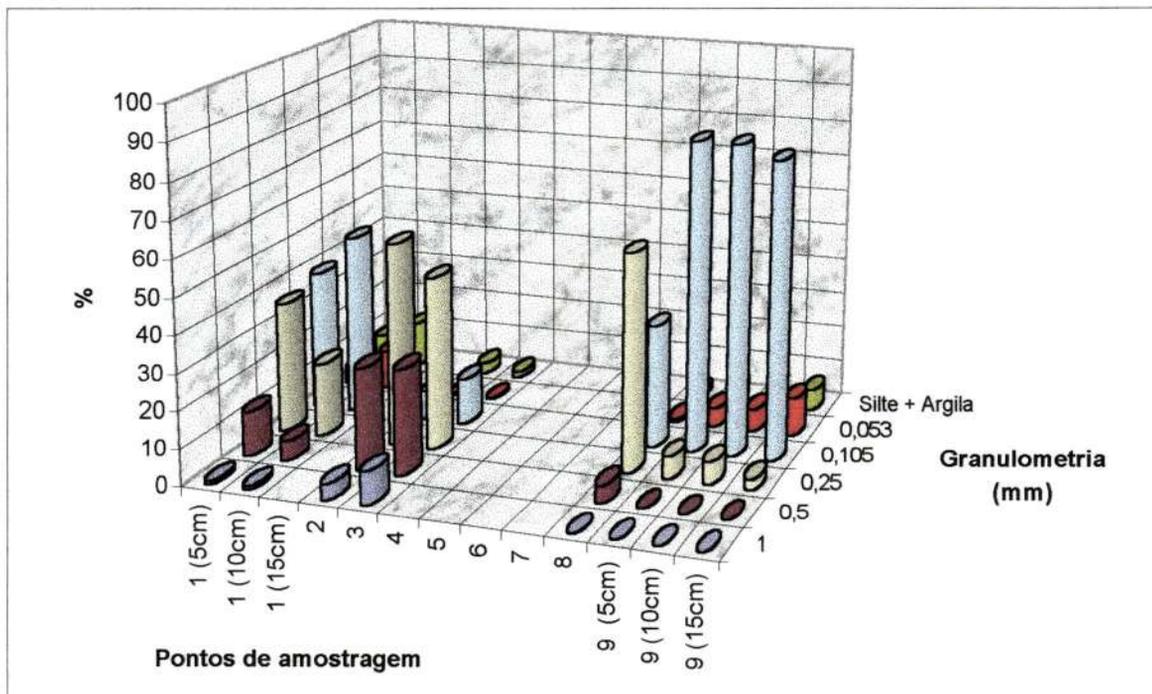


FIGURA 31: Granulometria do sedimento correspondente à 1ª coleta (12/12/1996)

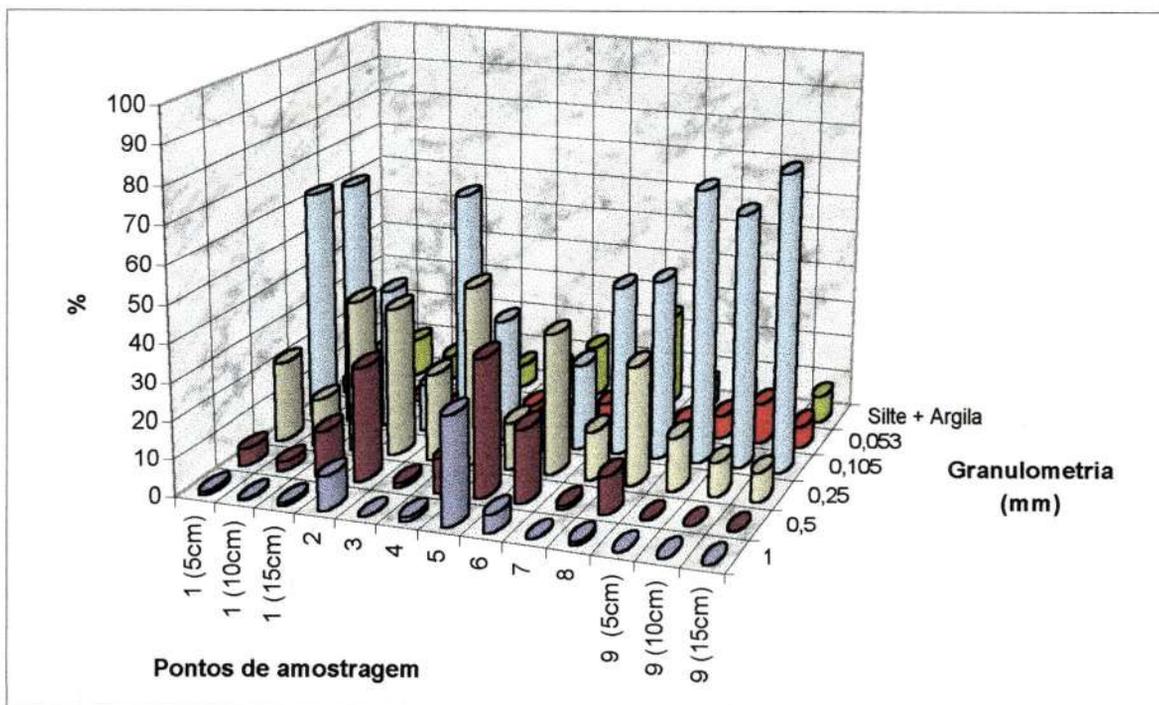


FIGURA 32: Granulometria do sedimento correspondente à 2ª coleta (07/03/1997)

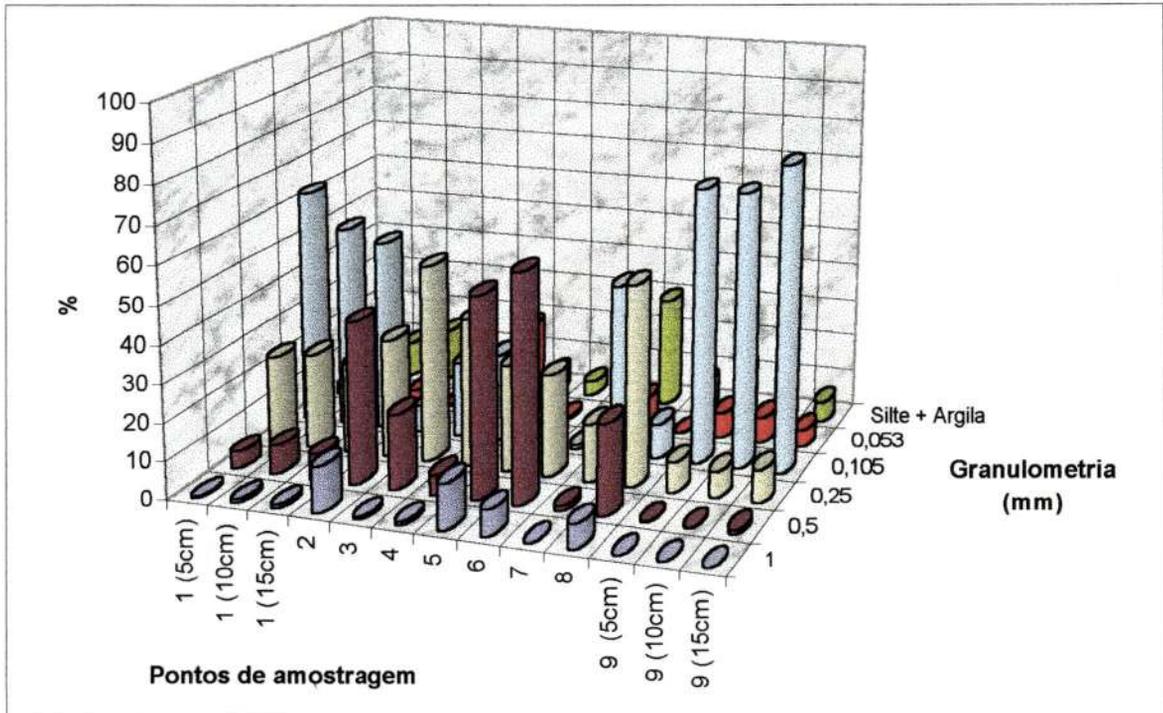


FIGURA 33: Granulometria do sedimento correspondente à 3ª coleta (10/05/1997)

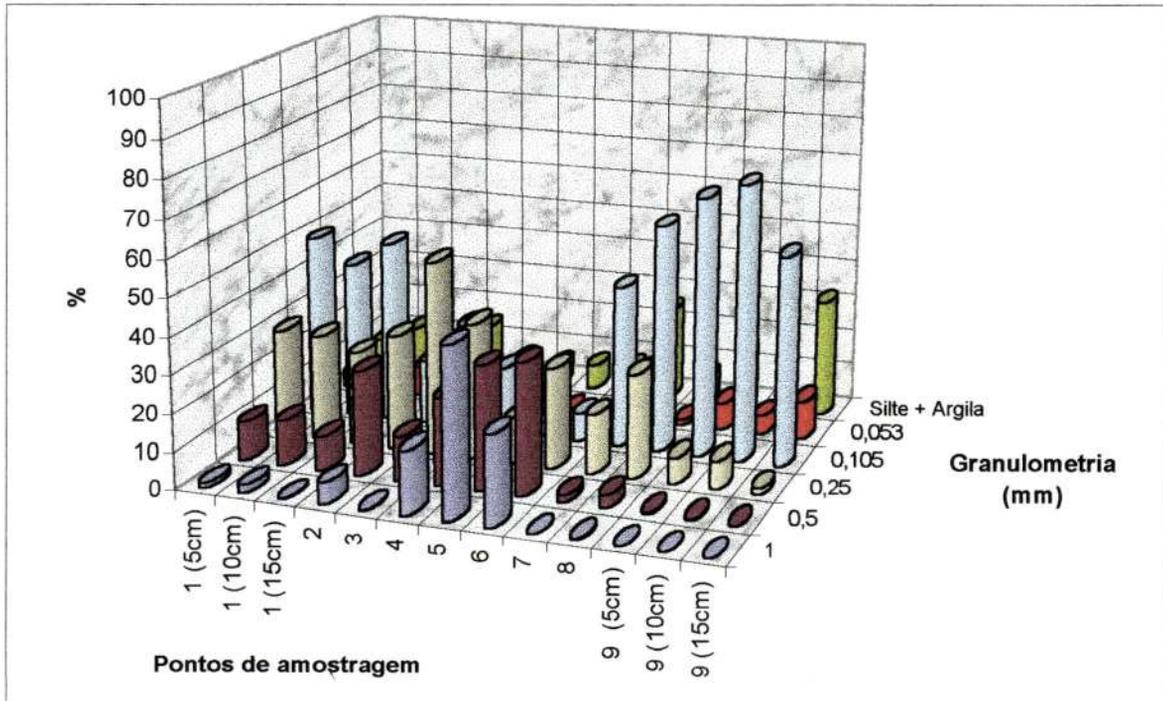


FIGURA 34: Granulometria do sedimento correspondente à 4ª coleta (12/07/1997)

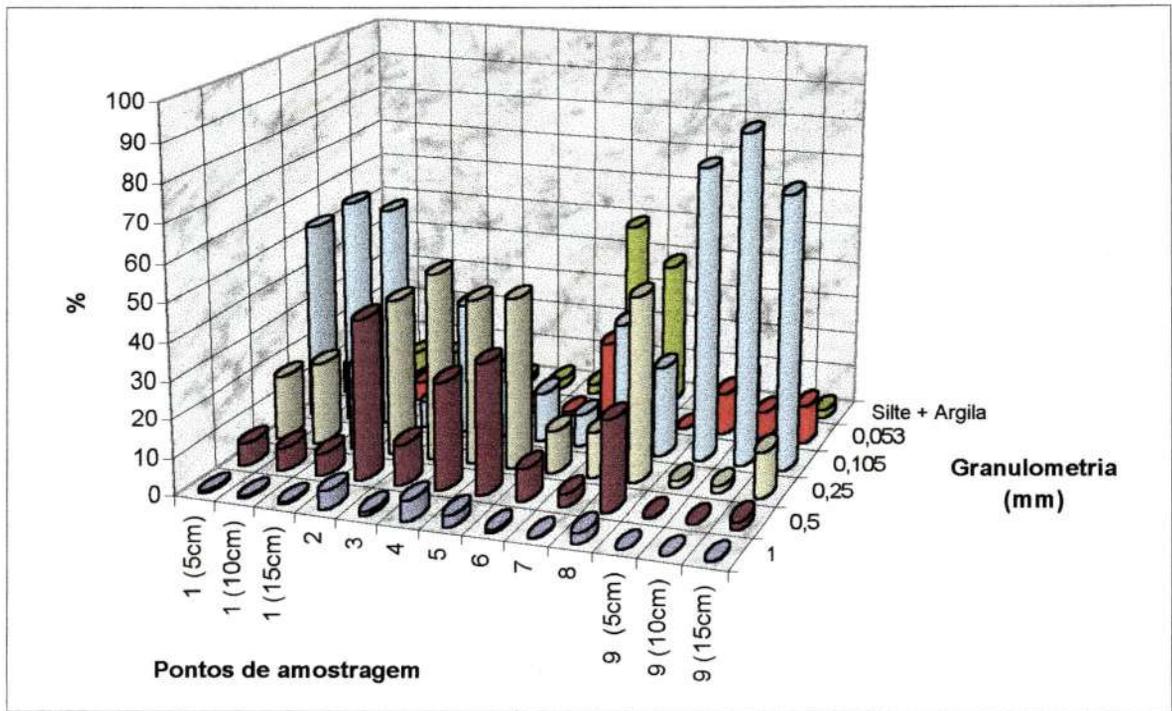


FIGURA 35: Granulometria do sedimento correspondente à 5ª coleta (24/08/1997)

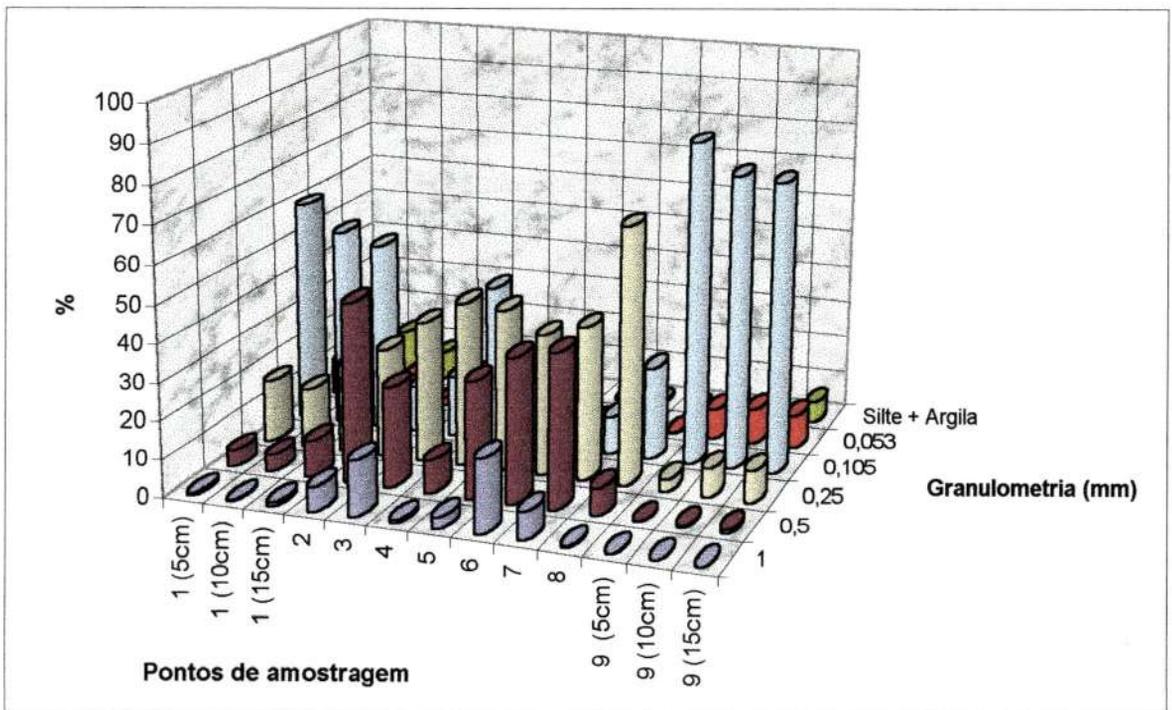


FIGURA 36: Granulometria do sedimento correspondente à 6ª coleta (08/11/1997)

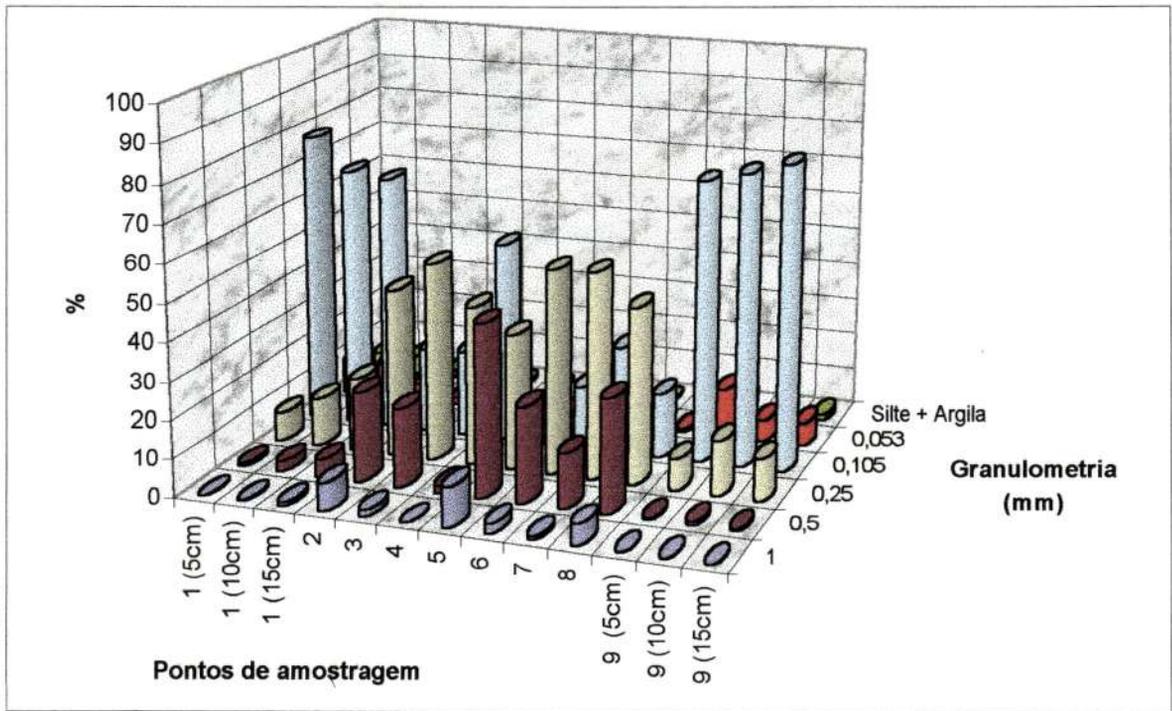


FIGURA 37: Granulometria do sedimento correspondente à 7ª coleta (13/02/1998)

6.5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DA ÁGUA

Esta análise teve por objetivo indicar as variáveis que melhor descreveram o comportamento verificado no rio Monjolinho ao longo do período de estudo, agrupando as variáveis mais representativas nos processos ocorridos dentro do ecossistema na forma de fatores.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa de computação Statística versão 5, produzido pela Statsoft.

Os resultados da análise multivariada (Análise dos Componentes Principais) para os valores médios obtidos das estações nos pontos de coletas do rio Monjolinho para as variáveis físicas e químicas da água encontram-se nas FIGURAS 6.5 e 6.5a e nas TABELAS 6.5.2 e 6.5.3.

Foram consideradas as seguintes variáveis na água: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato total, fosfato dissolvido inorgânico, alcalinidade total, nitrogênio total Kjeldhal, nitrogênio amoniacal, nitrato, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos voláteis, sólidos totais, sólidos sedimentáveis e vazão.

O primeiro fator exprime 53,25% e os dois primeiros fatores exprimem 70,69% da variabilidade total dos dados (TABELA 6.5.2). O fator 1 explicou 53,25% desta variação estando associada positivamente, em ordem de importância, à alcalinidade total, condutividade elétrica, fosfato total, sólidos sedimentáveis, nitrogênio amoniacal, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos totais, turbidez, DBO e negativamente com o oxigênio dissolvido (TABELA 6.5.3). O

fator 2 de correlação (17,44%), esteve relacionado positivamente com a temperatura e o pH. A ordenação das variáveis pela Análise dos Componentes Principais para os fatores 1 e 2, encontram-se na FIGURA 6.5.

Quando se analisa a FIGURA 6.5 em relação à FIGURA 6.5a, se observa que em relação a ordenação dos locais e dos períodos de amostragem, o fator 1 apresenta clara separação entre os pontos de amostragem, os pontos 7, 8 e 9, dos pontos 1, 2, 4 e 6. Este fato pode ser observado nos três períodos estudados (chuva, seca e transição). Os pontos de coleta 7, 8 e 9 no período de transição e de chuva estão associados à vazão, turbidez, sólidos suspensos (totais e voláteis), sólidos sedimentáveis, nitrogênio total Kjeldhal, nitrogênio amoniacal e temperatura. Os pontos 1, 2, 4 e 6 agruparam-se em função do oxigênio dissolvido (FIGURAS 6.5 e 6.5a).

O fator 2 separa claramente o período de seca do período de chuva e transição, em função da vazão, turbidez, sólidos suspensos (totais e voláteis) e nitrogênio total Kjeldhal, mas principalmente pela temperatura e pH da água (FIGURAS 6.5 e 6.5a).

Analisando os pontos de coleta em função das variáveis (FIGURAS 6.5 e 6.5a), pode-se observar que o ponto de coleta 7 no período da seca é separado dos demais em função do fosfato dissolvido inorgânico, mas principalmente pela temperatura e pH e o ponto de coleta 8, e também no período de seca está associado aos valores de nitrato. O ponto 1 (nascente) está associado aos valores de oxigênio dissolvido.

As variáveis responsáveis pela separação dos períodos foram o nitrogênio total Kjeldhal, turbidez, sólidos suspensos (totais e voláteis) e vazão para o período de chuva e para o período de seca foram o fosfato total, DQO e

principalmente o fosfato dissolvido inorgânico (FIGURAS 6.5 e 6.5a).

TABELA 6.5.2: Dados do tratamento estatístico incluindo: Eigenvalue (fatores), valores e porcentagens da variância total e acumulada obtidos na ACP das variáveis físicas e químicas em função dos períodos e pontos de amostragem.

Número do Eigenvalue	Valor do Eigenvalue	% total da Variância	% acumulada da Variância
1	9,585156	53,25087	53,25087
2	3,138370	17,43539	70,68626

TABELA 6.5.3: Correlação das variáveis físicas e químicas com os componentes principais 1 e 2 (os valores em azul são os mais significativos para cada fator).

Variáveis	Fator 1	Fator 2
TA	0,292751	0,820568
OD	-0,810287	0,174020
pH	-0,218488	0,700302
CD	0,896163	-0,251959
TB	0,745947	0,488358
DQO	0,857986	-0,356832
DBQ	0,722268	-0,184029
PT	0,889927	-0,408575
PDI	0,621217	-0,656304
ALC	0,923483	-0,104303
NTK	0,605918	0,630666
NA	0,863754	0,095993
NTA	0,394312	-0,124531
SST	0,792603	0,408534
SSV	0,691202	0,337185
ST	0,816439	-0,064830
SS	0,883578	0,089502
VAZ	0,570207	0,393337

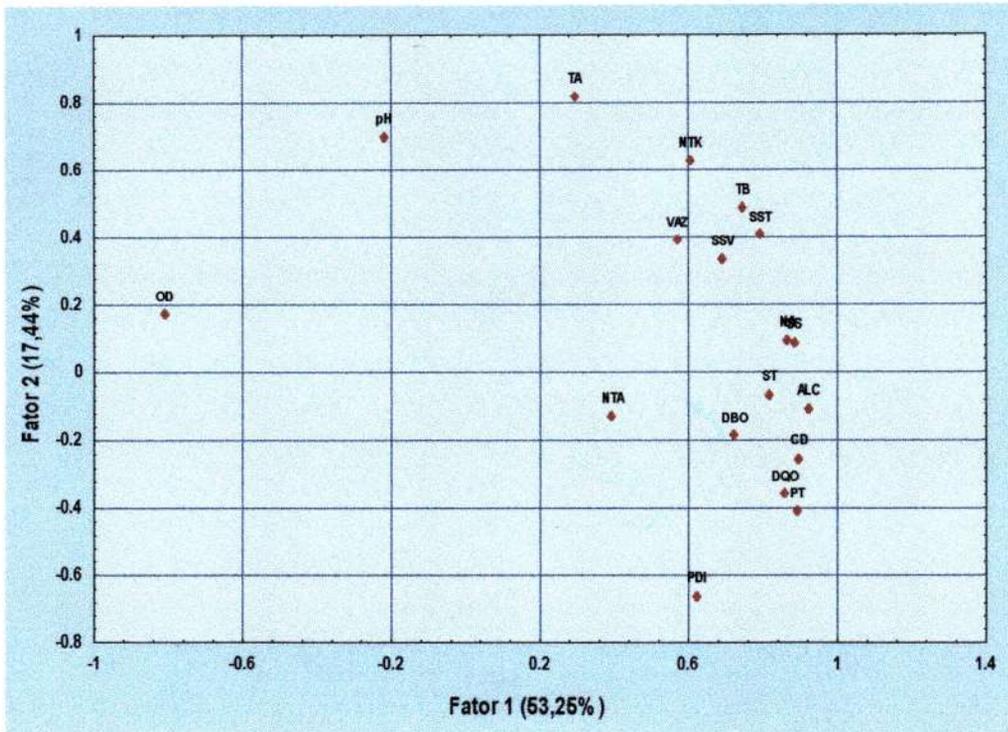


FIGURA 6.5: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela análise dos componente principais (ACP) fator 1 e fator 2

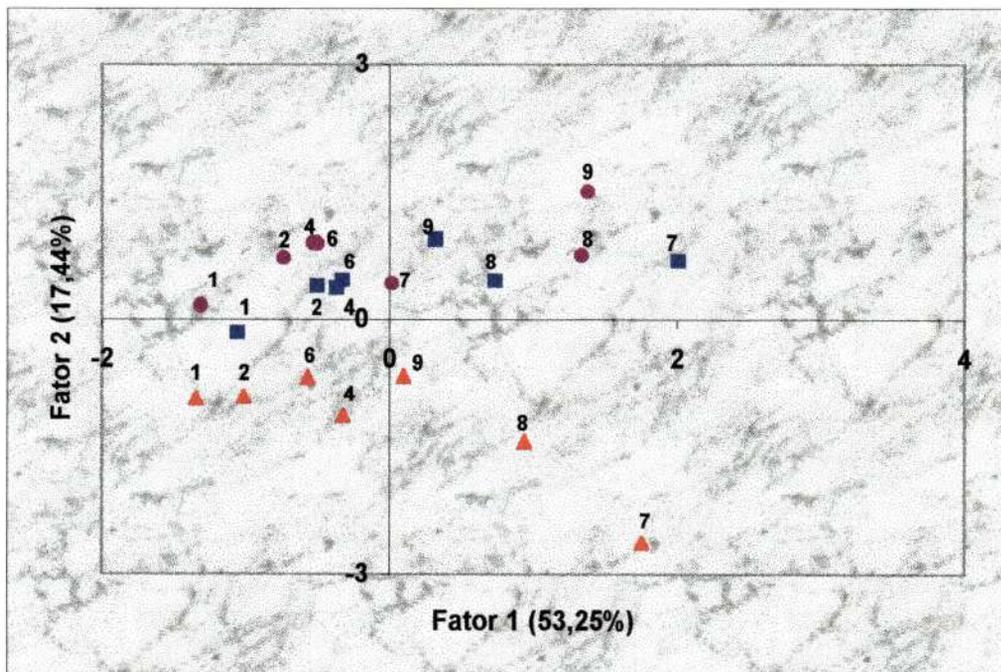


FIGURA 6.5a: Ordenação pela análise dos componente principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (■ chuva; seca ▲ e transição ●) para os fatores 1 e 2.

6.6 - ANÁLISES DOS METAIS NA ÁGUA, NO SEDIMENTO E NAS COMUNIDADES

Os metais são considerados como um dos poluentes mais comuns nas águas, e sua origem pode ser natural (ligada à composição do solo) ou antrópica (proveniente de lançamentos de efluentes ou resíduos sólidos)

Os metais mais comumente encontrados em concentrações superiores às naturais nos ecossistemas aquáticos, provenientes da ação antrópica são o ferro, o manganês, o cobre, o chumbo, o zinco, o cromo, o níquel, o cádmio, o alumínio e, dependendo das atividades desenvolvidas na região, o mercúrio.

Na TABELA 6.6.1 encontram-se os metais analisados neste estudo e a sua possível origem nos ecossistemas aquáticos decorrente da ação antrópica, segundo BRAILE & CAVALCANTI (1979). Optou-se pela escolha destes metais como alvo de estudo, pela sua larga utilização em processos industriais, principalmente os existentes na cidade de São Carlos, e conseqüentemente lançam efluentes que os contém nas águas do rio Monjolinho ou em seus afluentes.

TABELA 6.6.1: Metais analisados neste estudo e sua origem no ecossistema aquático

Metal	Utilização	Fonte poluidora
alumínio	processos de aluminização e tratamento de águas de abastecimento	efluentes de indústrias: tintas, corantes, corrosão, confecção de utensílios domésticos e produção de chapas.
cádmio	ligas de diversos metais	efluentes de galvanoplastia, tintas, corrosão de recipientes e canalizações que utilizem em sua constituição este elemento
chumbo	ligas de diversos metais	efluentes de indústrias, minas, corrosão de canalizações, tintas, chapas, projéteis e soldas
cobre	ligas de diversos metais	efluentes provenientes de mineração, fundição, refinação, cobreação, fungicidas, pesticidas e algicidas.

TABELA 6.6.1: Metais analisados neste estudo e sua origem no ecossistema aquático (continuação)

Metal	Utilização	Fonte poluidora
cromo	ligas de diversos metais, cromagem de metais, curtimento de peles, corantes, explosivos, aço inoxidável, tintas, pigmentos e cerâmica.	efluentes líquidos de industriais de galvanoplastia, tintas, aços e de curtimento de peles.
ferro	formação de ligas	efluentes industriais, tintas, corrosão de canalizações, recipientes (uso doméstico), embalagens (indústria alimentícia) e solo.
manganês	formação de ligas	efluentes, tintas, corantes e está associado a utilização do ferro.
níquel	formação de ligas e como catalisador	efluentes, tintas, corantes e niquelagem.
zinco	formação de ligas	efluentes, produção de ferro e aço, combustão, incineração, esgoto sanitário, tintas, zincografia, produção de chapas, cobertura de edificações, fabricação de papel e embalagens, e tubos galvanizados.

CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA ÁGUA

A concentração dos metais suspensos e dos metais dissolvidos na água foram determinadas segundo procedimentos descritos no capítulo Metodologia. A fração dos metais totais na água foi determinada pelo somatório entre os valores encontrados para metais suspensos e os metais dissolvidos na água.

6.6.1. - DADOS SOBRE OS METAIS DISSOLVIDOS NA ÁGUA

Foram analisados os seguintes metais: alumínio (apenas na 5ª e 7ª coletas), cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 38a a 44a apresentam os resultados obtidos para as concentrações de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo, as FIGURAS 38b a 44b apresentam as concentrações de manganês, ferro e zinco das análises efetuadas.

Analisando as FIGURAS 38a, 38b e a TABELA 38 (ANEXO 1) com os dados referentes a 1ª coleta, pode-se observar que dos metais analisados, o zinco, o ferro, o manganês e o cromo foram detectados. As FIGURAS 39a, 39b e a TABELA 39 (ANEXO 1) referente a 2ª coleta apresentam os mesmos metais que os encontrados na 1ª coleta, com exceção do cromo; o mesmo fato pode ser observado nas FIGURAS 40a, 40b, 43a, 43b e nas TABELAS 40 e 43 (ANEXO 1) referentes a 3ª e 6ª coleta.

Com relação a 4ª coleta (FIGURA 41a, 41b e a TABELA 41 - ANEXO 1) os metais encontrados foram o zinco, o ferro e o manganês. Na 5ª e a 7ª coleta (FIGURAS 42a, 42b, 44a, 44b e as TABELA 42 e 44 - ANEXO 1), foram analisadas também as concentrações de alumínio na água, e os metais dissolvidos encontrados foram o zinco, o ferro, o manganês e o alumínio, com exceção do manganês para a 7ª coleta.

No período de seca (3ª, 4ª, e 5ª coleta) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro e manganês variaram, respectivamente, de 0 a 0,10 mg L⁻¹; 0 a 0,89 mg L⁻¹ e 0 a 0,10 mg L⁻¹. Com relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5), a concentração de zinco variou, respectivamente, de 0 a 0,07 mg L⁻¹ e 0,06 a 0,07 mg L⁻¹, o manganês de 0,02 a 0,05 mg L⁻¹ e 0,03 a 0,09 mg L⁻¹, o ferro de 0,03 a 0,05 mg L⁻¹ e 0 a 0,27 mg L⁻¹. As concentrações de alumínio na 5ª coleta foram, respectivamente, de 0,03 mg L⁻¹ (ponto 3) e 0,04 mg L⁻¹ (ponto 5).

No período das chuvas (1ª, 2ª, e 7ª coleta), nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro, manganês e cromo variaram, respectivamente, de 0 a 0,06 mg L⁻¹; 0 a 0,61 mg L⁻¹; 0 a 0,27 mg L⁻¹ e 0 a 0,03 mg L⁻¹. Com relação aos afluentes, o córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e o córrego do Gregório (ponto 5), a concentração de zinco variou, respectivamente, de 0,01 a 0,04 mg L⁻¹ e 0 a 0,06 mg L⁻¹, o manganês de 0 a 0,05 mg L⁻¹ e 0 a 0,03 mg L⁻¹, o cromo variou de 0 a 0,03 mg L⁻¹ tanto no ponto 3 quanto no ponto 5, o ferro foi detectado somente no ponto 5, variando de 0,03 a 0,56 mg L⁻¹. As concentrações de alumínio na 7ª coleta foram, respectivamente, de 0,02 mg L⁻¹ (ponto 3) e 0,03 mg L⁻¹ (ponto 5).

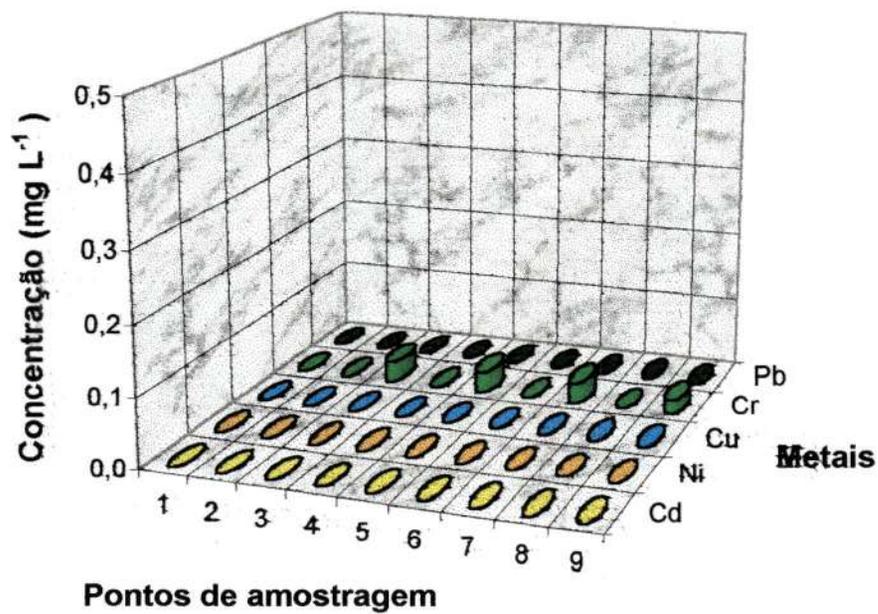


FIGURA 38a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

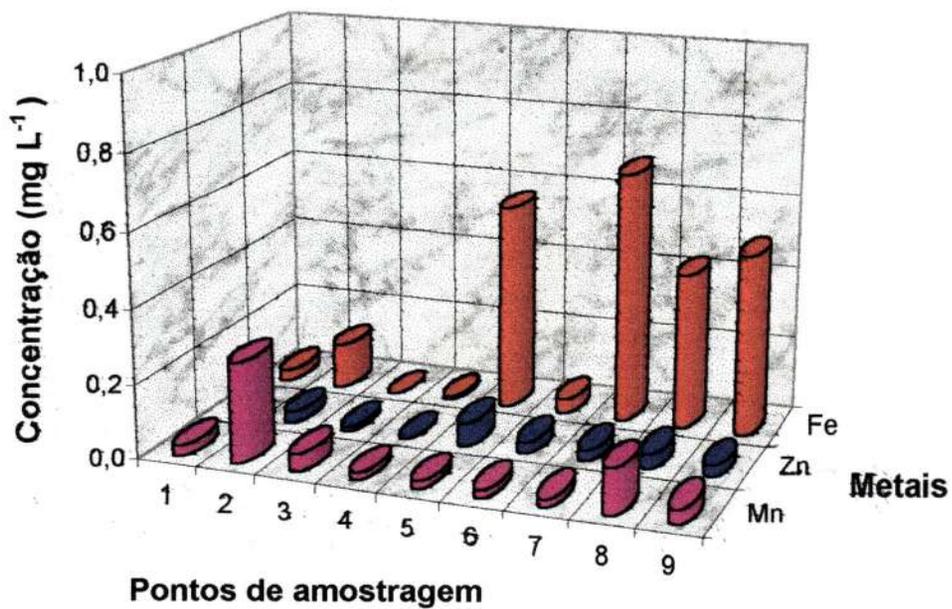


FIGURA 38b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

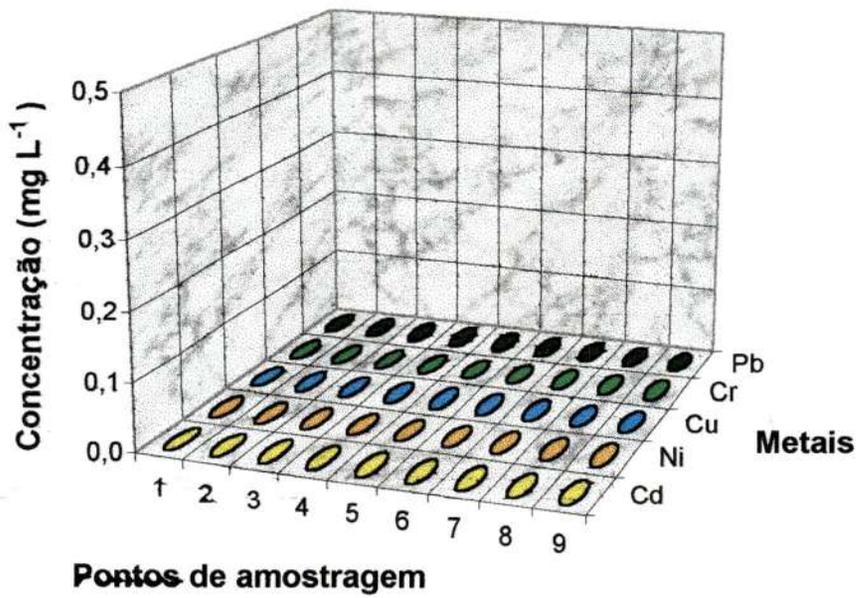


FIGURA 39a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

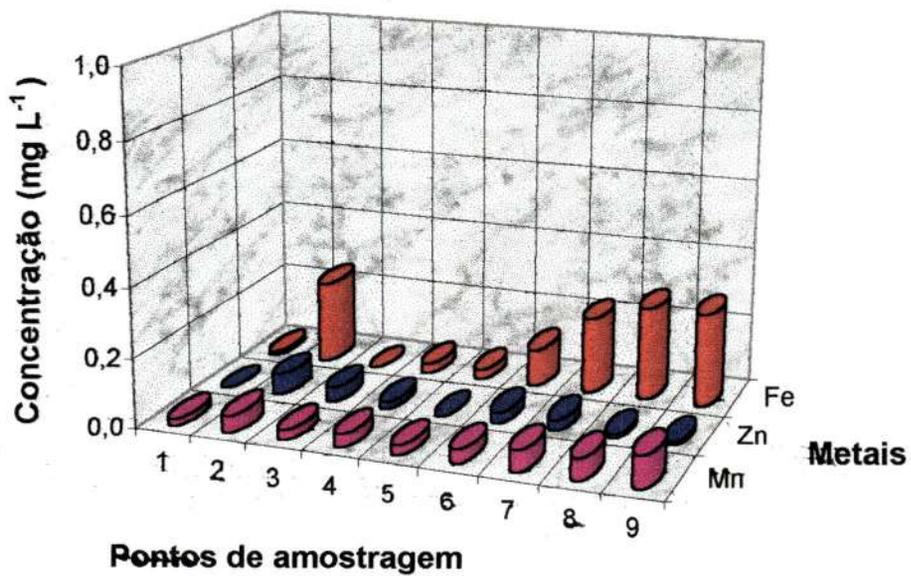


FIGURA 39b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

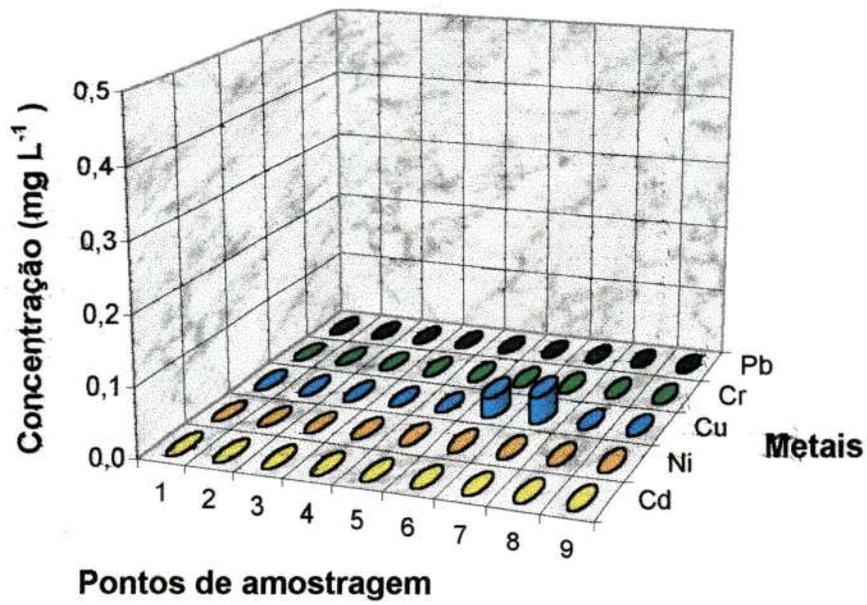


FIGURA 40a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio :3ª coleta

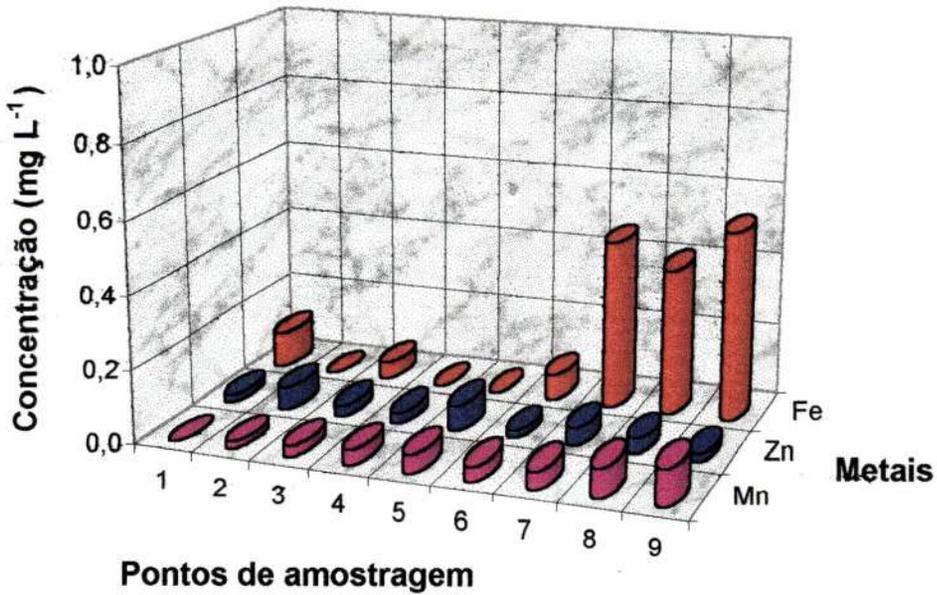


FIGURA 40b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

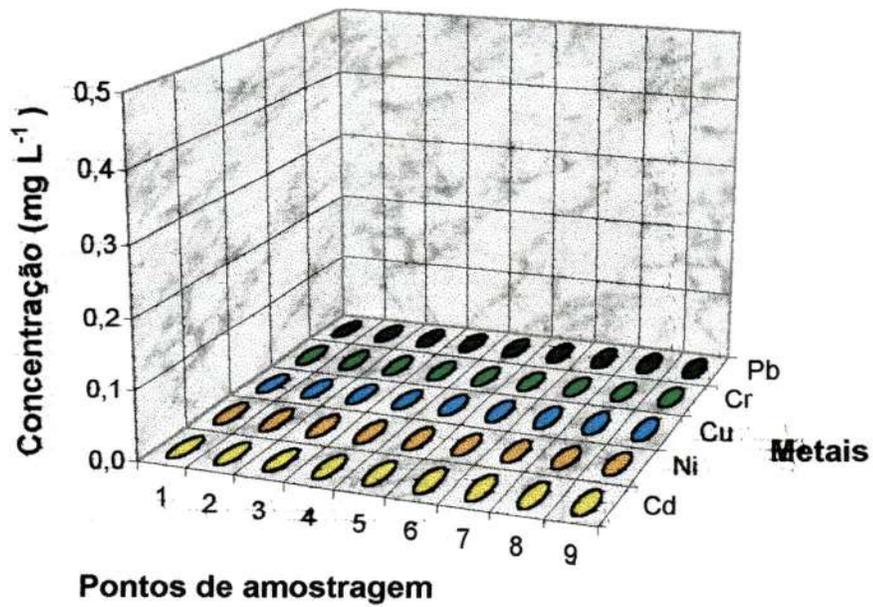


FIGURA 41a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

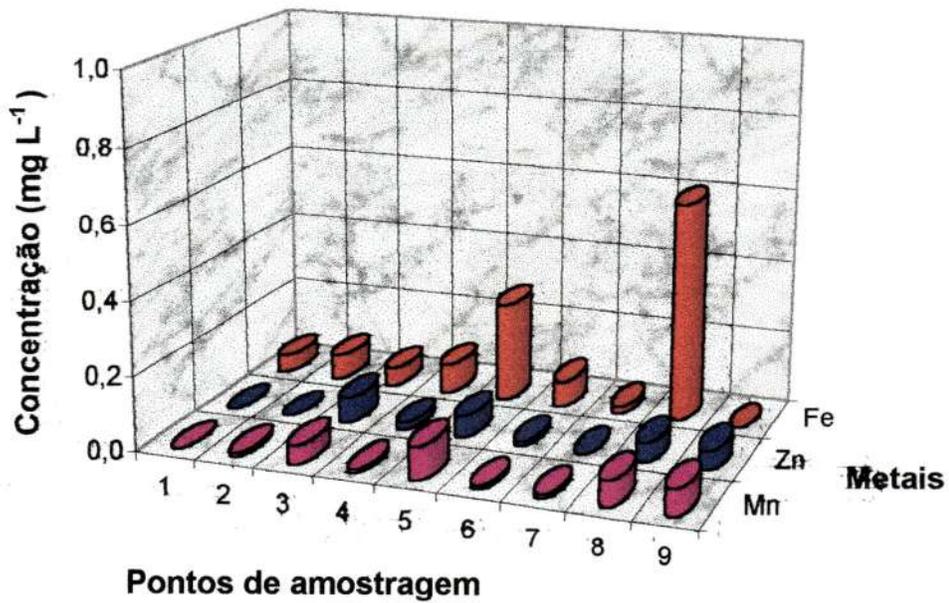


FIGURA 41b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

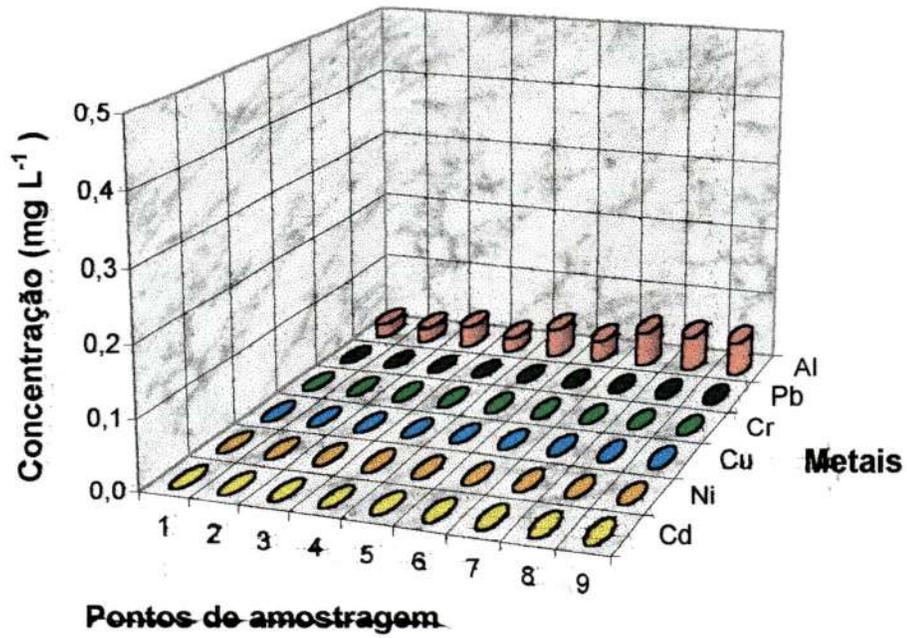


FIGURA 42a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

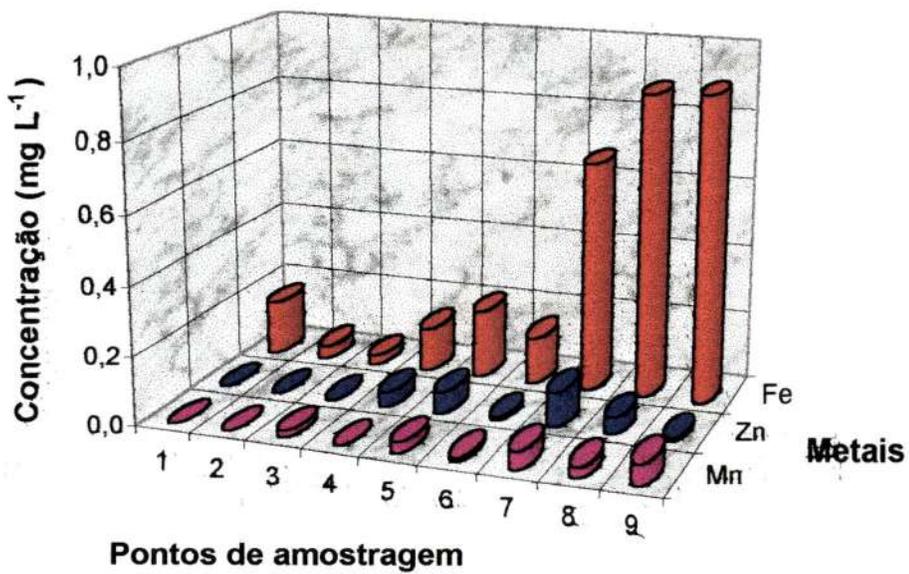


FIGURA 42b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

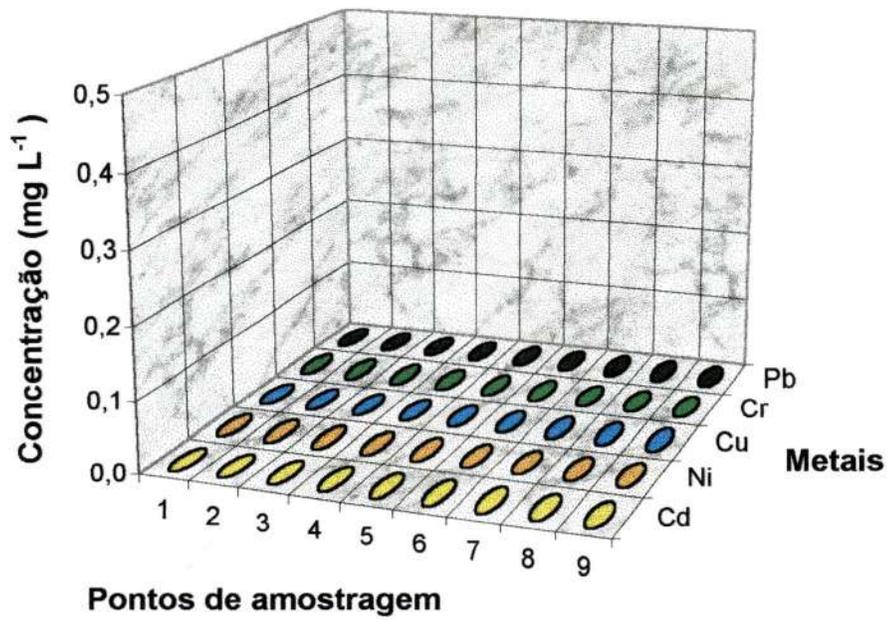


FIGURA 43a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

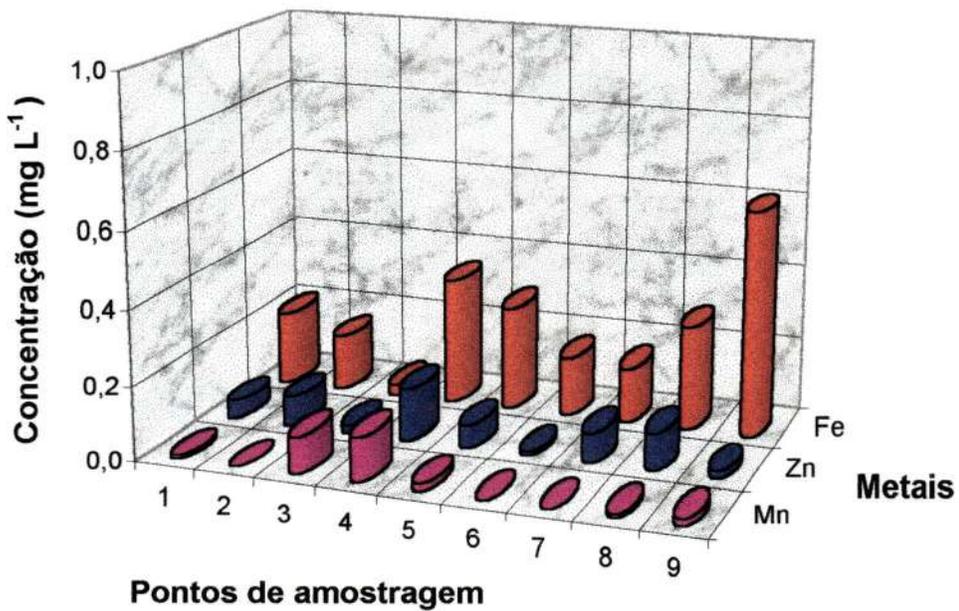


FIGURA 43b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

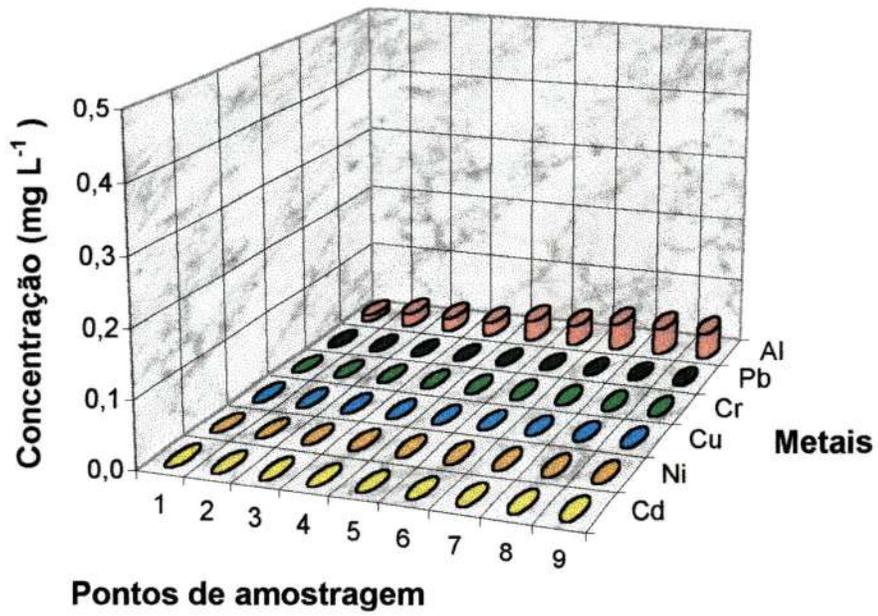


FIGURA 44a: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio: 7^a coleta

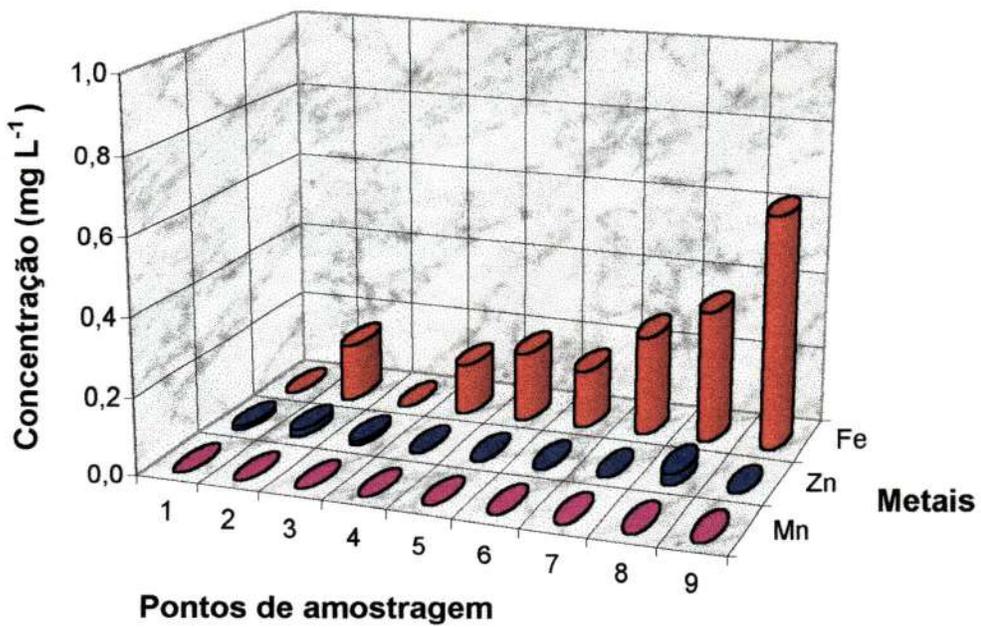


FIGURA 44b: Concentração de manganês, ferro e zinco dissolvido na água ao longo dos pontos do rio: 7^a coleta

6.6.2 - DADOS SOBRE OS METAIS SUSPENSOS NA ÁGUA

Foram analisados os seguintes metais: alumínio (apenas na 5ª e 7ª coletas), cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 45a a 51a apresentam os resultados obtidos para as concentrações cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo; as FIGURAS 45b a 51b apresentam as concentrações de manganês, ferro e zinco.

Analisando as FIGURAS 45a, 45b e a TABELA 45 (ANEXO 1) com os dados referentes a 1ª coleta, observa-se que todos os metais foram detectados. As FIGURAS 46a, 46b e a TABELA 46 (ANEXO 1) referente a 2ª coleta apresenta o zinco, o ferro e o manganês como metais detectados; na 3ª e 6ª coleta, além do zinco, ferro e manganês, detectou-se também o cobre (FIGURAS 47 e 50 (a e b) e TABELAS 47 e 50 - ANEXO 1).

Com relação a 4ª coleta (FIGURA 48a, 48b e a TABELA 48 - ANEXO 1), encontrou-se todos os metais estudados, com exceção do cromo. Na 5ª e a 7ª coleta (FIGURAS 49 e 51 (a e b) e as TABELAS 49 e 51 - ANEXO 1), foram analisadas também as concentrações de alumínio na água, e os metais encontrados foram o zinco, o ferro, o manganês, o cobre, o cromo e o alumínio, com exceção do cromo para a 5ª coleta.

No período de seca (3ª, 4ª, e 5ª coleta), nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro, manganês e cobre variaram, respectivamente, de 0,05 a 1,28 mg L⁻¹; 0,70 a 13,0 mg L⁻¹, 0 a 0,08 mg L⁻¹ e 0 a 0,06 mg L⁻¹. Os metais cádmio (0,01 mg L⁻¹) e níquel (0,09 mg L⁻¹) foram detectados no ponto 9 na 4ª coleta. Com relação aos afluentes estudados (ponto 3 e 5), a concentração de zinco variou, respectivamente, de 0,09 a 1,85 mg L⁻¹ e 0,08 a 0,19 mg L⁻¹, o manganês de 0,01 a 0,64 mg L⁻¹ e 0 a

0,03 mg L⁻¹, o ferro de 1,14 a 40,0 mg L⁻¹, 1,50 a 4,0 mg L⁻¹ e o cobre de 0,02 a 0,16 mg L⁻¹, 0 - 0,02 mg L⁻¹.

No período das chuvas (1^a, 2^a, e 7^a coleta) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro e manganês variaram, respectivamente, de 0,07 a 0,65 mg L⁻¹; 2,0 a 51,0 mg L⁻¹ e 0 a 0,24 mg L⁻¹. O chumbo e cádmio foram detectados somente na 1^a coleta com os seguintes valores: 0 a 0,32 mg L⁻¹ e 0 a 0,02 mg L⁻¹. O cobre e o cromo foram encontrados na 1^a e 7^a coleta com valores de 0,02 a 0,08 mg L⁻¹ e 0,01 a 0,09 mg L⁻¹, o níquel apareceu somente na 1^a coleta variando de 0,07 a 0,15 mg L⁻¹. Com relação aos afluentes estudados, ponto 3 e ponto 5, o zinco variou respectivamente, de 0,09 a 0,40 mg L⁻¹ e 0,08 a 0,39 mg L⁻¹, o manganês de 0 a 0,02 mg L⁻¹ e 0 a 0,08 mg L⁻¹, o ferro de 0,75 a 2,26 mg L⁻¹ e 1,20 a 6,50 mg L⁻¹. O cobre e o cromo foram detectados no ponto 5 na 7^a coleta (0,03 e 0,04 mg L⁻¹), o chumbo, o cádmio e o níquel, foram detectados na 1^a coleta (pontos 3 e 5) com valores respectivos de 0,27 mg L⁻¹ e 0,24 mg L⁻¹; 0,02 mg L⁻¹ e 0,01 mg L⁻¹; 0,11 mg L⁻¹ e 0,09 mg L⁻¹.

A concentração de alumínio na 5^a e 7^a coleta foi de 0,05 mg L⁻¹ para os dois afluentes estudados.

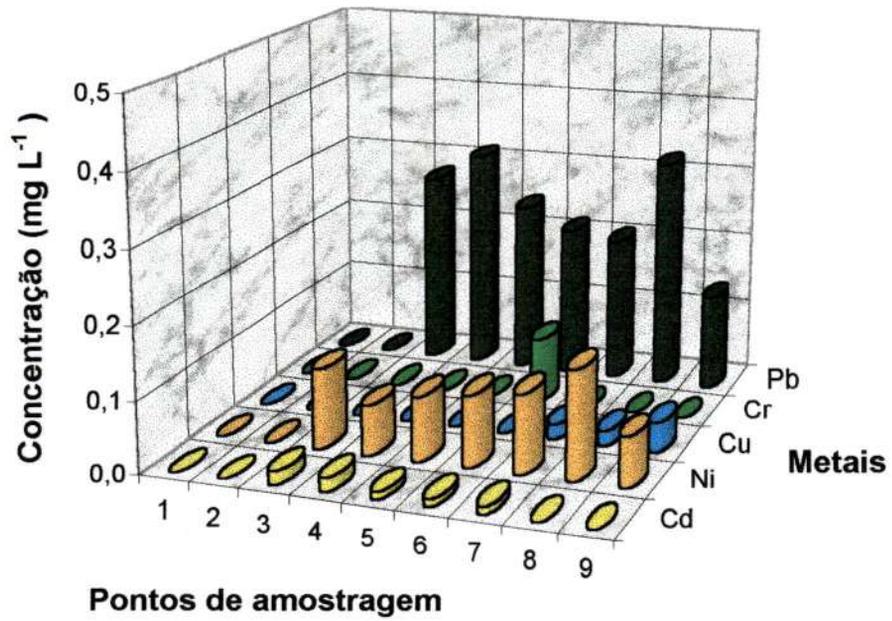


FIGURA 45a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

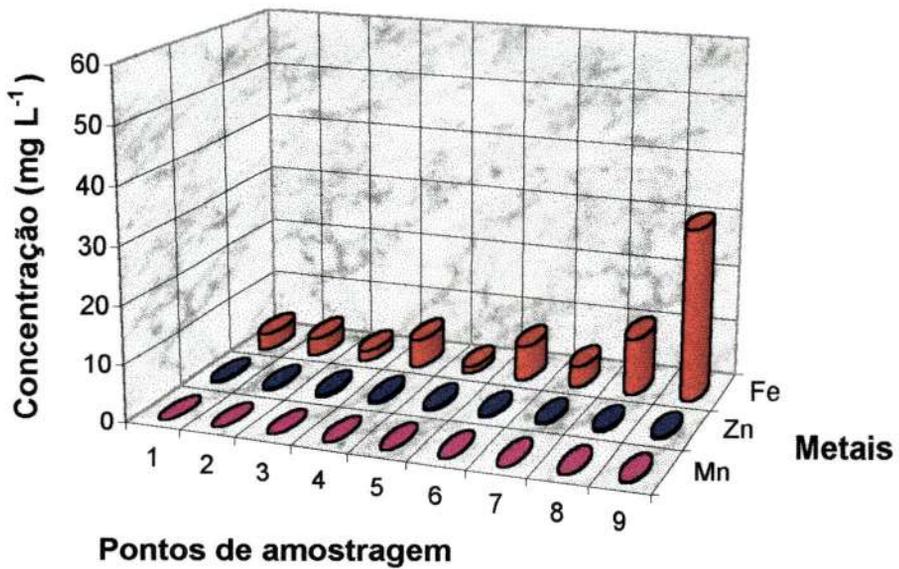


FIGURA 45b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

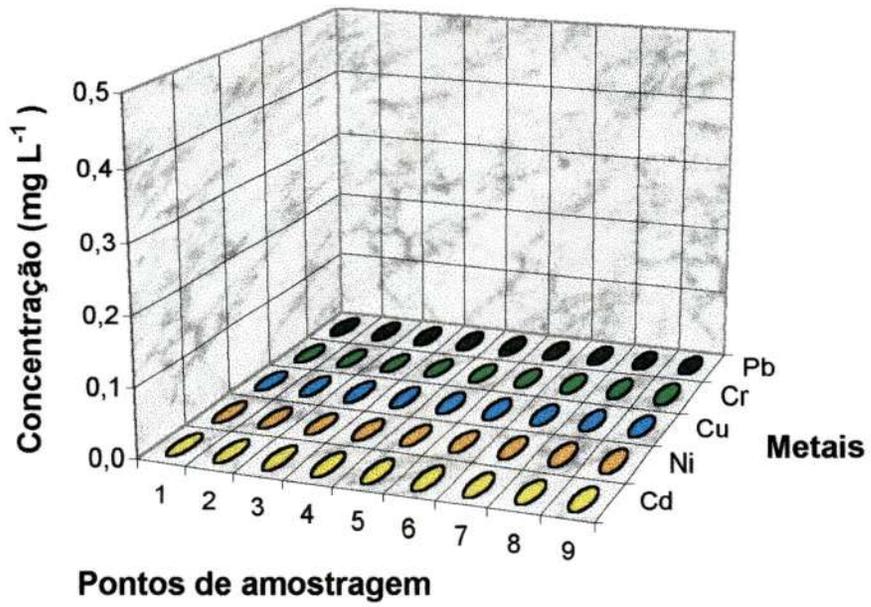


FIGURA 46a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

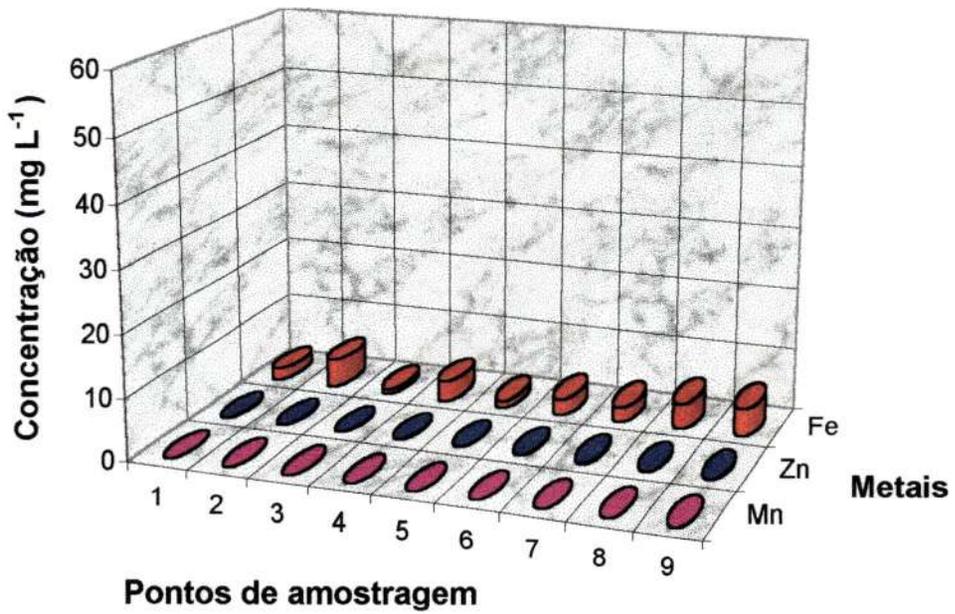


FIGURA 46b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

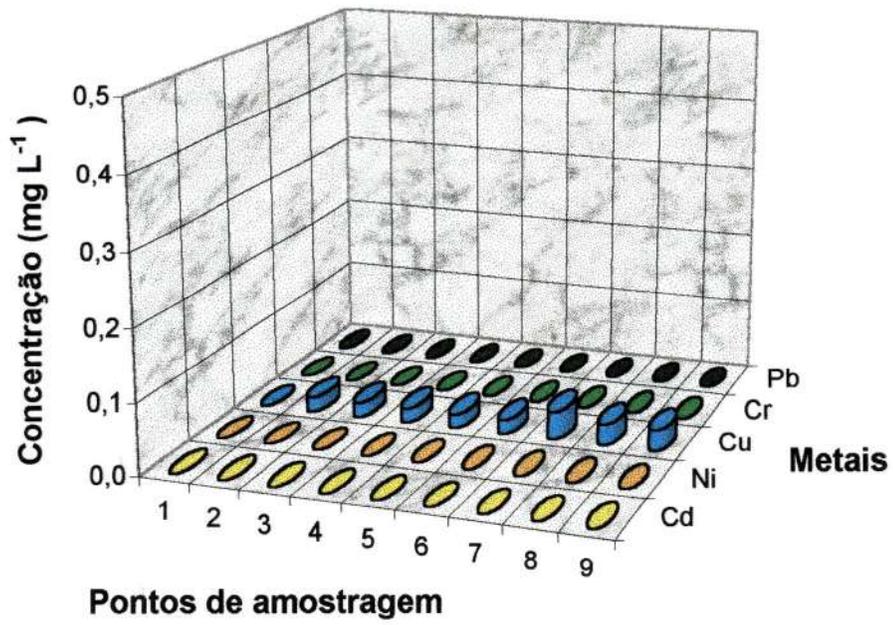


FIGURA 47a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

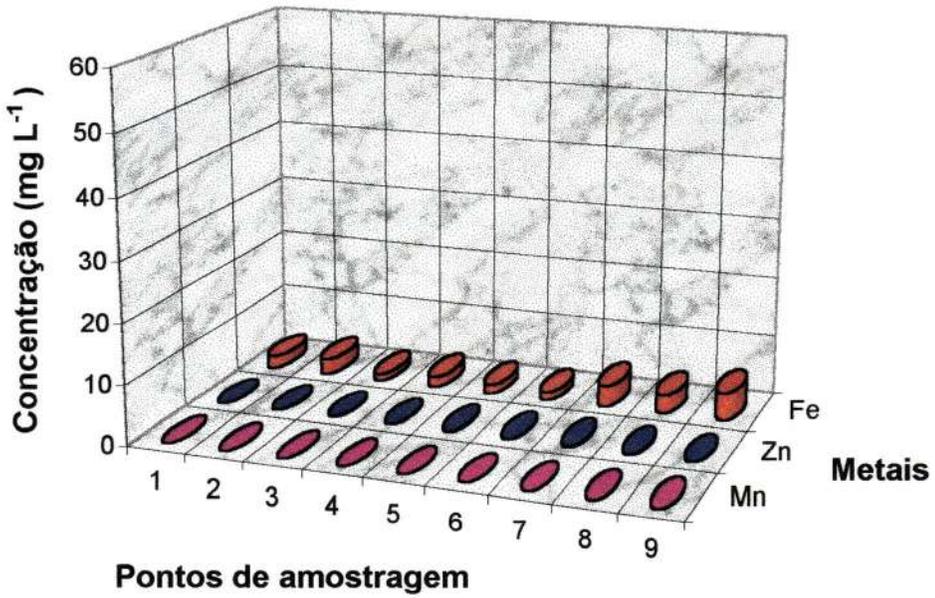


FIGURA 47b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

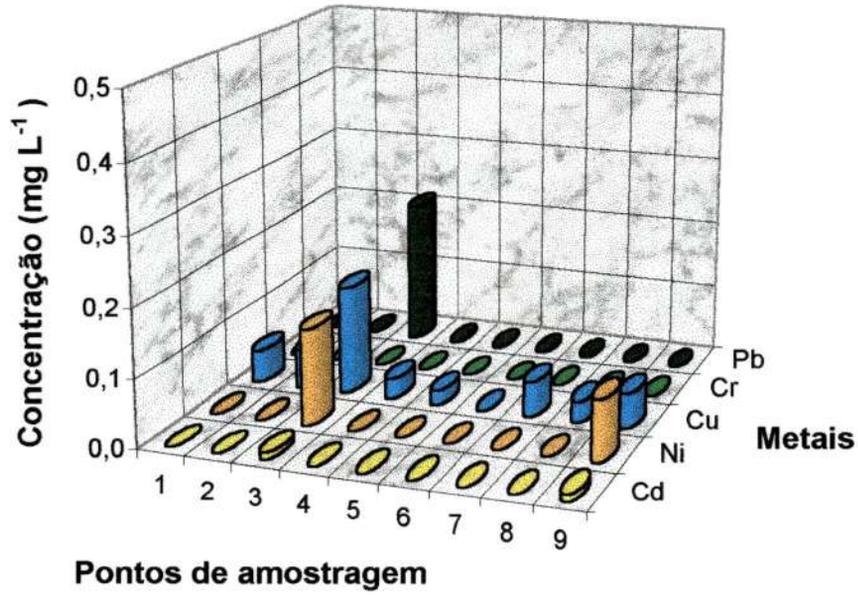


FIGURA 48a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

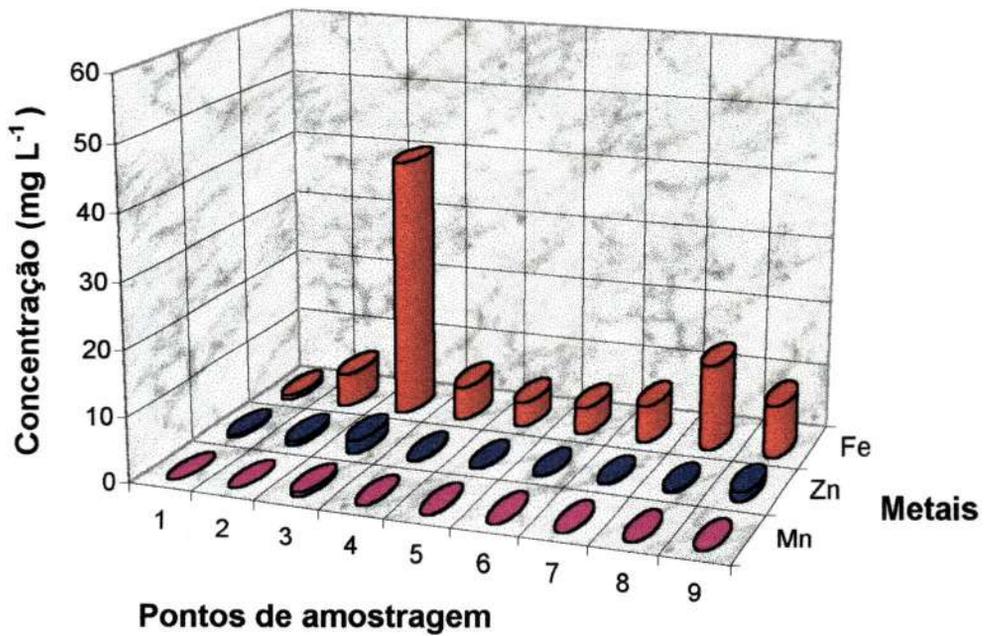


FIGURA 48b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longodos pontos do rio: 4ª coleta

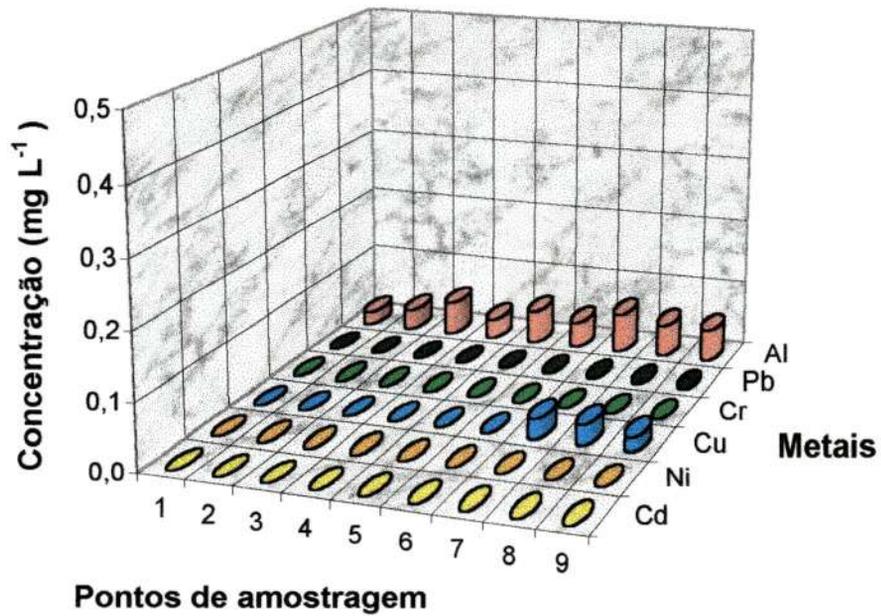


FIGURA 49a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

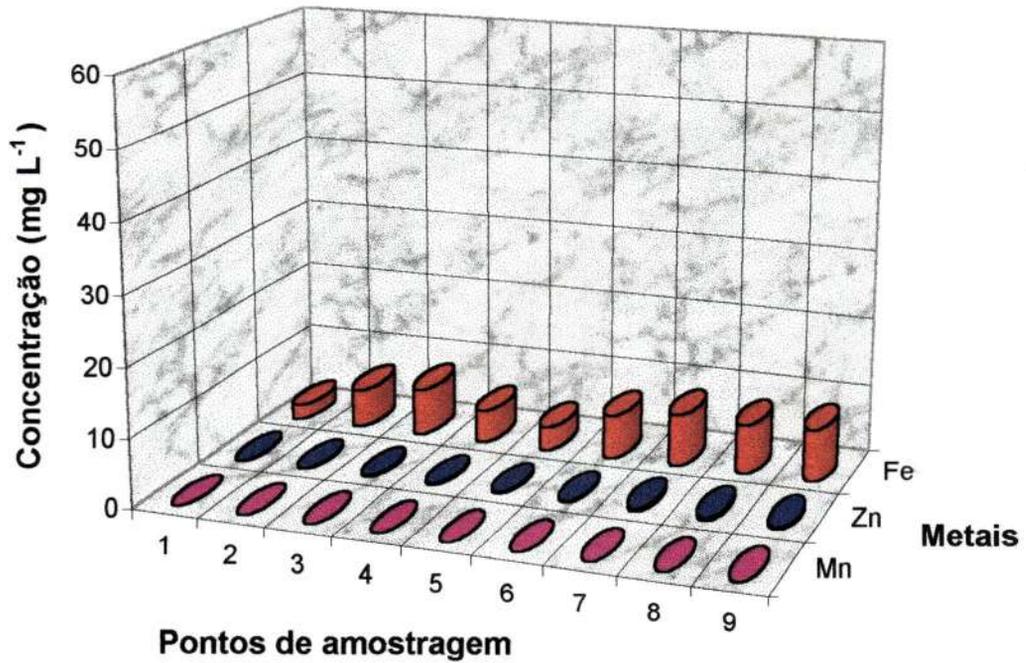


FIGURA 49b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

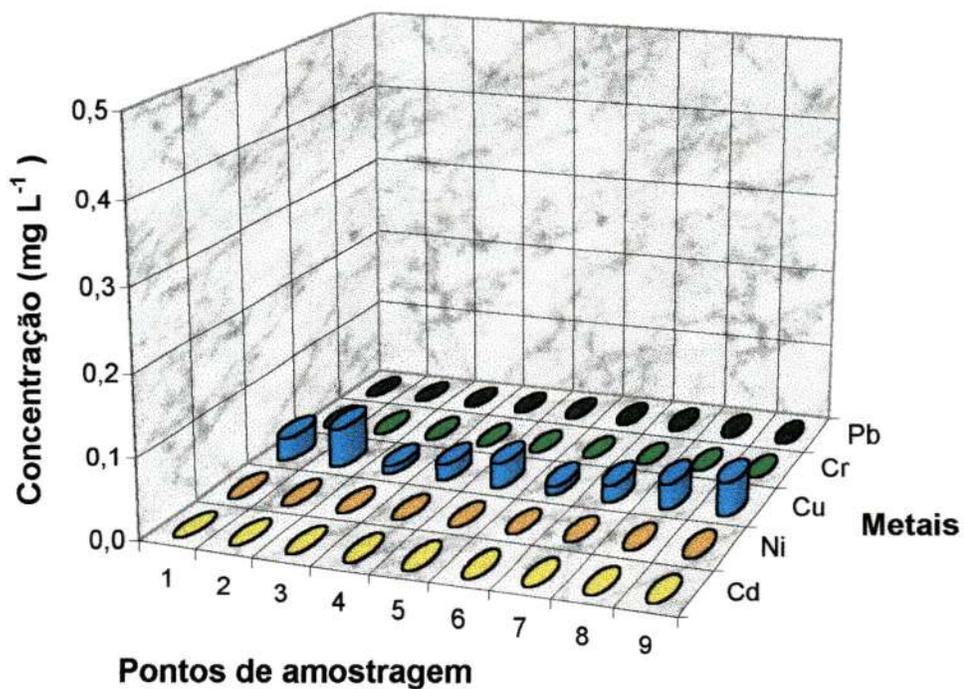


FIGURA 50a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

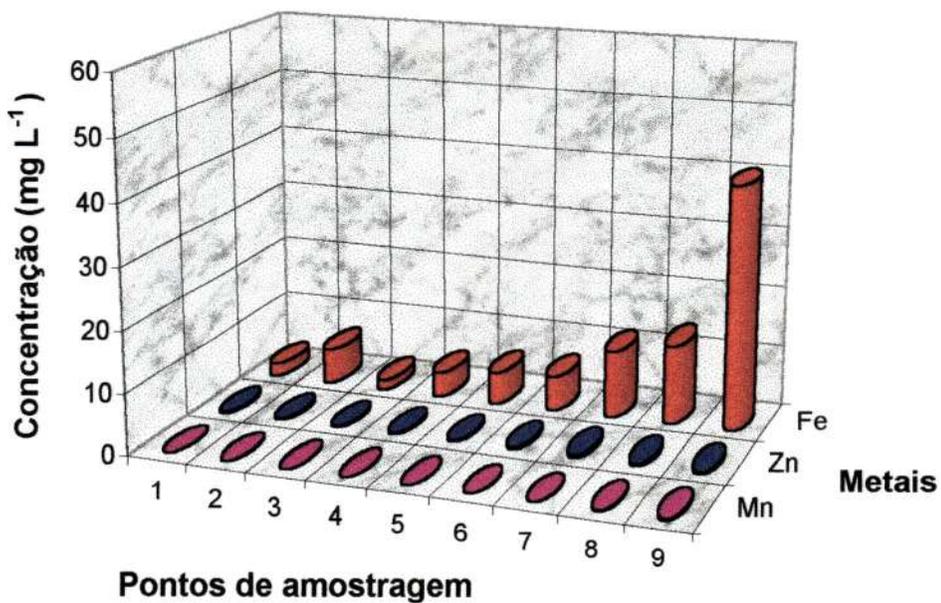


FIGURA 50b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

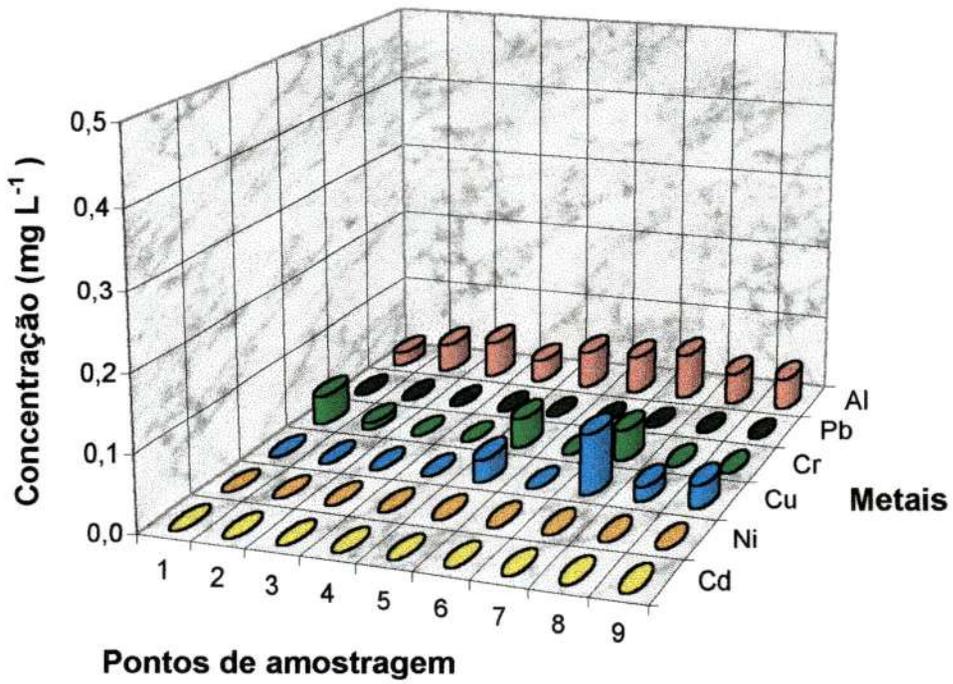


FIGURA 51a: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

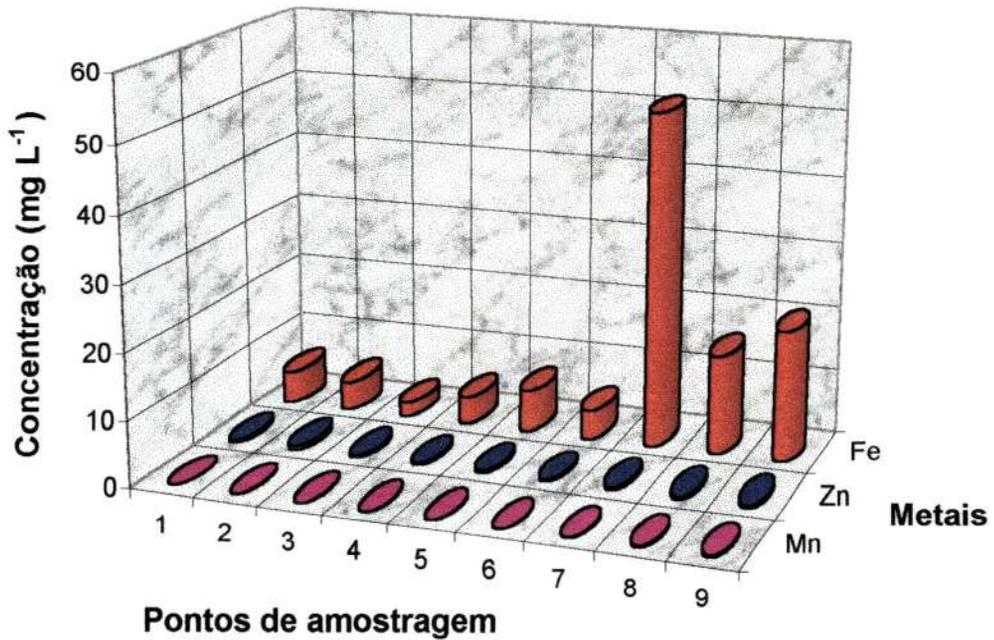


FIGURA 51b: Concentração de manganês, ferro e zinco suspenso na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.3 - DADOS SOBRE OS METAIS TOTAIS NA ÁGUA

Foram analisados os seguintes metais: alumínio (apenas na 5ª e 7ª coletas), cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 52a a 58a apresentam os resultados obtidos para as concentrações totais de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo. As FIGURAS 52b a 58b apresentam as concentrações totais de manganês, ferro e zinco.

Analisando as FIGURAS 52a, 52b e a TABELA 52 (ANEXO 1) com os dados referentes a 1ª coleta, observa-se que todos os metais foram detectados, ressaltando-se que o zinco, o ferro e o manganês estiveram presentes em todos os pontos de amostragem. As FIGURAS 53a, 53b e a TABELA 53 (ANEXO 1) referente a 2ª coleta, apresentam também o aparecimento do zinco, o ferro e o manganês em todos os pontos de amostragem, sendo os únicos metais detectados nesta coleta; o mesmo fato pode ser observado nas FIGURAS 54a, 54b, 57a, 57b e as TABELAS 54 e 57 (ANEXO 1) referentes a 3ª e 6ª coletas, entretanto, ressalta-se o aparecimento do cobre, na 6ª coleta em todos os pontos de amostragem; na 3ª coleta, a exceção é o ponto 1.

Em relação a 4ª coleta (FIGURA 55a, 55b e a TABELA 55 - ANEXO 1), além dos metais detectados na 3ª coleta, observa-se a detecção do cádmio e do níquel no ponto 9 e a presença no ponto 3 dos metais chumbo, cádmio e o níquel. As FIGURAS 56a, 56b, 58a, 58b e as TABELAS 56 e 58 (ANEXO 1), apresentam os resultados referentes à 5ª e 7ª coletas, onde analisou-se também as concentrações de alumínio. Os metais encontrados na 5ª coleta foram o zinco, o ferro, o manganês, o alumínio e o cobre, sendo que somente o cobre e o manganês não foram detectados em todos os pontos de amostragem. Em relação a 7ª coleta, detectou-se, além do zinco, do ferro, do manganês, do cobre e do alumínio, a presença do cromo em alguns pontos de amostragem (pontos 1, 2, 5 e 7).

Os metais zinco e ferro foram detectados em todos os pontos de amostragem do rio Monjolinho e nos afluentes estudados.

No período de seca referente a 3ª, 4ª, e 5ª coletas, nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro, manganês e cobre variaram, respectivamente, de 0,09 a 1,33 mg L⁻¹; 0,75 a 13,60 mg L⁻¹, 0 a 0,16 mg L⁻¹ e 0 a 0,08 mg L⁻¹. Os metais cádmio (0,01 mg L⁻¹) e níquel (0,09 mg L⁻¹) foram detectados no ponto 9 na 4ª coleta. Com relação aos afluentes estudados (ponto 3 e 5), o zinco variou respectivamente de 0,12 a 1,92 mg L⁻¹ e 0,12 a 0,25 mg L⁻¹, o manganês de 0,03 a 0,69 mg L⁻¹ e 0,03 a 0,12 mg L⁻¹, o ferro de 1,19 a 40,05 mg L⁻¹ e 1,50 a 4,27 mg L⁻¹ e o cobre de 0 a 0,16 mg L⁻¹ e 0 a 0,02 mg L⁻¹. O chumbo, o cádmio e o níquel foram detectados no ponto 3 na 4ª coleta com as concentrações respectivas de 0,21 mg L⁻¹; 0,01 mg L⁻¹ e 0,14 mg L⁻¹.

No período das chuvas (1ª, 2ª, e 7ª coletas) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as concentrações de zinco, ferro e manganês variaram, respectivamente, de 0,07 a 0,67 mg L⁻¹; 2,01 a 51,26 mg L⁻¹ e 0,02 a 0,27 mg L⁻¹. O chumbo e cádmio foram detectados somente na 1ª coleta com os seguintes valores: 0 a 0,32 mg L⁻¹ e 0 a 0,02 mg L⁻¹. O cobre e o cromo foram encontrados na 1ª e 7ª coleta com valores de 0 a 0,08 mg L⁻¹ e 0 a 0,09 mg L⁻¹; o níquel apareceu somente na 1ª coleta variando de 0 a 0,15 mg L⁻¹. Com relação aos afluentes estudados, ponto 3 e ponto 5, o zinco variou respectivamente de 0,12 a 0,41 mg L⁻¹ e 0,07 a 0,45 mg L⁻¹, o manganês de 0,02 a 0,05 mg L⁻¹ e 0,02 a 0,08 mg L⁻¹, o ferro de 0,75 a 2,26 mg L⁻¹ e 1,23 a 6,68 mg L⁻¹. O cobre e o cromo foram detectados no ponto 5 na 7ª coleta (0,03 e 0,04 mg L⁻¹), o chumbo, o cádmio e o níquel, foram detectados na 1ª coleta (pontos 3 e 5) com valores respectivos de 0,27 mg L⁻¹ e 0,24 mg L⁻¹; 0,02 mg L⁻¹ e 0,01 mg L⁻¹; 0,11 mg L⁻¹ e 0,09 mg L⁻¹.

A concentração de alumínio na 5ª e 7ª coletas para o ponto 3 foram de 0,08 mg L⁻¹ e 0,07 mg L⁻¹ e para o ponto 5 foram, respectivamente, de 0,09 mg L⁻¹ e 0,05 mg L⁻¹.

Com relação a especiação dos metais quanto a sua forma na água, se suspensa ou dissolvida, observa-se que estes estiveram presentes basicamente na forma suspensa, provavelmente por estarem associados a partículas suspensas de origem orgânica e inorgânica, microrganismos e sedimento; ocorreram na forma dissolvida o zinco na 4ª coleta, cromo na 1ª coleta, ferro e manganês em todas as coletas. Os únicos metais que estiveram presentes em todas as coletas foram o zinco, o ferro e o manganês.

X O zinco ocorreu em todas as coletas provavelmente devido a presença de queimadas em plantações de cana-de-açúcar (ZIOLLI, 1995), muito comuns na região; quanto ao ferro e o manganês, estes estão associados ao tipo de solo da região. Usualmente os valores de ferro são altos, pois este é um elemento muito encontrado nos solos que tiveram origem na decomposição de minerais que contém alto teor de ferro, característicos da região.

Os resultados obtidos para concentração de alumínio nos pontos 3, 6, 7, 8 e 9 encontram-se bem próximos ou mesmo pouco acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA que é de 0,1 para as classes 1, 2 e 3. Este fato provavelmente está associado ao lançamento de resíduos da estação de tratamento de águas da cidade que lança seus efluentes neste rio, a composição do solo da região e efluentes industriais, como é o caso do ponto 3, localizado no córrego do Tijuco Preto que recebe efluentes de indústria alimentícia com processo de armazenagem em latas.

Com relação ao cádmio, nota-se que este sempre esteve associado à presença de chumbo. O cromo teve incidência associada à época das chuvas, provavelmente devido

ao transporte de sedimento e descartes clandestinos de indústrias neste período.

Quanto aos metais cádmio e zinco, excetuando-se respectivamente, os pontos 3 e 4 na 1ª coleta e o ponto 3 na 4ª coleta, estes encontram-se na faixa estabelecida como uso sem restrição para irrigação que é de 0,01 e 2,0 mg L⁻¹, respectivamente (AYERS & WESTCOT, 1991). Os metais chumbo e cromo encontram-se dentro da faixa máxima permitida (5,0 e 0,10 mg L⁻¹) para água de irrigação, podendo ser usada sem nenhuma restrição.

Analisando-se as águas do rio Monjolinho quanto ao teor de metais, condutividade elétrica e nitrato, pode-se verificar que o limite máximo permitido para estas variáveis torna viável o uso da água para dessedentação de animais, segundo AYERS & WESTCOT (1991).

Segundo o National Academy of Science (1972 in: AYERS & WESTCOT, 1991) as concentrações obtidas para o cádmio, o zinco, o chumbo, o cromo, o alumínio, o nitrito mais o nitrato e somente o nitrito consideradas substâncias tóxicas nas águas para o gado, encontram-se dentro do limite máximo permitido para este fim, que em mg L⁻¹ seria respectivamente, 0.01, 24.0, 0.10, 1.0, 5.0, 100.0 e 10.0. A restrição seria para algumas concentrações obtidas para o cobre e o manganês, cujos valores ultrapassaram o limite máximo que é respectivamente de 0.50 e 0,05 mg L⁻¹.

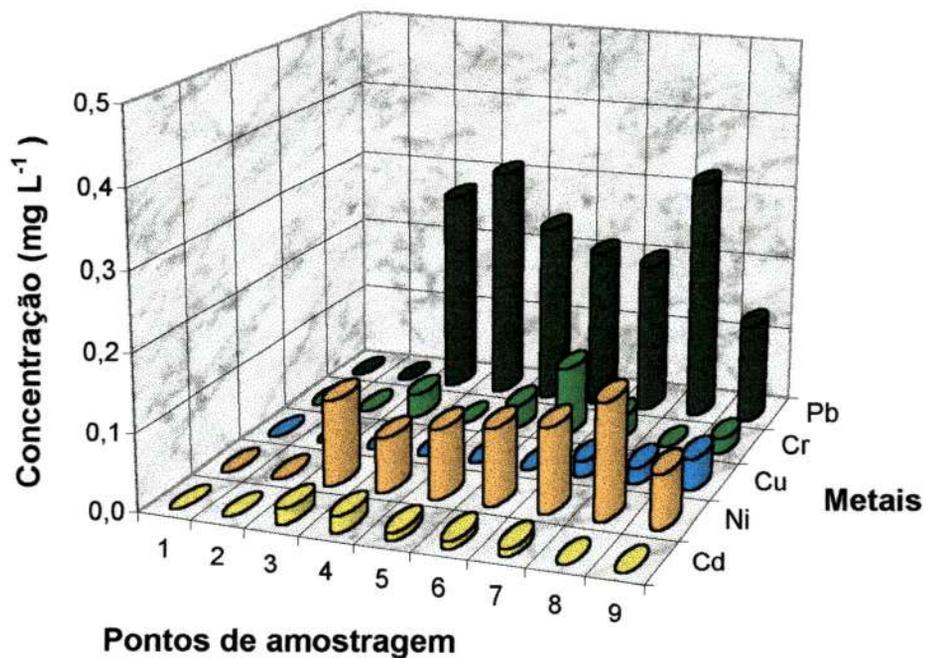


FIGURA 52a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

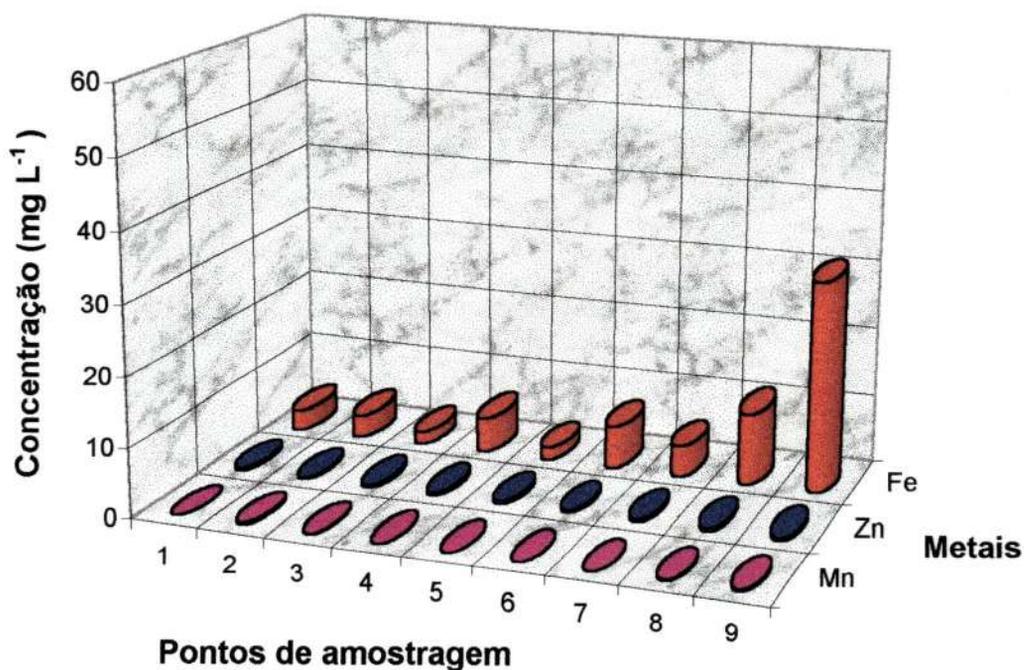


FIGURA 52b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

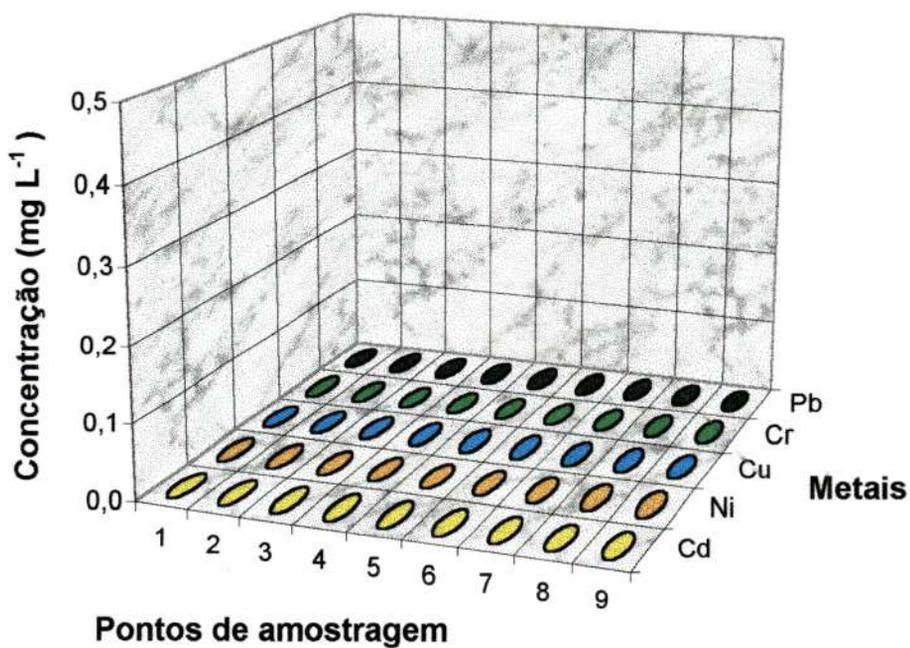


FIGURA 53a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

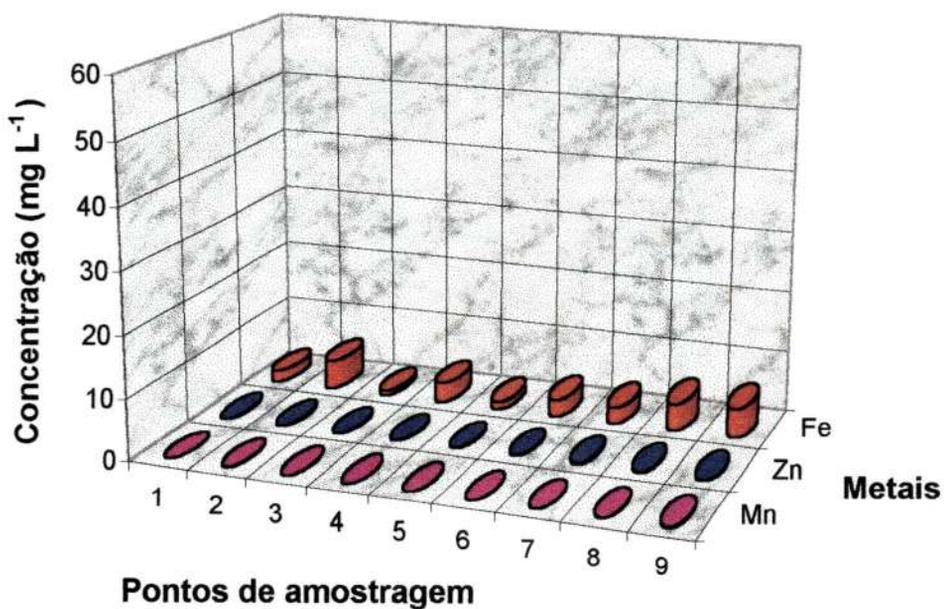


FIGURA 53b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

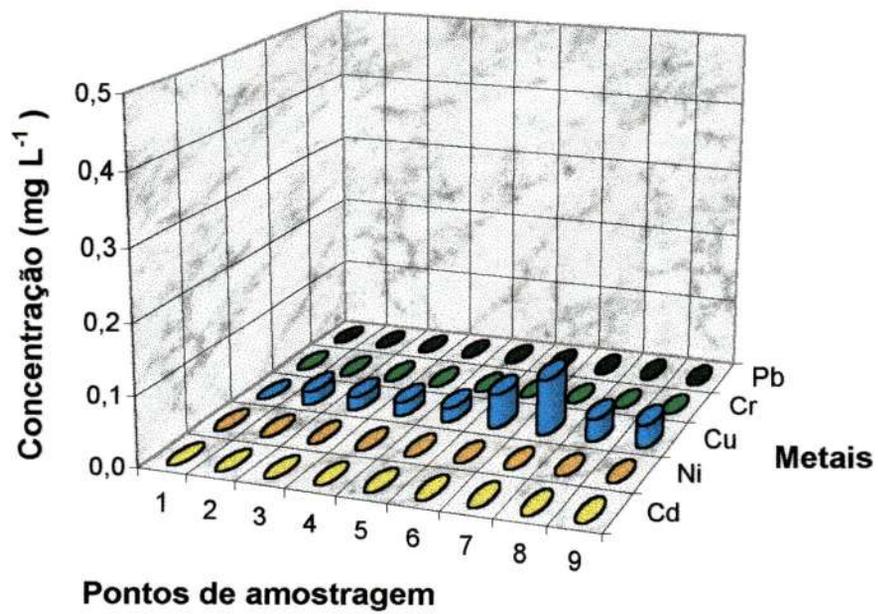


FIGURA 54a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

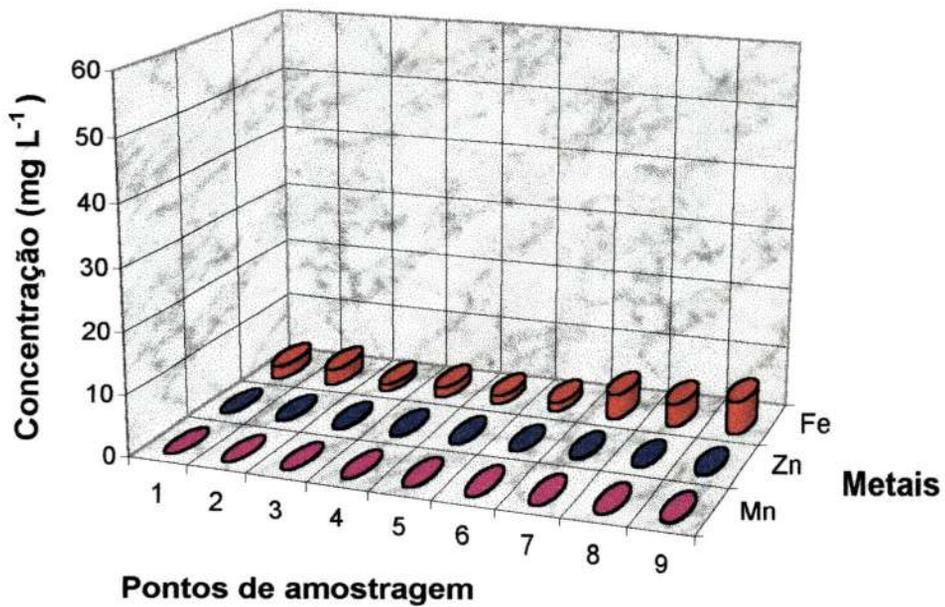


FIGURA 54b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

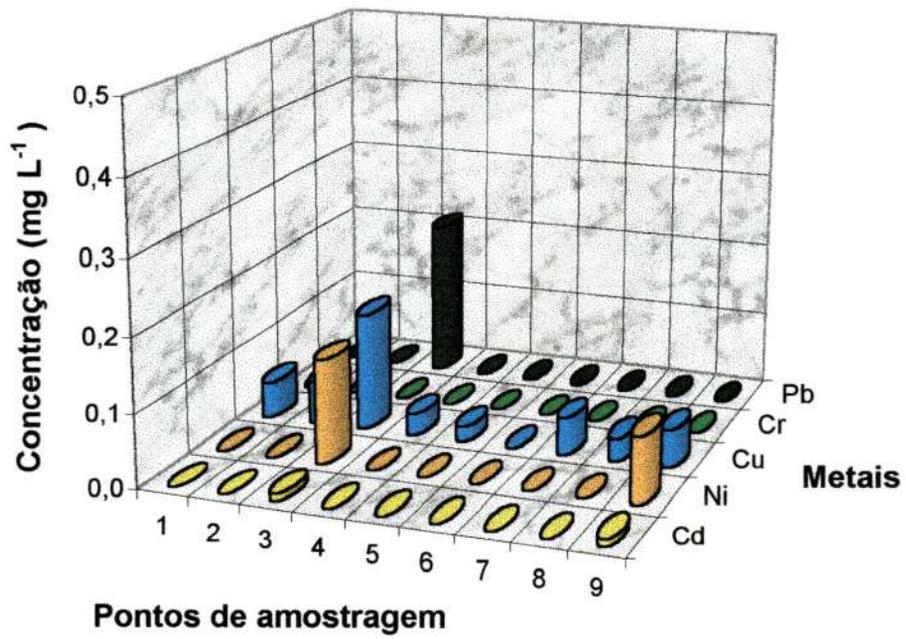


FIGURA 55a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

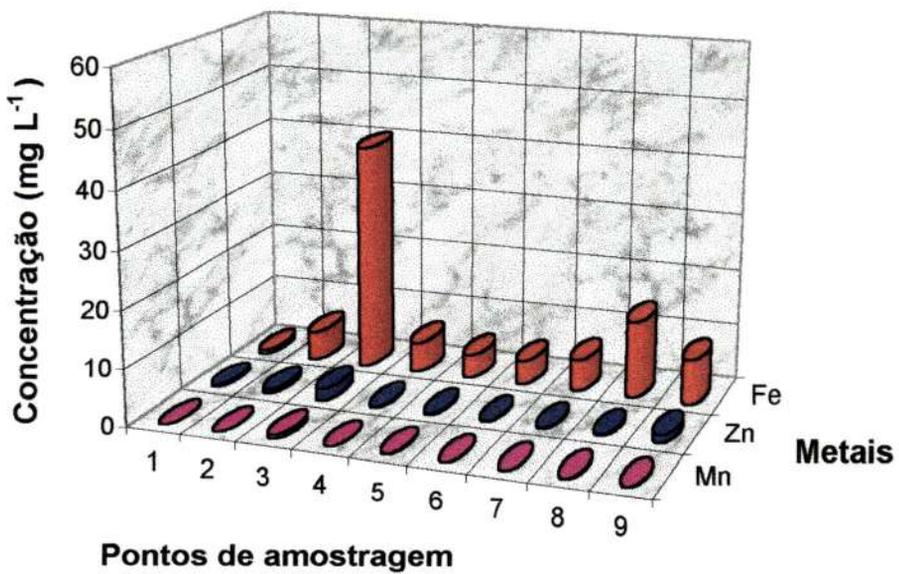


FIGURA 55b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

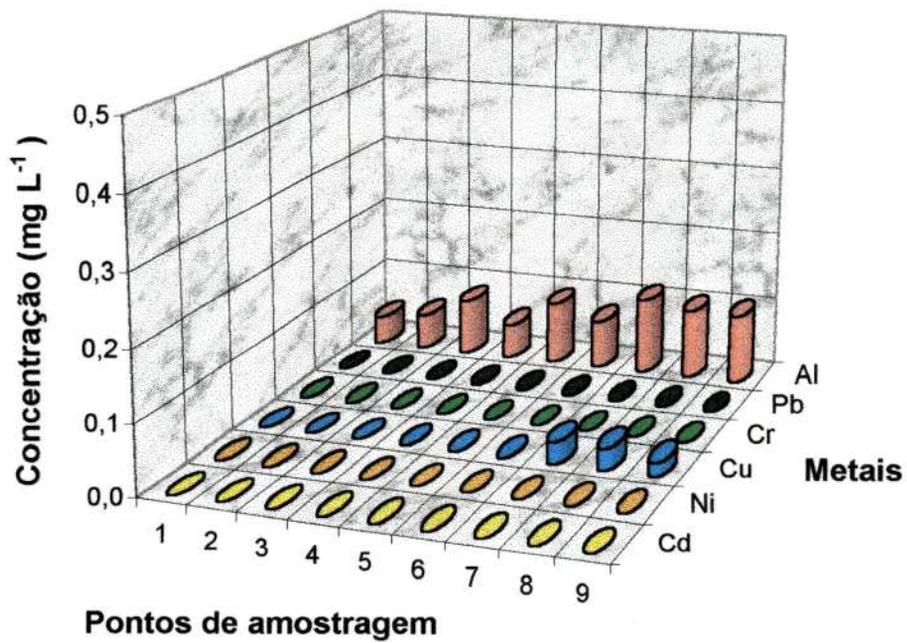


FIGURA 56a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

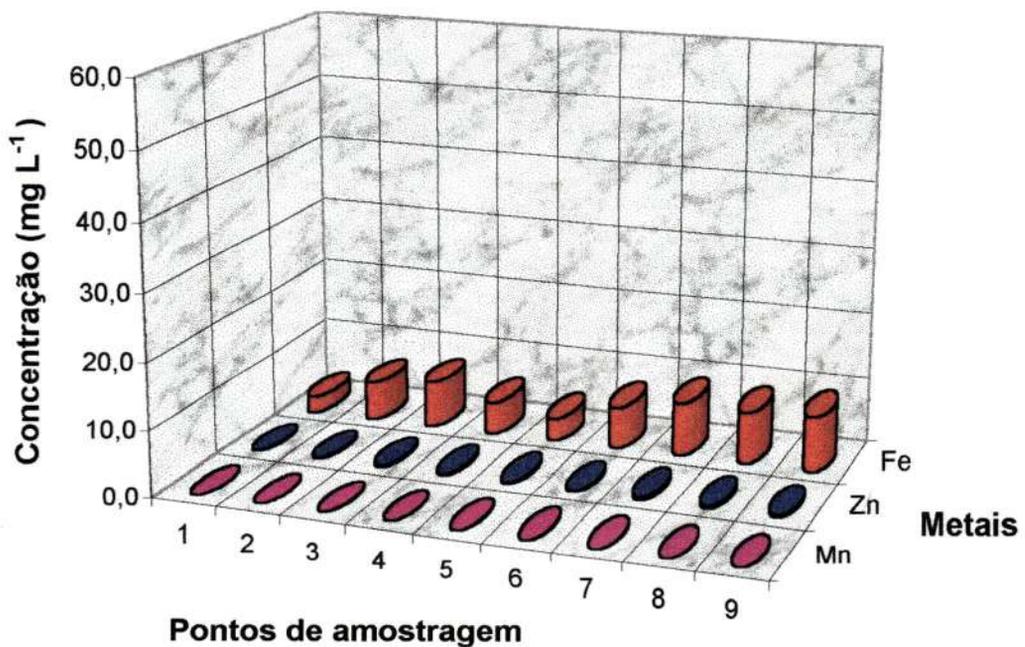


FIGURA 56b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

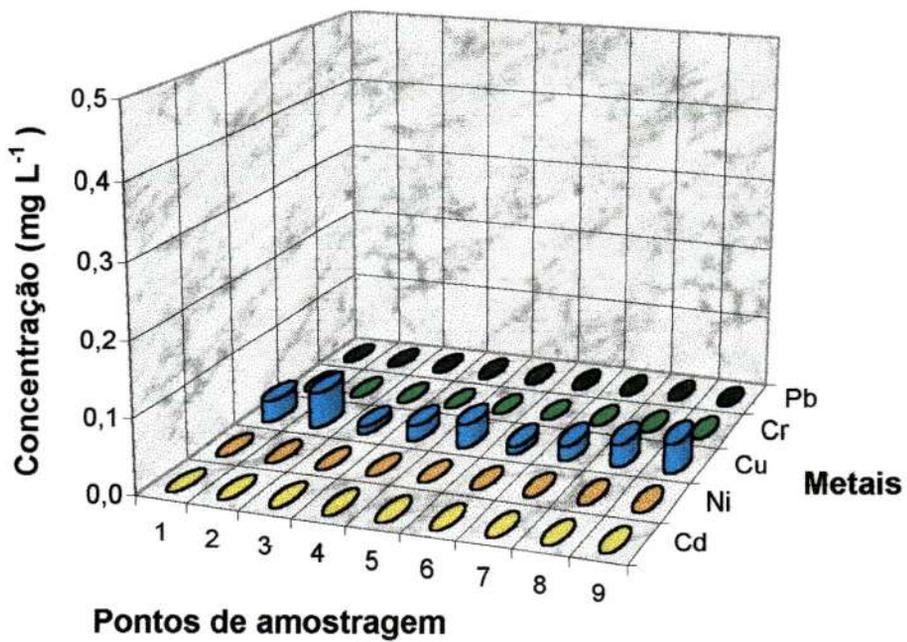


FIGURA 57a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

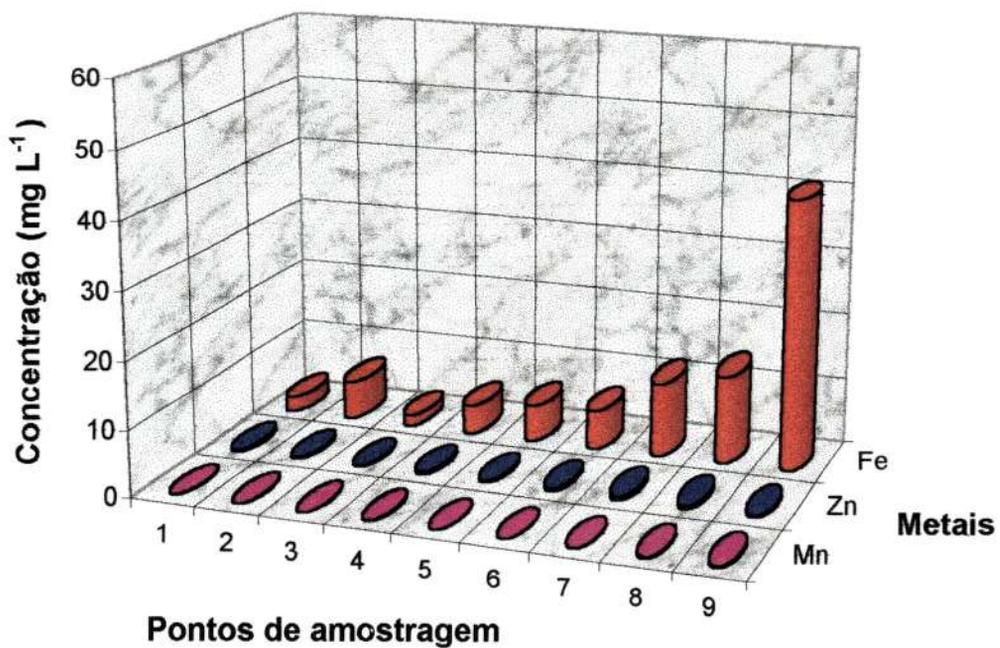


FIGURA 57b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

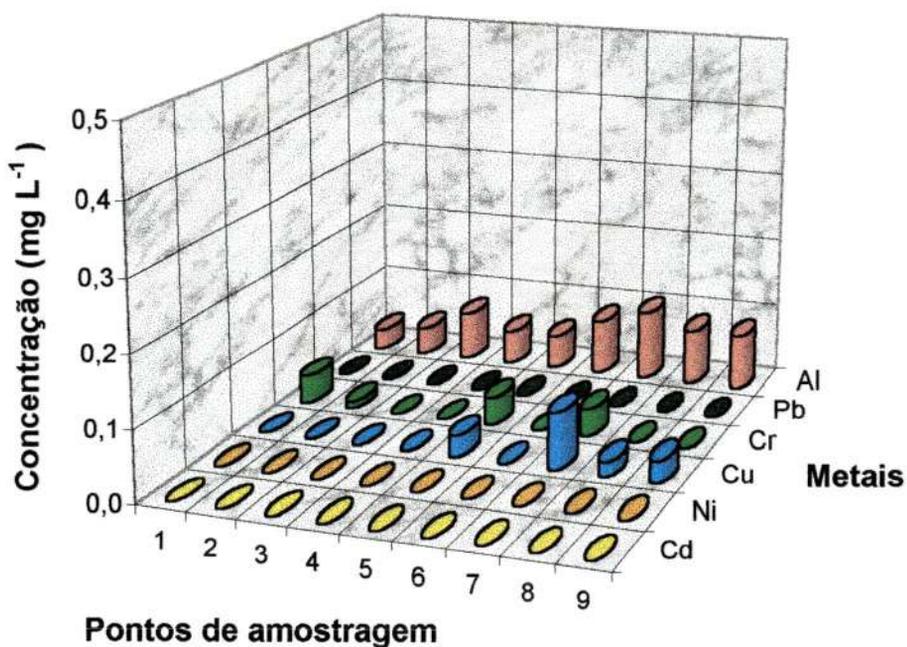


FIGURA 58a: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

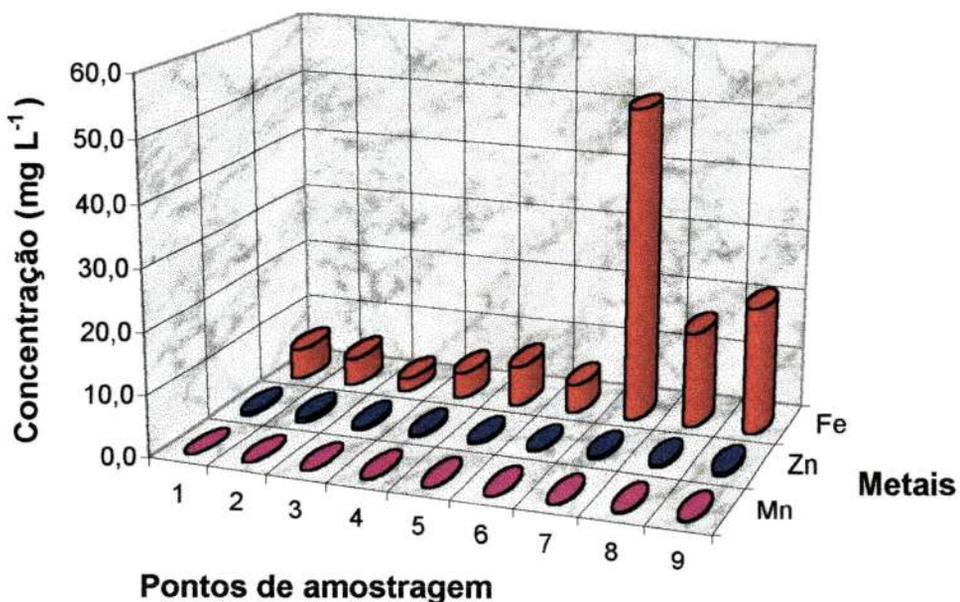


FIGURA 58b: Concentração de manganês, ferro e zinco total na água ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

CONCENTRAÇÃO DE METAIS NO SEDIMENTO

A obtenção da fração de metal disponível foi realizada por meio de uma extração a frio, pois esta técnica libera os metais associados à fase orgânica e inorgânica do sedimento, com ataque mínimo a matriz geológica.

6.6.4 - DADOS SOBRE OS METAIS DISPONÍVEIS NO SEDIMENTO

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 59a a 65a apresentam os resultados obtidos para as concentrações de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo; as FIGURAS 59b a 65b apresentam as concentrações de manganês, ferro e zinco.

Analisando-se as FIGURAS 59a, 59b e a TABELA 59 (ANEXO 1), com os dados referentes a 1ª coleta, pode-se observar que dos metais analisados o chumbo e o cádmio não foram detectados. As FIGURAS 60a, 60b e a TABELA 60 (ANEXO 1) referentes a 2ª coleta mostram que o cádmio só foi detectado nos pontos 7 e 9 (nos estratos a 5, 10 e 15 cm); na 3ª, 6ª e 7ª coletas não foi detectado cádmio em nenhum ponto de amostragem do rio Monjolinho (FIGURAS 61a, 61b, 64a, 64b, 65a, 65b e TABELAS 61, 64 e 65 - ANEXO 1). Com relação ainda ao cádmio, pode-se verificar que este foi detectado no ponto 7, na 4ª coleta (FIGURAS 62a, 62b e TABELA 62 - ANEXO 1) e nos pontos 6 e 9 (5cm) na 5ª coleta (FIGURAS 63a, 63b e TABELA 63 - ANEXO 1).

No período de seca (3ª, 4ª, e 5ª coletas), nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações de metais foram: zinco - 139,90 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta); chumbo - 13,10 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta); níquel - 3,0 mg kg⁻¹ (ponto 9 - 4ª coleta); ferro -

18678,10 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5^a coleta); manganês - 107,20 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5^a coleta); cobre - 34,0 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5^a coleta) e cromo - 18,50 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5^a coleta). Com relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5) o cádmio não foi detectado nas coletas no período de seca (FIGURAS 61a, 61b, 62a, 62b, 63a, 63b e TABELAS 61, 62 e 63 - ANEXO 1).

A 5^a coleta (período de seca) apresentou as maiores concentrações de metais em relação as outras coletas no ponto 6, com exceção para o níquel (FIGURAS 63a, 63b e TABELA 63 - ANEXO 1).

No período das chuvas (1^a, 2^a, e 7^a coletas) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações encontradas foram: zinco - 108,50 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 2^a coleta); chumbo - 17,90 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 2^a coleta); níquel - 3,90 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 2^a coleta); ferro - 4397,70 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 7^a coleta); manganês - 158,0 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 7^a coleta); cobre - 23,0 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 2^a coleta) e cromo - 9,0 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 2^a coleta). Com relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5) o cádmio não foi detectado nas coletas no período de chuva (FIGURAS 59a, 59b, 60a, 60b, 65a, 65b e TABELAS 59, 60 e 65 - ANEXO 1).

A 2^a coleta, realizada no período de chuva apresentou as maiores concentrações de metais em relação as outras coletas no ponto 7, com exceção do ferro e manganês (FIGURAS 60a, 60b e TABELA 60 - ANEXO 1).

No período de transição (6^a coleta), nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações de metais foram: zinco - 55,50 mg kg⁻¹ (ponto 9 à 15 cm); chumbo - 9,30 mg kg⁻¹ (ponto 9 à 15 cm); níquel - 4,10 mg kg⁻¹ (ponto 9 à 15 cm); ferro - 5649,80 mg kg⁻¹ (ponto 9 à 10 cm);

manganês - 73,40 mg kg⁻¹ (ponto 9 à 15 cm); cobre - 18,20 mg kg⁻¹ (ponto 6) e cromo - 5,30 mg kg⁻¹ (ponto 2). Com relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5), o cádmio também não foi detectado na 6ª coleta, no período de transição (FIGURAS 64a, 64b e TABELA 64 - ANEXO 1).

→ A disponibilidade dos metais em sedimentos está associada as interações entre o metal e a matéria orgânica, o metal e o oxigênio dissolvido e as alterações na água como o aumento ou decréscimo nos valores de pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido (FLORENCE & BATLEY, 1980).

Os metais disponíveis e totais apresentaram as maiores concentrações no período de seca e transição, com algumas exceções. Vale ressaltar que a 2ª coleta referente ao período de chuva, apresentou concentrações mais elevadas, quando comparadas a outras coletas, provavelmente por atividades pontuais de industriais que lançam seus efluentes nas águas do rio.

As concentrações de metais disponíveis eram, possivelmente, função das concentrações encontradas para os metais totais, ocorrendo sempre concomitantemente, aumentando ou diminuindo em função da concentração do metal total. BARRETTO (1994), observou que os metais no filtrado do sedimento, também eram função das concentrações obtidas para a concentração do metal total. ^

Em estudos de análise ambiental, provavelmente a quantificação do metal disponível é tão importante quanto a quantificação do metal total, pois são eles que estão mais aptos a serem absorvidos pelos organismos.

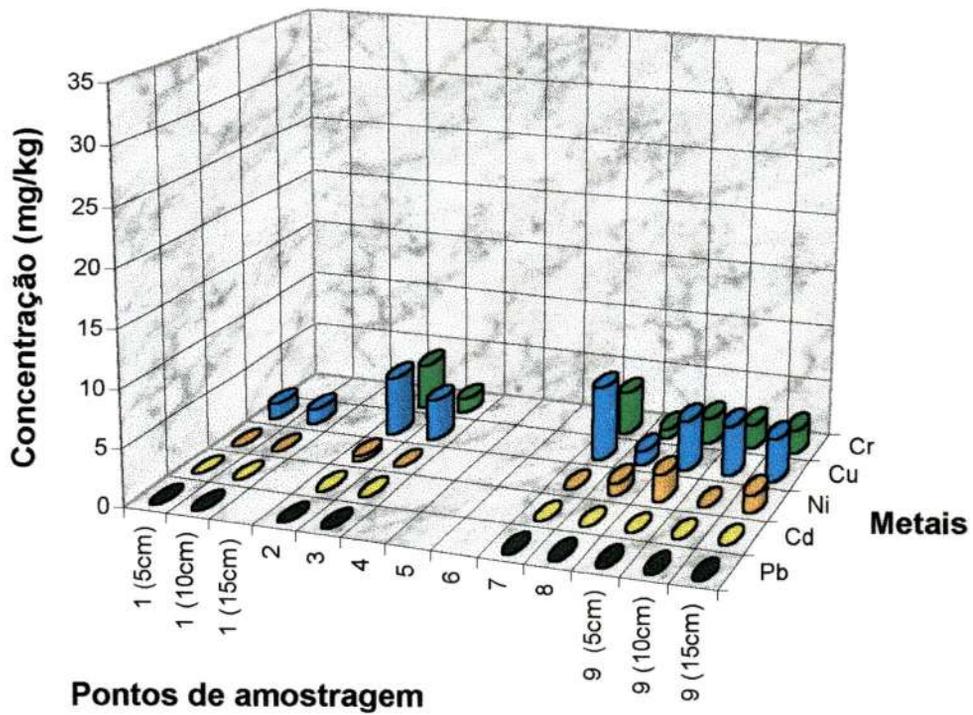


FIGURA 59a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

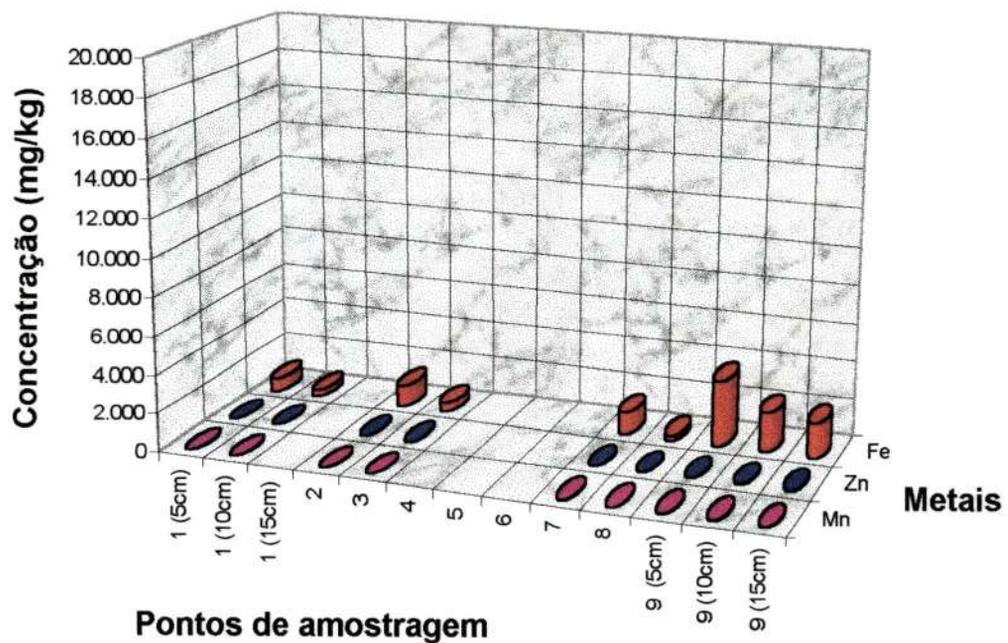


FIGURA 59b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

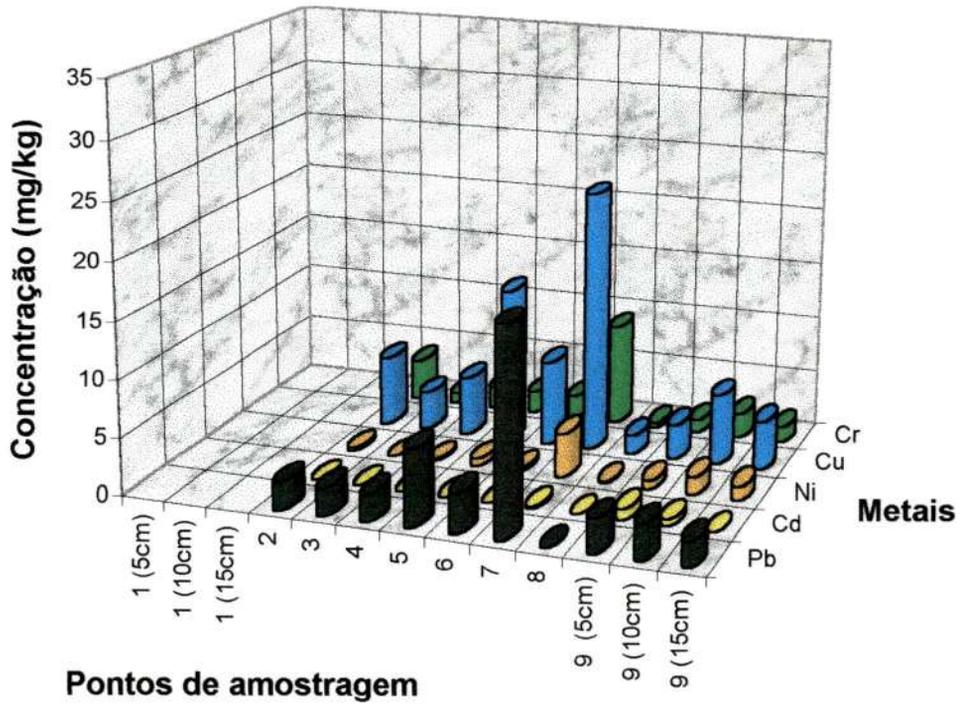


FIGURA 60a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

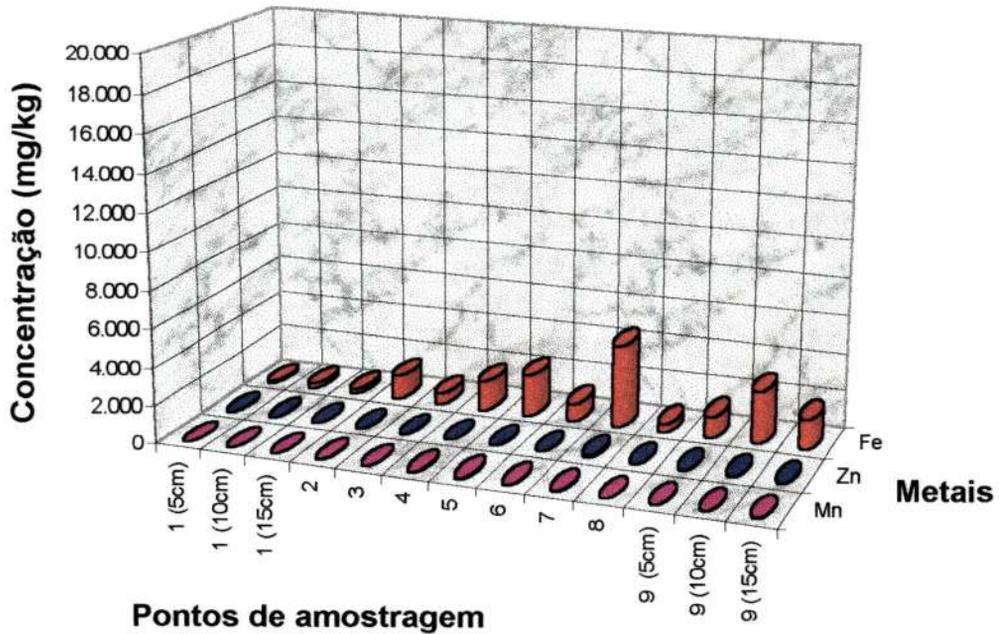


FIGURA 60b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

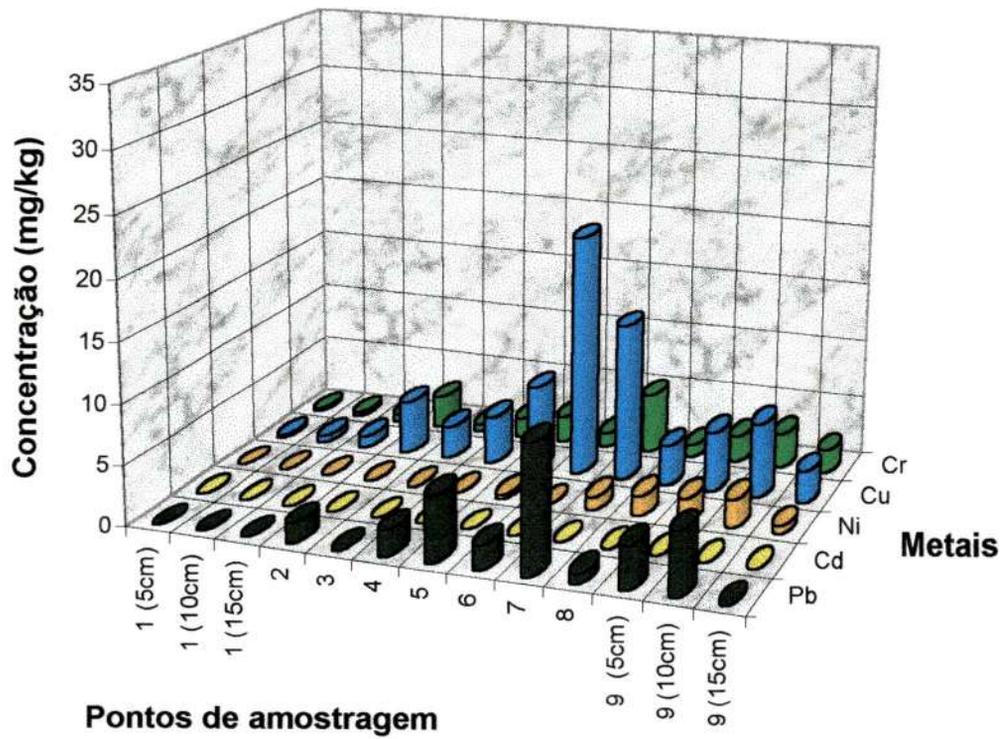


FIGURA 61a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

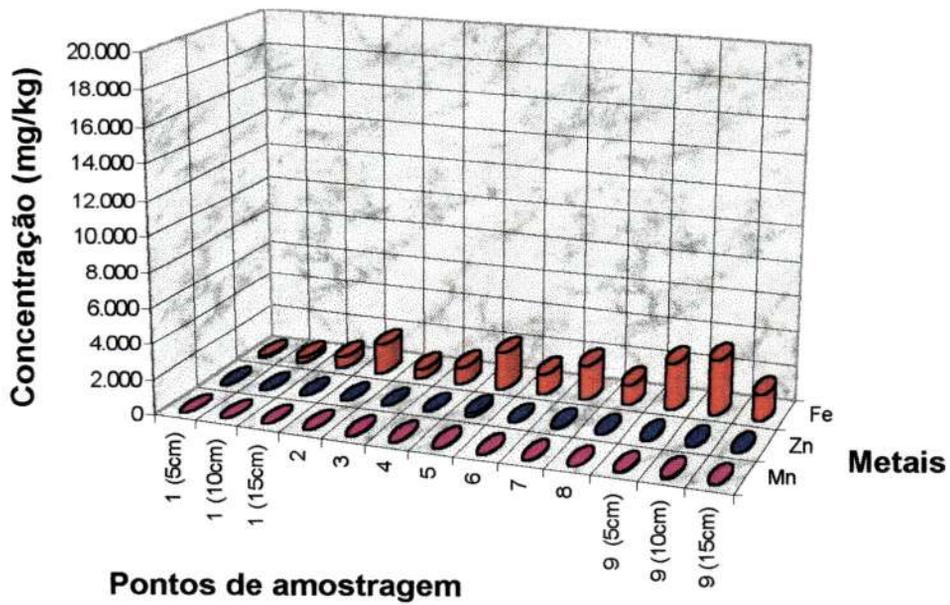


FIGURA 61b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

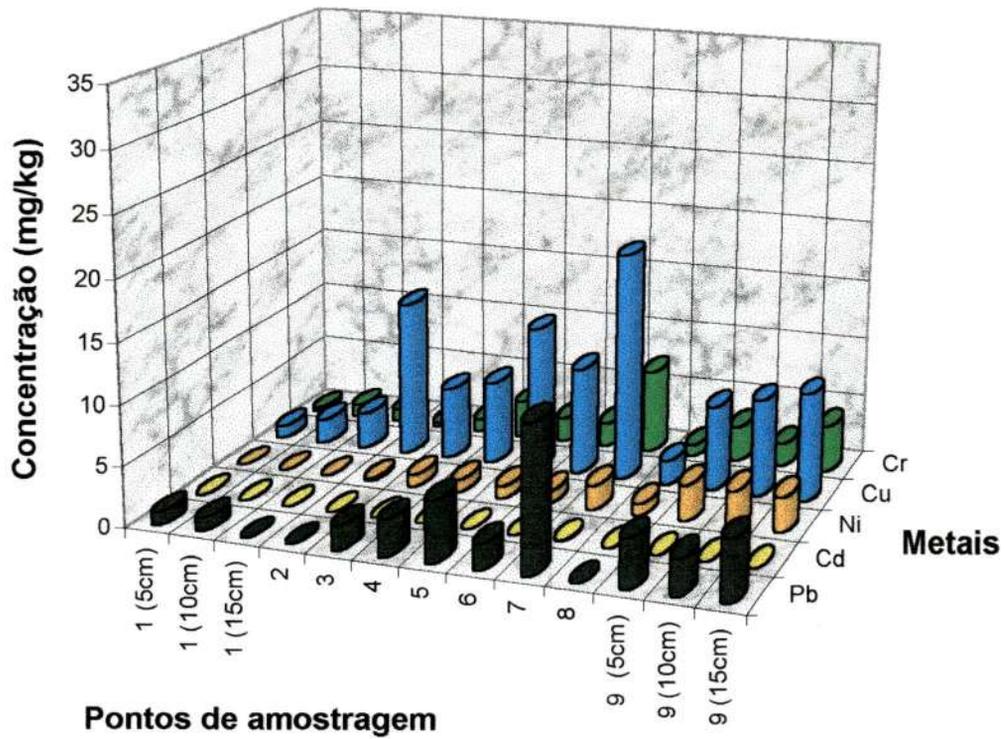


FIGURA 62a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

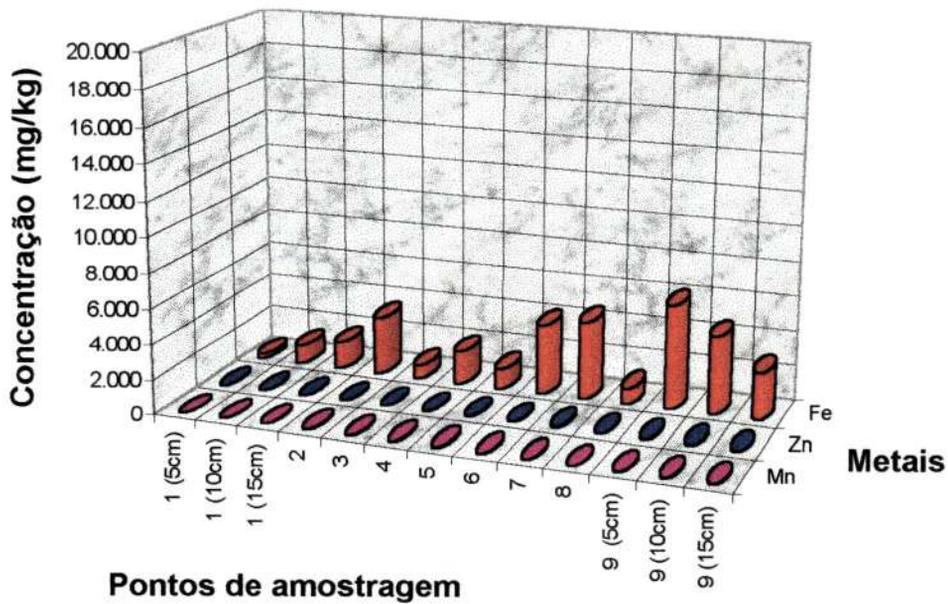


FIGURA 62b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

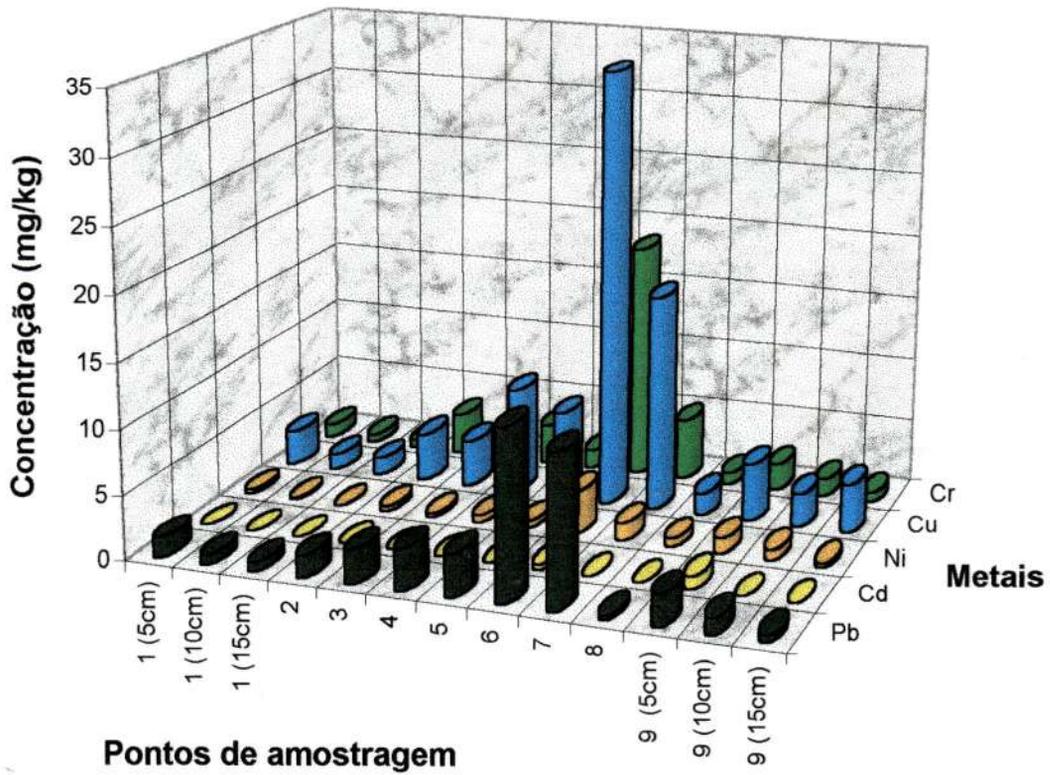


FIGURA 63a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

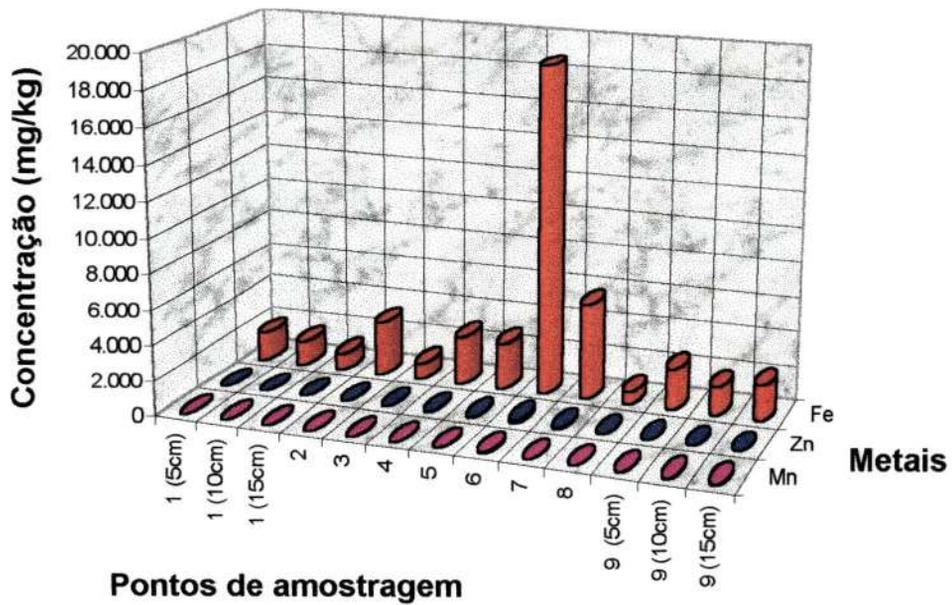


FIGURA 63b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

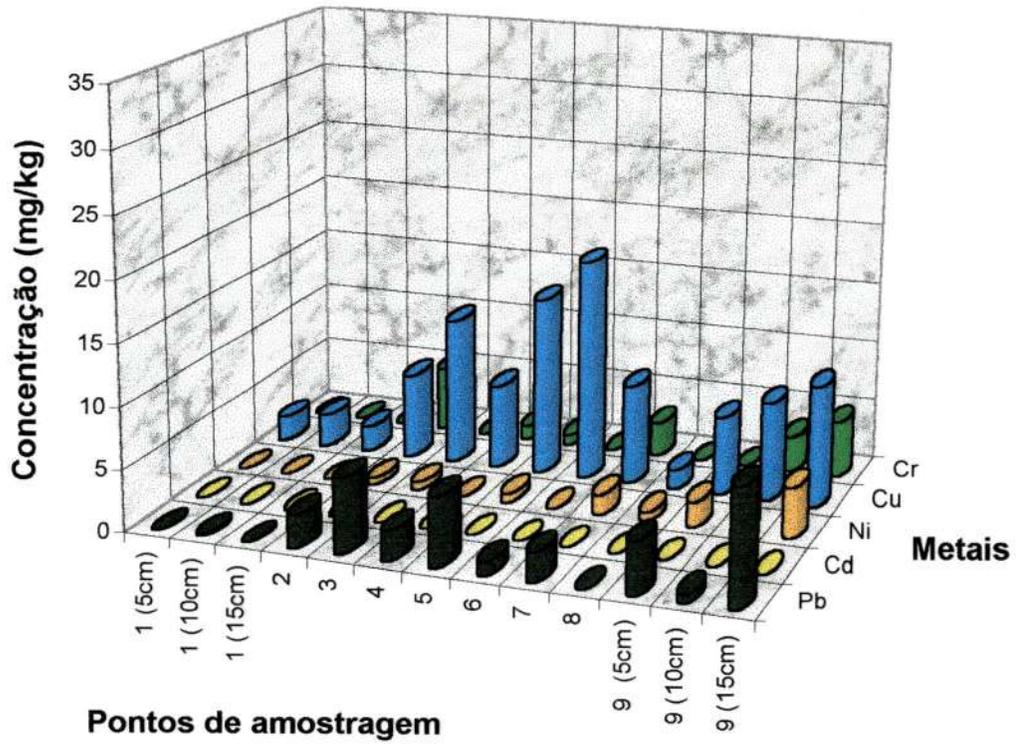


FIGURA 64a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

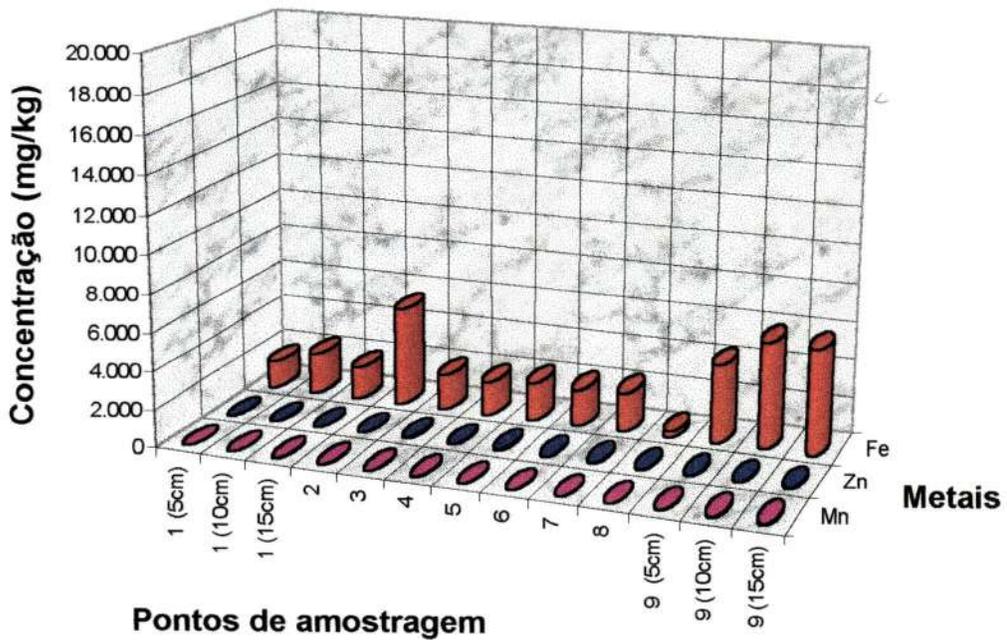


FIGURA 64b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

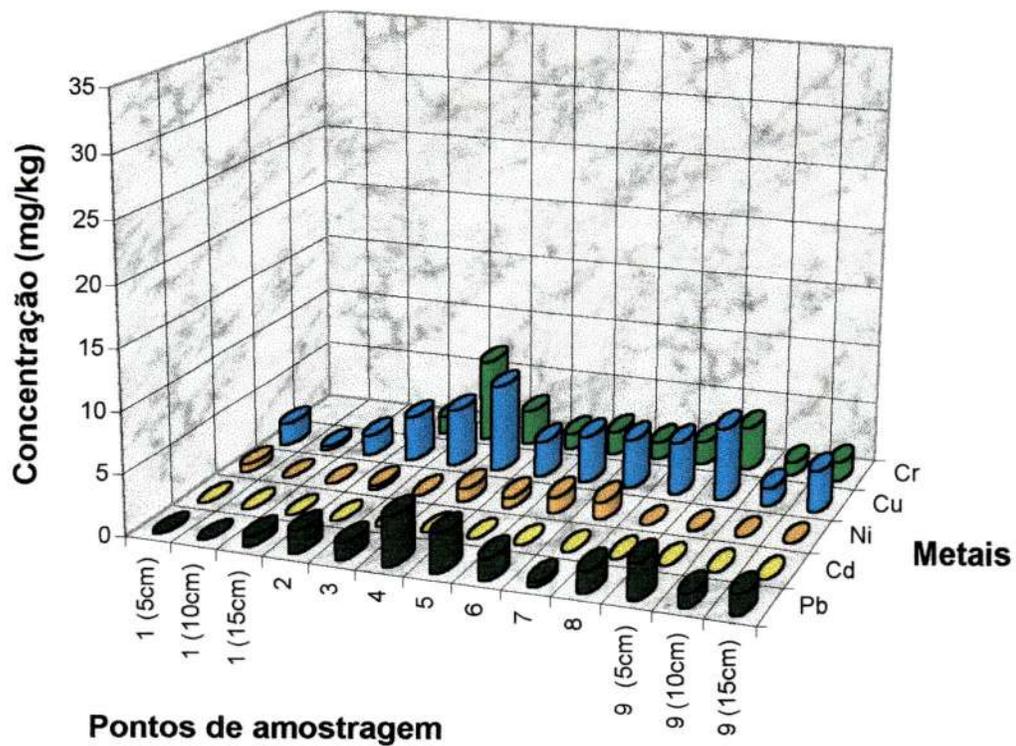


FIGURA 65a: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

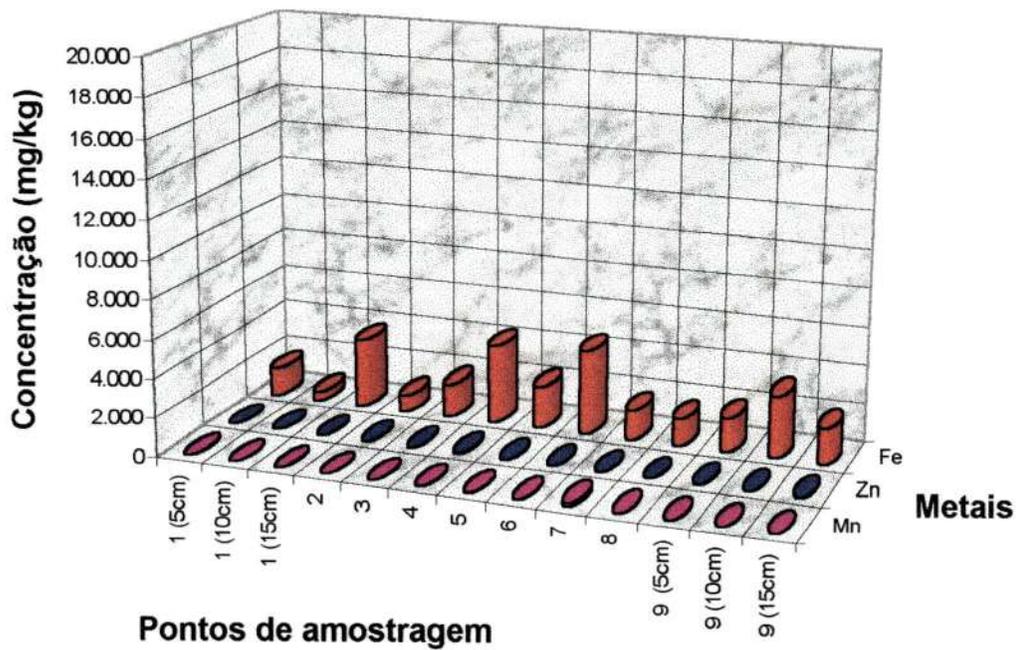


FIGURA 65b: Concentração de manganês, ferro e zinco disponível no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.5 - DADOS SOBRE OS METAIS TOTAIS NO SEDIMENTO

A obtenção da fração de metal total foi realizada por meio de uma digestão drástica com ácido nítrico, técnica esta descrita em detalhes no capítulo Metodologia.

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 66a a 72a apresentam os resultados obtidos para as concentrações cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo; as FIGURAS 66b a 72b apresentam as concentrações de manganês, ferro e zinco encontrados no sedimento.

Analisando as FIGURAS 66a, 66b e a TABELA 66 (ANEXO 1) com os dados referentes a 1ª coleta, pode-se observar que dos metais analisados somente chumbo e o cádmio não foram detectados. Nas FIGURAS 67a, 67b e a TABELA 67 (ANEXO 1) referente a 2ª coleta observa-se que todos os metais foram detectados; o cádmio só foi detectado na 3ª coleta nos pontos 4 e 7, na 4ª coleta no ponto 7, na 5ª coleta nos pontos 6 e 9 (5 cm), na 6ª coleta não foi detectado (FIGURAS 68a, 68b, 69a, 69b, 70a, 70b, 71a, 71b e TABELAS 68, 69, 70 e 71 - ANEXO 1). Com relação ainda às concentrações de cádmio nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, este foi detectado nos pontos 4, 7 e 9 (5 cm) referente a 7ª coleta (FIGURAS 72a, 72b e TABELA 72 - ANEXO 1).

No período de seca (3ª, 4ª, e 5ª coletas) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações de metais foram: zinco - 263,60 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 3ª coleta); chumbo - 87,0 mg kg⁻¹ (ponto 7 - 5ª coleta); níquel - 15,30 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta); ferro - 76919,20 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta); manganês - 108,70 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta); cobre - 72,50 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta) e cromo - 39,80 mg kg⁻¹ (ponto 6 - 5ª coleta). Com relação aos

afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5), o cádmio não foi detectado nas coletas no período de seca (FIGURAS 68a, 68b, 69a, 69b, 70a, 70b e TABELAS 68, 69 e 70 - ANEXO 1).

A 5ª coleta (período de seca) apresentou as maiores concentrações de metais em relação as outras coletas no ponto 6, com exceção do zinco e do chumbo (FIGURAS 70a, 70b e TABELA 70 - ANEXO 1).

No período das chuvas (1ª, 2ª, e 7ª coletas) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações de metais foram: zinco - $746,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 (10 cm) - 2ª coleta); chumbo - $29,60 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 7 - 2ª coleta); níquel - $20,10 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 7 - 2ª coleta); ferro - $43396,70 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 1 (5 cm) - 2ª coleta); manganês - $191,20 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 7 - 7ª coleta); cobre - $72,50 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 6 - 5ª coleta) e cromo - $39,80 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 6 - 5ª coleta). Com relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5) o cádmio só não foi detectado na 1ª coleta no período de chuva (FIGURAS 66a, 66b, 67a, 67b, 72a, 72b e TABELAS 66, 67 e 72 - ANEXO 1).

A 2ª coleta (período de chuva) apresentou as maiores concentrações de metais em relação as outras coletas, com exceção do manganês (FIGURAS 67a, 67b e TABELA 67 - ANEXO 1).

No período de transição (6ª coleta) nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, as maiores concentrações de metais foram: zinco - $77,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 à 15 cm); chumbo - $16,90 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 à 15 cm); níquel - $7,40 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 à 10 cm); ferro - $43793,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 à 15 cm); manganês - $88,90 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 4); cobre - $25,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 9 à 15 cm) e cromo - $24,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (ponto 6). Com

relação aos afluentes estudados, córrego do Tijuco Preto (ponto 3) e córrego do Gregório (ponto 5) o cádmio não foi detectado na 6ª coleta considerado período de transição (FIGURAS 71a, 71b e TABELA 71 - ANEXO 1).

A 6ª coleta (transição) apresentou as maiores concentrações de metais em relação as outras coletas no ponto 9 (15 cm), com exceção do níquel, manganês e cromo (FIGURAS 71a, 71b e TABELA 71 - ANEXO 1).

O sedimento apresentou concentrações de metais que podem ser consideradas altas (TABELAS 38 a 100 - ANEXO 1). Este fato também foi observado por BARRETTO (1994), estudando as concentrações de cromo em diversos compartimentos aquáticos e ESTEVES et al. (1981), estudando sedimentos de lagos e represas do Estado de São Paulo.

De maneira geral, a concentração de metais totais no sedimento foi alta e crescente no período de chuva, ou seja, da 1ª coleta para a 2ª coleta, entretanto na 7ª coleta ocorreu uma diminuição na concentração em relação a 2ª coleta, mais ainda assim apresentou concentrações superiores as detectadas na 1ª coleta, com algumas exceções (FIGURAS 66 a 72). Esta concentração crescente está associada à incorporação de metal solúvel através de ações físicas e químicas, incorporação de microrganismos mortos ao sedimento, precipitações químicas do metal e lançamento de efluentes industriais (BARRETTO et. al., 1997). A diminuição que ocorreu em relação a 7ª coleta pode estar associada à melhora no tratamento dos efluentes lançados no rio ou à maior atuação dos órgãos de fiscalização da qualidade ambiental do rio.

Com relação ao período de seca, a concentração de metais também foi alta e crescente ao longo das coletas neste período, com poucas exceções (FIGURAS 68 a 70).

* MENDES (1998), estudando as concentrações de cobre, cromo e zinco no rio Monjolinho encontrou concentrações inferiores às detectadas neste estudo, tanto no período considerado seco e frio, quanto no período quente e chuvoso. Este autor observou também, pelo índice de geoacumulação (desenvolvido para o rio Rhine), que não existia indicação de comprometimento deste em relação aos metais que analisou. No entanto, esta pesquisa sugere que o sedimento do rio Monjolinho merece atenção e cautela, devido às concentrações encontradas para os metais totais e principalmente às concentrações de metais disponíveis detectadas.

† Um processo de dragagem neste rio disponibilizaria os metais para a biota (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983) e poderia provocar "danos" aos organismos, principalmente porque estes já apresentam concentrações consideráveis.

FÖRSTNER & WITTMANN (1983), observaram que as concentrações de metais no sedimento estão associadas também ao tipo de sedimento. Sedimentos com menor granulometria (< 2 μm) tendem a concentrar maiores quantidades de metais que sedimentos com maior granulometria. Com base nesta observação, alguns pontos do rio Monjolinho estariam mais susceptíveis de armazenar metais que outros, como é o caso dos pontos de coleta 1, 7 e 9.

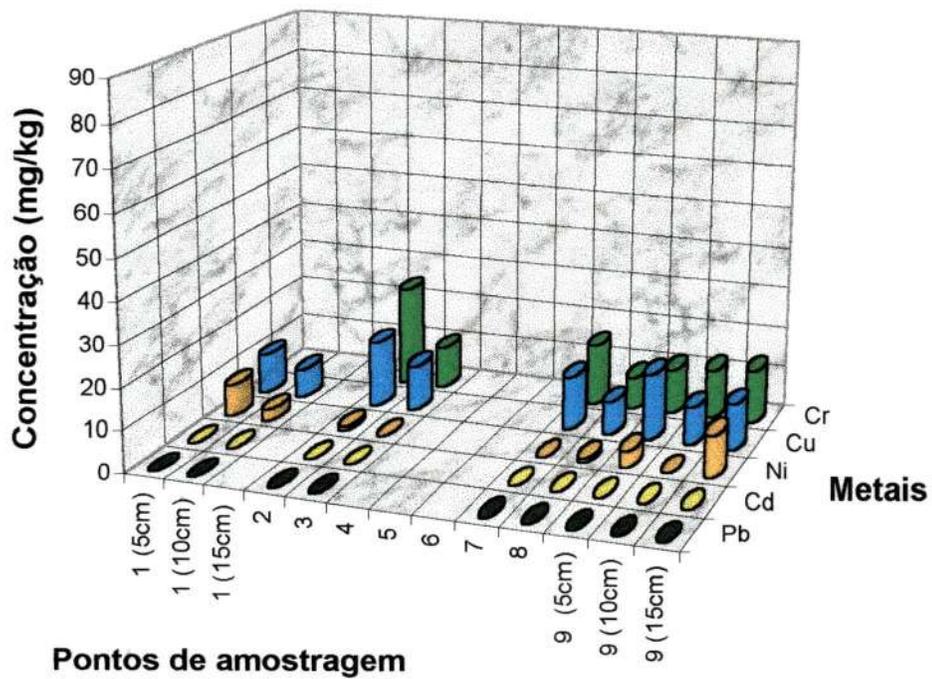


FIGURA 66a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

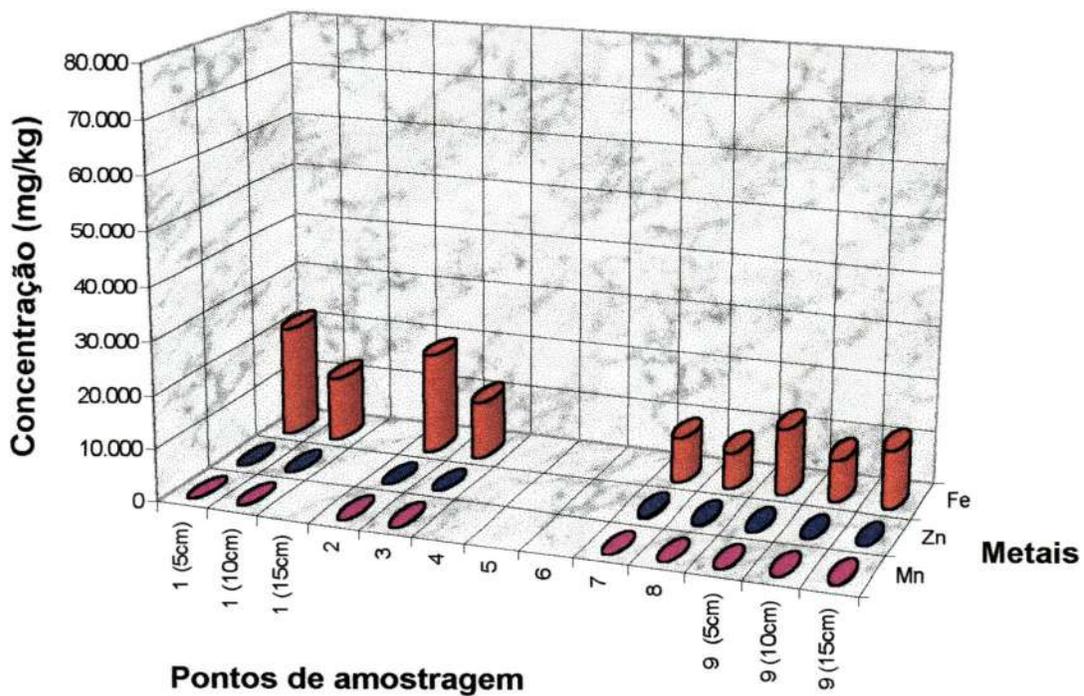


FIGURA 66b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

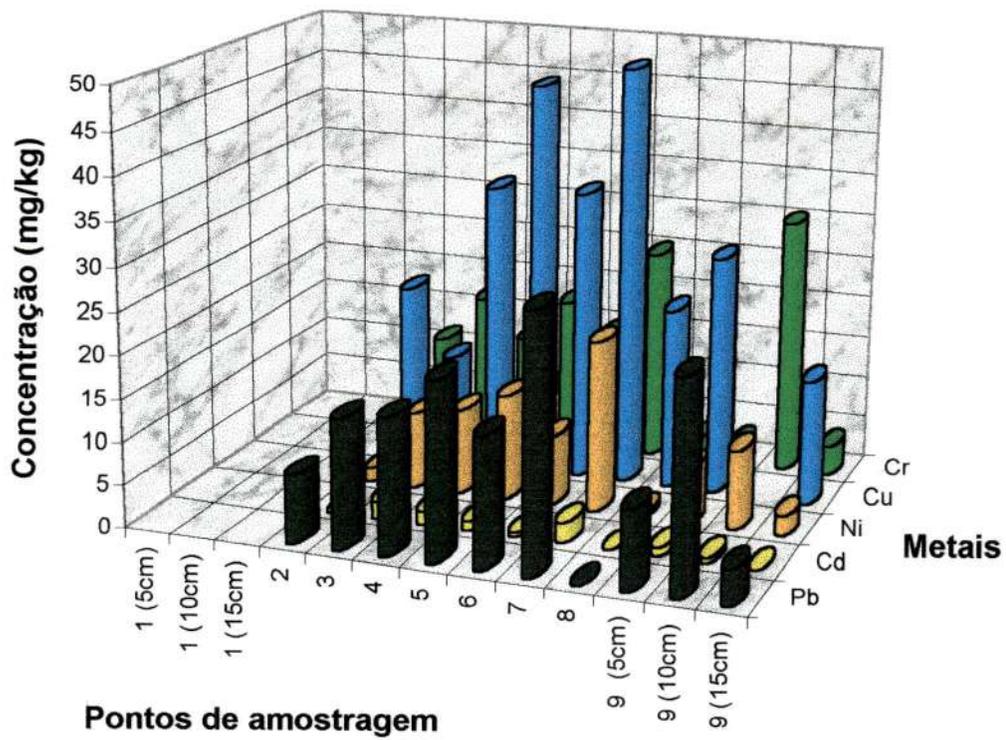


FIGURA 67a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

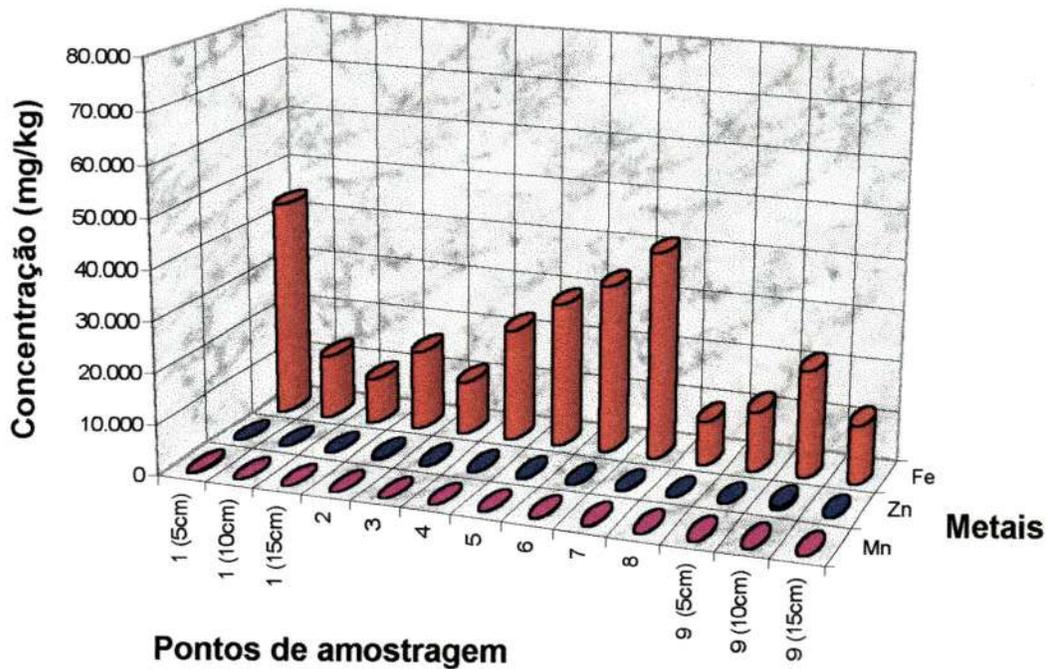


FIGURA 67b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

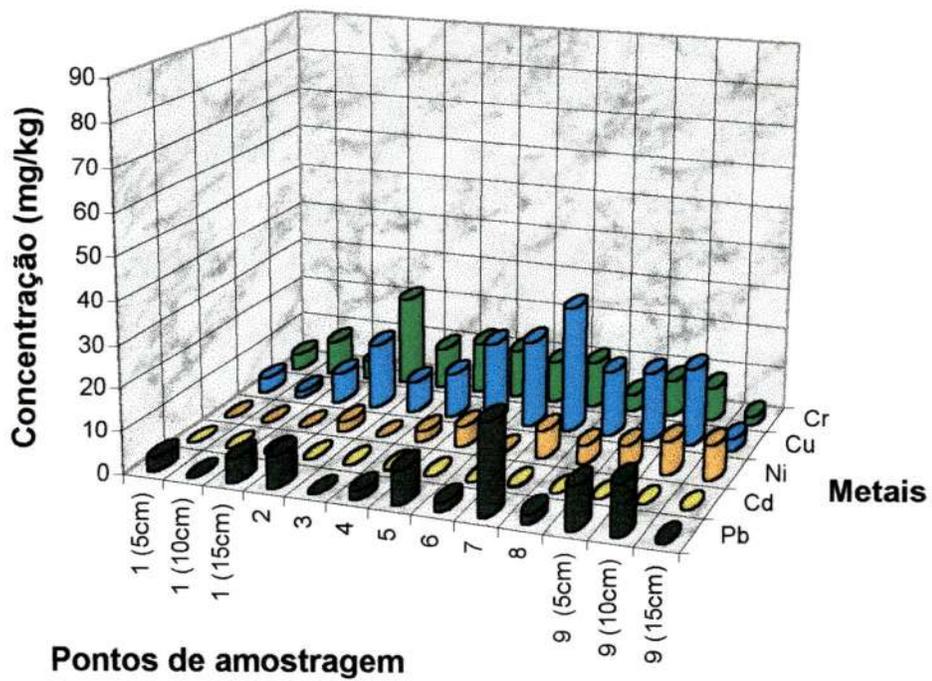


FIGURA 68a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

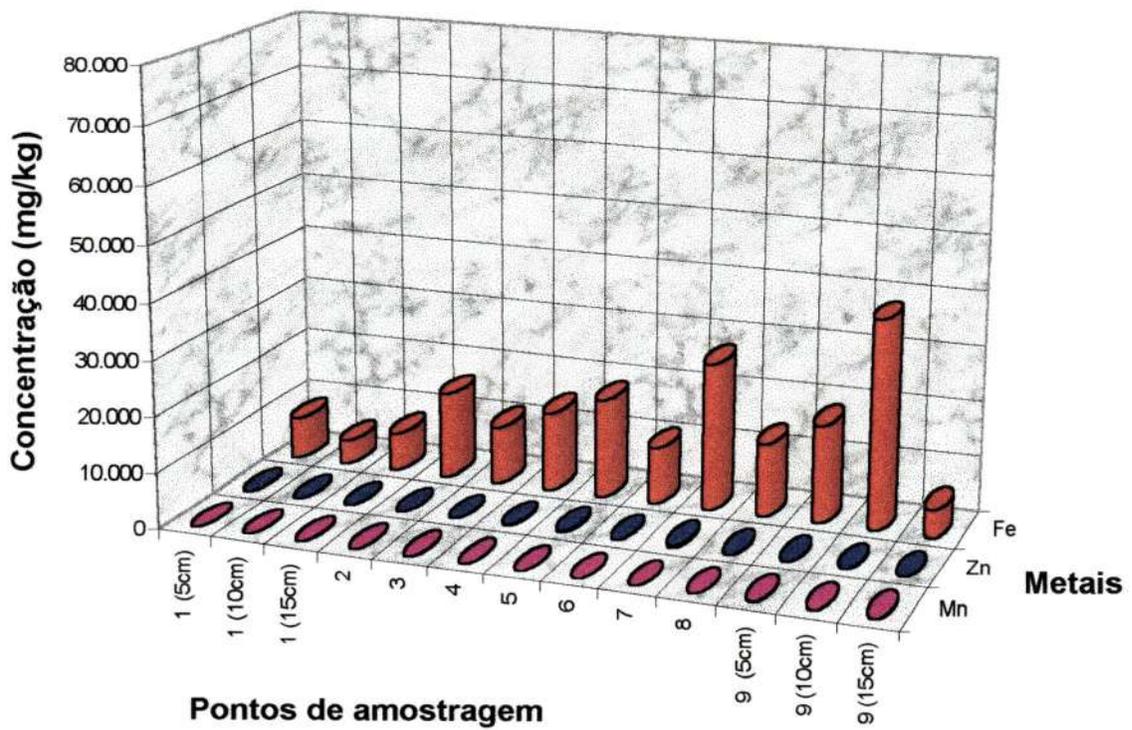


FIGURA 68b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

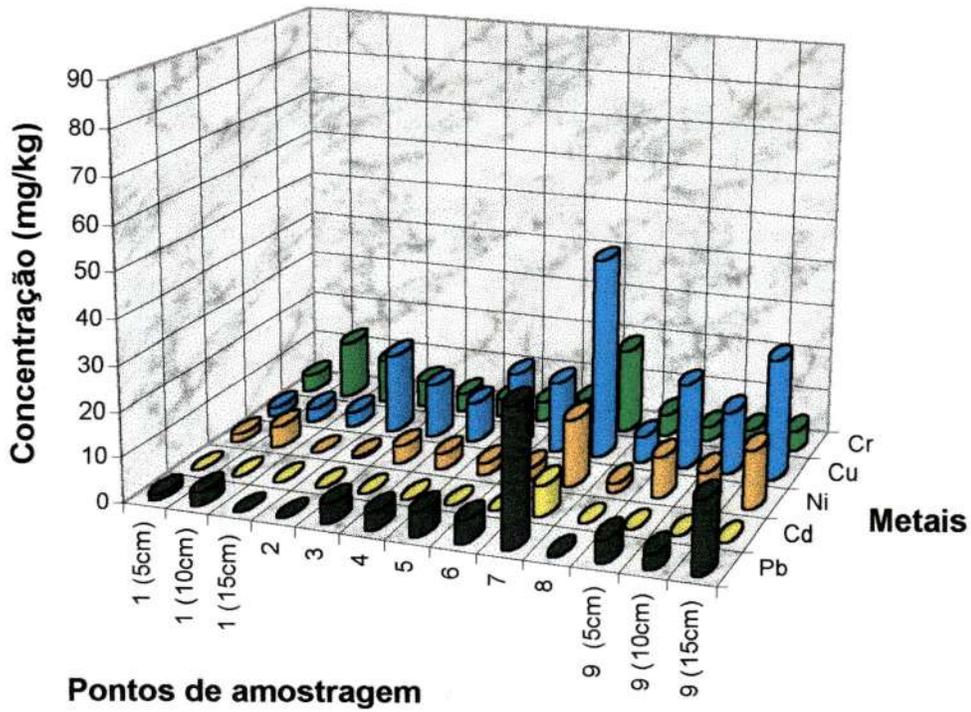


FIGURA 69a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

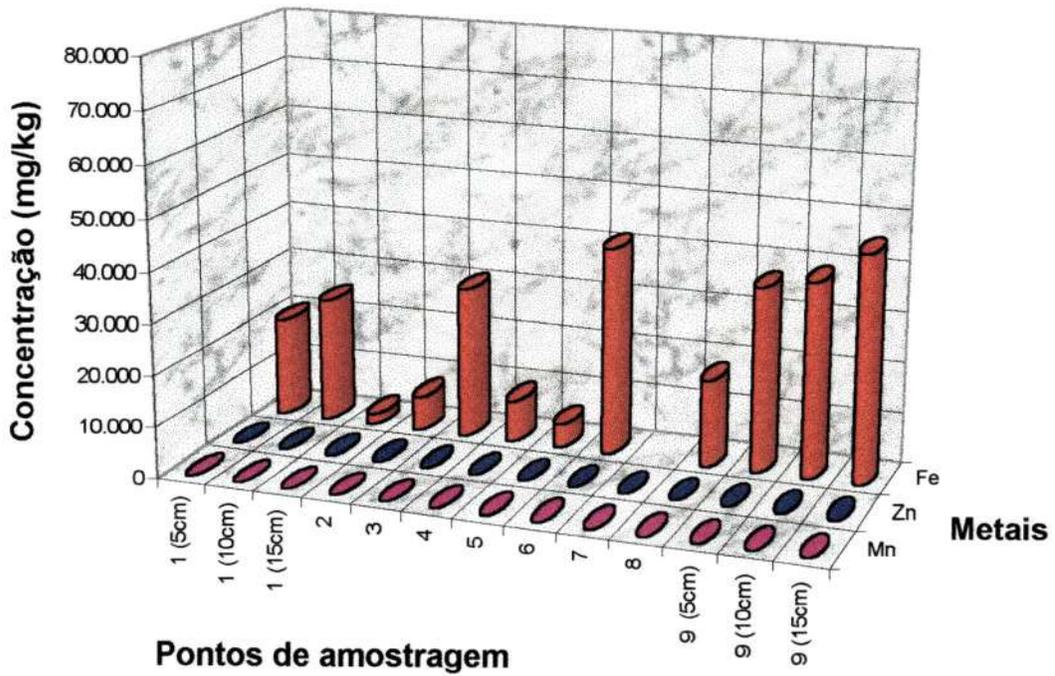


FIGURA 69b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

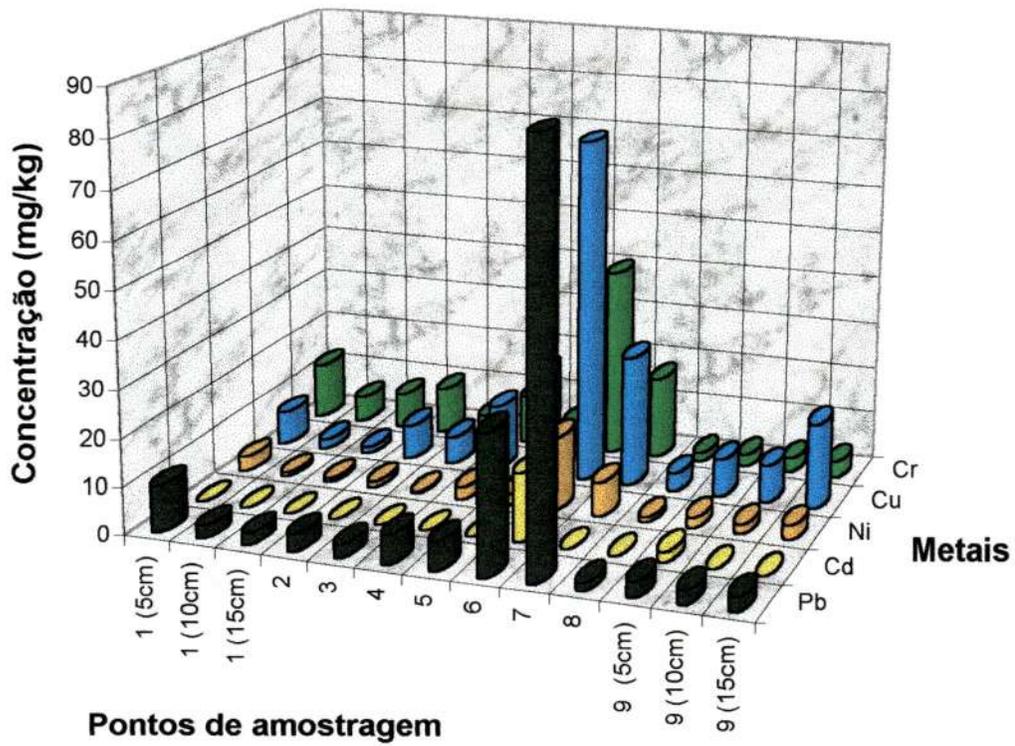


FIGURA 70a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

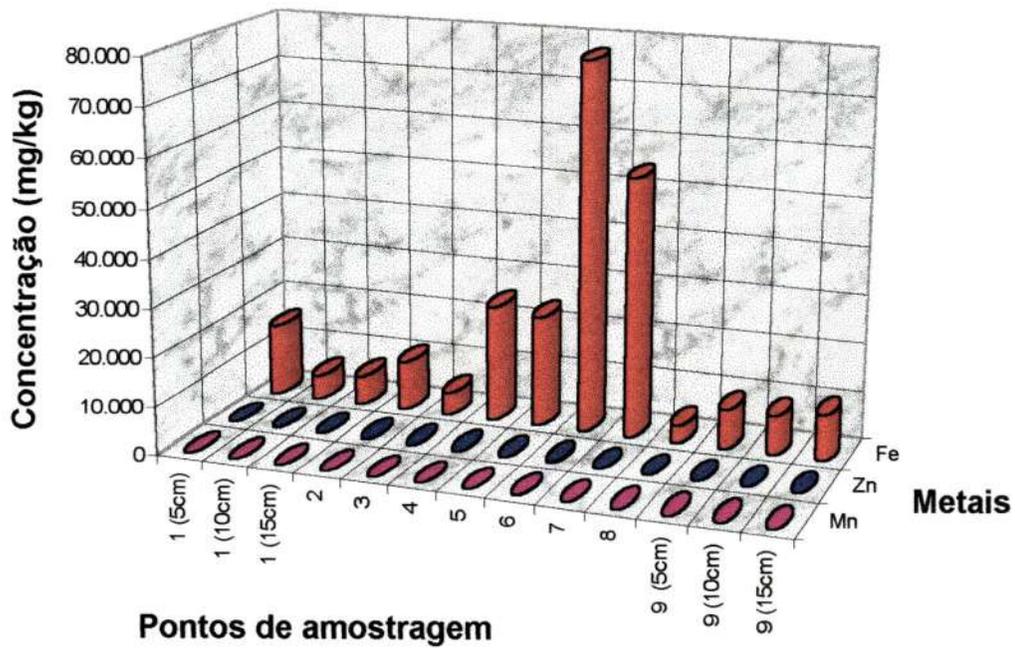


FIGURA 70b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

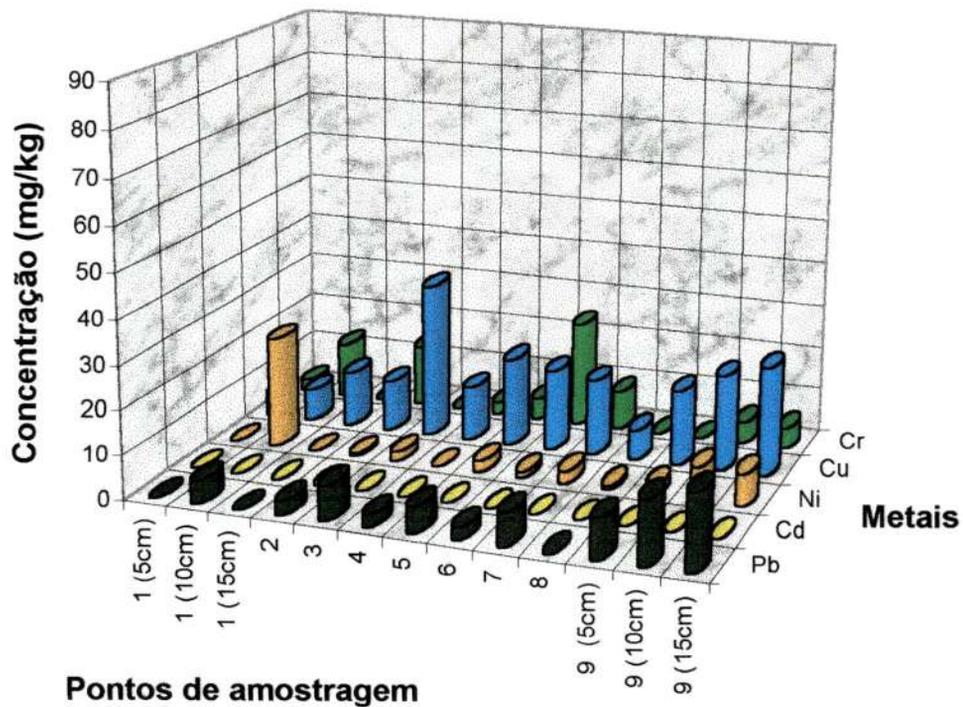


FIGURA 71a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

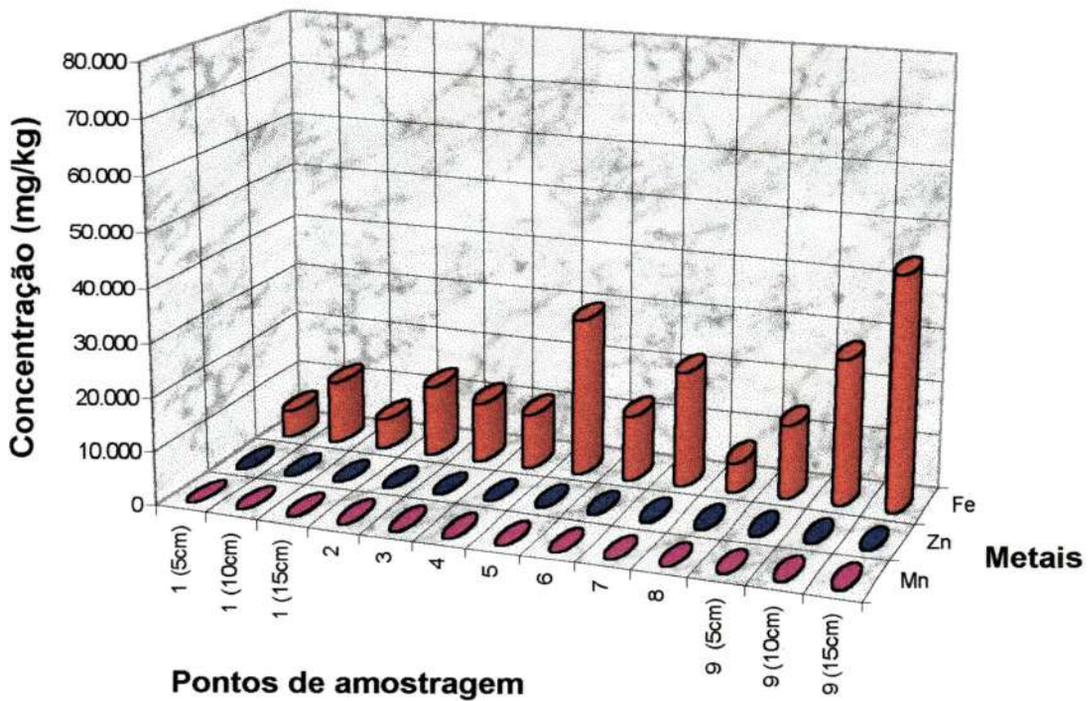


FIGURA 71b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

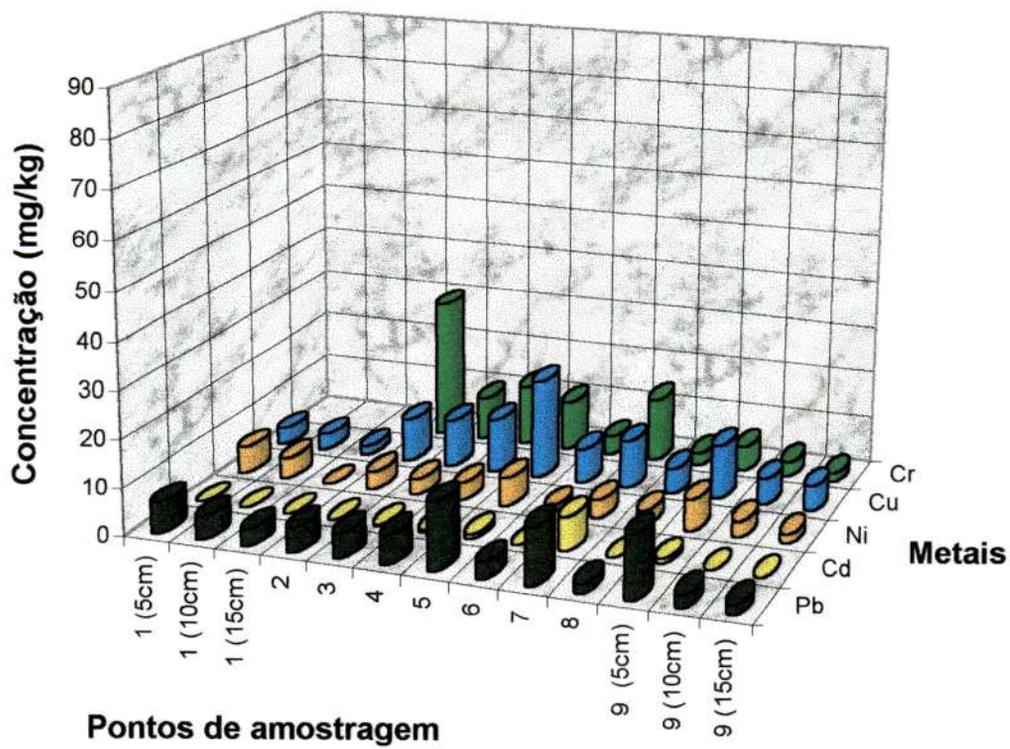


FIGURA 72a: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

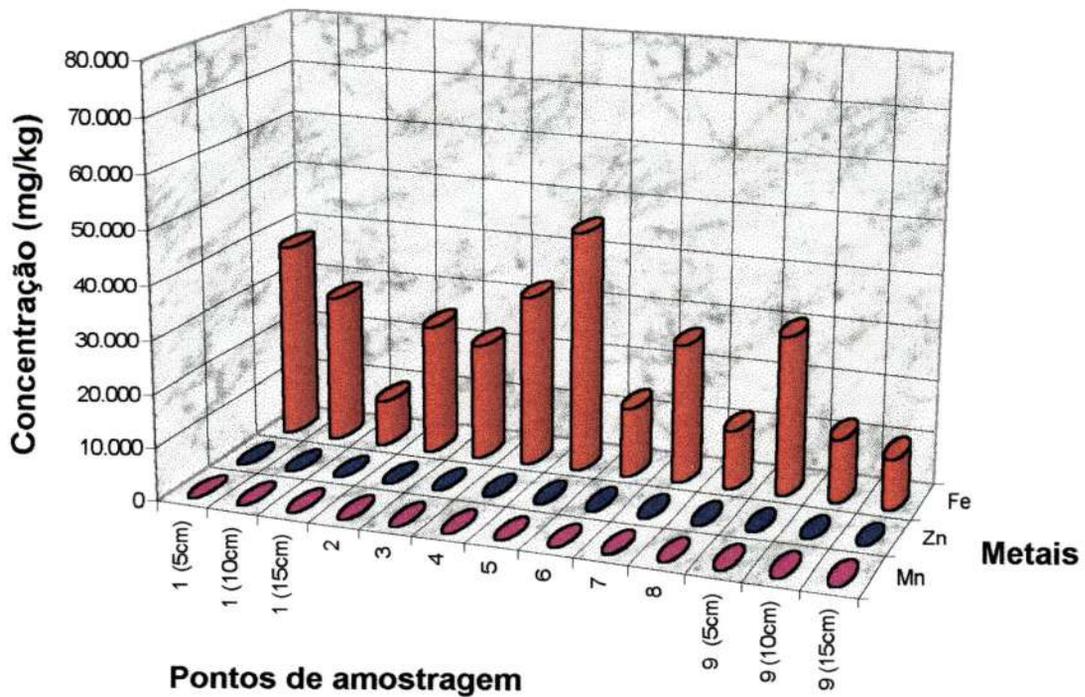


FIGURA 72b: Concentração de manganês, ferro e zinco total no sedimento ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.6 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS

A obtenção da concentração de metal total nas macrófitas foi realizada por meio de uma digestão forte com ácido nítrico, técnica esta descrita em detalhes no capítulo Metodologia.

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 73a a 79a apresentam os resultados obtidos para as concentrações totais na comunidade de macrófitas de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo; as FIGURAS 73b a 79b apresentam as concentrações totais na comunidade de macrófitas de manganês, ferro e zinco. As TABELAS 73 a 79 (ANEXO 1) apresentam os resultados obtidos para todos os metais estudados.

As macrófitas não estavam presentes em todos os pontos de amostragem (como no caso dos pontos 3 e 8), provavelmente devido a fatores ambientais. No período de seca, estiveram sempre presentes nos pontos 1, 2, 6 e 7 e no período das chuvas não apresentaram a mesma constância.

Pelas TABELAS 73 a 79 (ANEXO 1), pode-se observar que ocorreram concentrações variáveis de todos os metais analisados: zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês, cobre e cromo.

AS FIGURAS 73a e 73b e a TABELA 73, apresentam os resultados obtidos para a 1ª coleta (período de chuva), onde nos pontos 1, 2 e 9 foram coletadas macrófitas para análise dos metais. Observa-se que as maiores concentrações foram para o ferro, com variação de 8,073 a 23,504 mg g⁻¹ (pontos 1 e 2). O metal que apresentou as menores concentrações foi o cádmio, com concentração de 0,002 mg g⁻¹. Estes valores podem ser verificados na FIGURA 74a, 74b e na TABELA 74 (ANEXO 1), referentes à 2ª coleta (período de chuva) com a

observação de que no ponto 9 não foram encontradas macrófitas, e o ferro foi considerado o metal mais abundante, enquanto o cádmio foi o menos abundante, com concentrações, variando de 72,078 a 107,444 mg g⁻¹ para o ferro e 0,002 a 0,003 mg g⁻¹ para o cádmio. Com relação à 7ª coleta, também no período de chuva (FIGURAS 79a, 79b e TABELA 79 - ANEXO 1), o ferro sempre esteve presente em concentrações maiores que os outros metais, com concentrações que variaram de 14,953 a 43,459 mg g⁻¹. O ponto 5 corresponde a um dos afluentes estudados, apresentou a maior concentração de ferro (61,890 mg g⁻¹) e a concentração de cádmio, mais uma vez, apresentou as menores concentrações, variando de 0,001 a 0,006 mg g⁻¹.

Com relação ao período de seca (3ª, 4ª e 5ª coletas), foram observadas as mesmas características quanto à abundância do ferro e as baixas concentrações de cádmio que as coletas no período de chuva. As concentrações de ferro e cádmio na 3ª coleta variaram, respectivamente, de 5,332 a 47,064 mg g⁻¹ e 0 a 0,009 mg g⁻¹ (FIGURAS 75a, 75b e TABELA 75 - ANEXO 1); na 4ª coleta (FIGURAS 76a, 76b e TABELA 76 - ANEXO 1), as variações foram respectivamente de 8,405 a 53,572 mg g⁻¹ e 0,001 a 0,002 mg g⁻¹. Na 5ª coleta foram observadas para o ferro variações de 3,252 a 28,295 mg g⁻¹ e para o cádmio de 0 a 0,001 mg g⁻¹.

No período de transição (6ª coleta), observou-se as mesmas características do período de seca e chuva com relação ao ferro e ao cádmio, com concentrações que variaram respectivamente de 14,953 a 43,459 mg g⁻¹ e 0,001 a 0,006 mg g⁻¹ (FIGURAS 78a, 78b e TABELA 78 - ANEXO 1).

Analisando-se as TABELAS 73 a 79 (ANEXO 1), observa-se que todos os metais estudados foram detectados em todas as coletas e que alguns destes metais, eram constituintes do próprio solo, às vezes intensificados pela constante ação antrópica, como é o caso do ferro e manganês, enquanto outros, oriundos principalmente da ação antrópica,

como é o caso do zinco e chumbo. Nestas mesmas tabelas é possível observar que os períodos do ano, aparentemente não influenciaram significativamente no aumento da concentração de metais nos compartimentos.

Ainda nas TABELAS 73 a 79 (ANEXO 1), observa-se que as macrófitas apresentaram sempre as mesmas características, ou seja, o cádmio apresentou-se como o metal menos abundante e o ferro foi o metal mais abundante, independente do período, como comentado acima, provavelmente devido à própria riqueza do solo em ferro como observado por GONÇALVES (1986) e SÉ (1992).

Apesar de se observar que não ocorreram diferenças marcantes nas concentrações de ferro entre os períodos, no período de chuva foram registradas as maiores concentrações. Este aumento pode estar associado ao revolvimento do fundo pela maior vazão d'água e velocidade de escoamento em decorrência da precipitação pluviométrica.

As concentrações dos outros metais estudados, como no caso o chumbo, o níquel, o cobre, o cromo, o zinco e o manganês que foram detectados nas macrófitas em todas as coletas, podem estar associadas possivelmente à ação antrópica, sob a forma de lançamento de efluentes, principalmente industrial ou lançamentos de águas residuárias não tratadas na rede coletora pública de esgoto sanitário (TABELAS 73 a 79 - ANEXO 1).

Segundo WHITON *et al.* (1991) as plantas podem e devem ser utilizadas para a monitoração das concentrações de metais pesados em ecossistemas dulcícolas. O primeiro método recomendado envolve a análise da concentração direta na planta (este método foi o adotado neste estudo). É importante observar que a análise da concentração de metais nas plantas, complementa as tradicionais análises químicas da água ou do sedimento. Outro fator a ser ressaltado é que em algumas situações estas análises fornecem informações que às vezes não são obtidas nas análises realizadas na água.

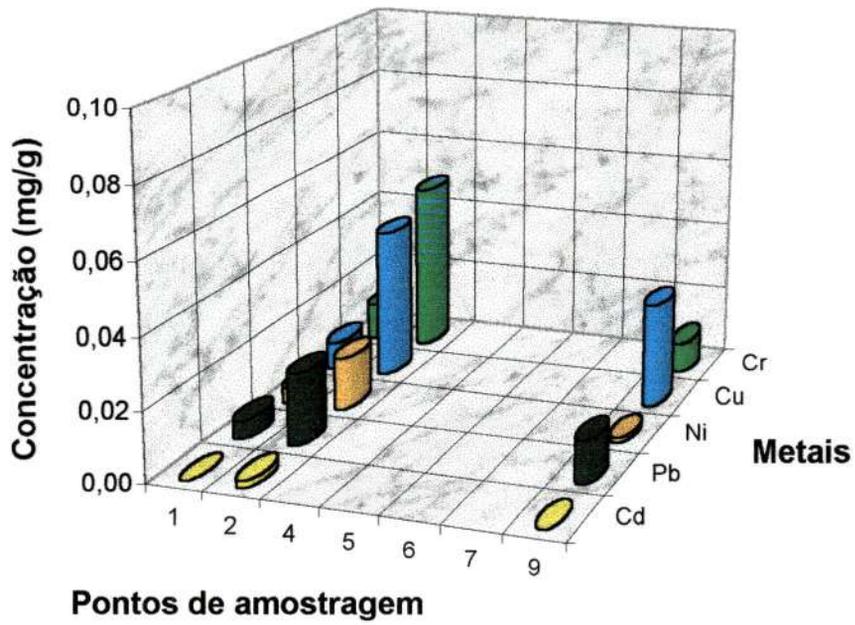


FIGURA 73a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

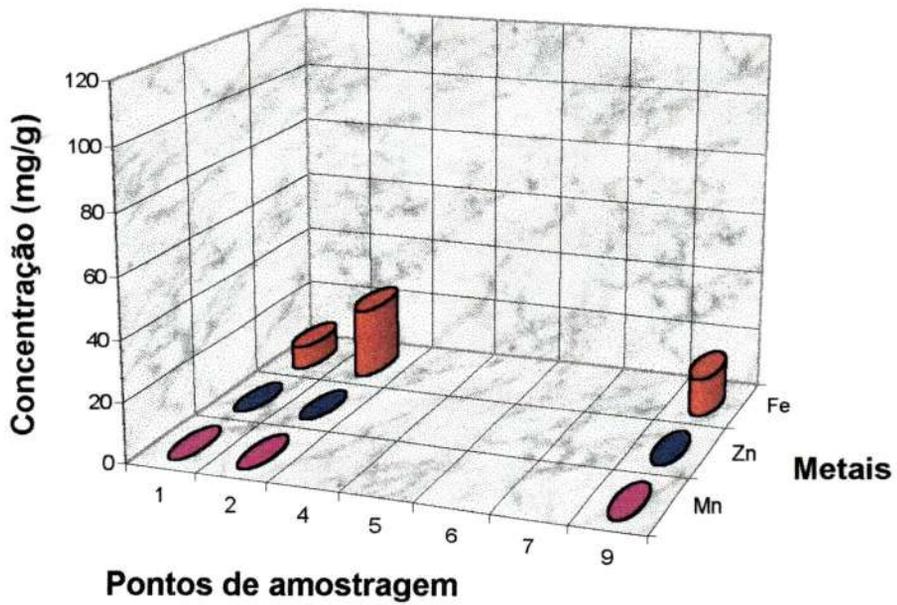


FIGURA 73b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

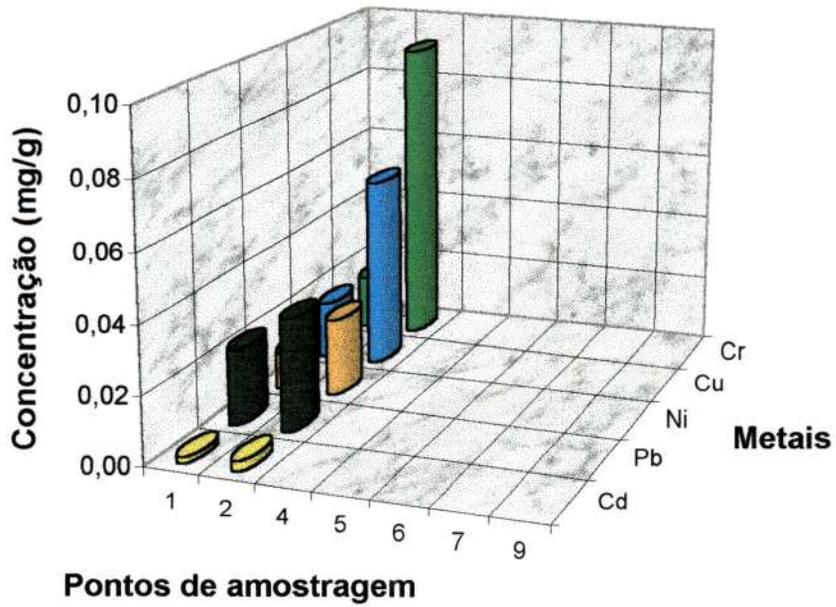


FIGURA 74a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

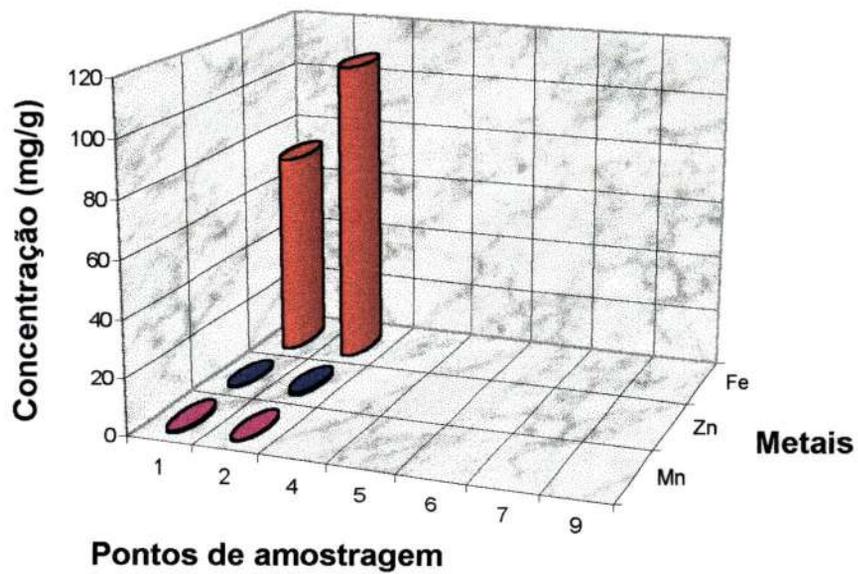


FIGURA 74b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta



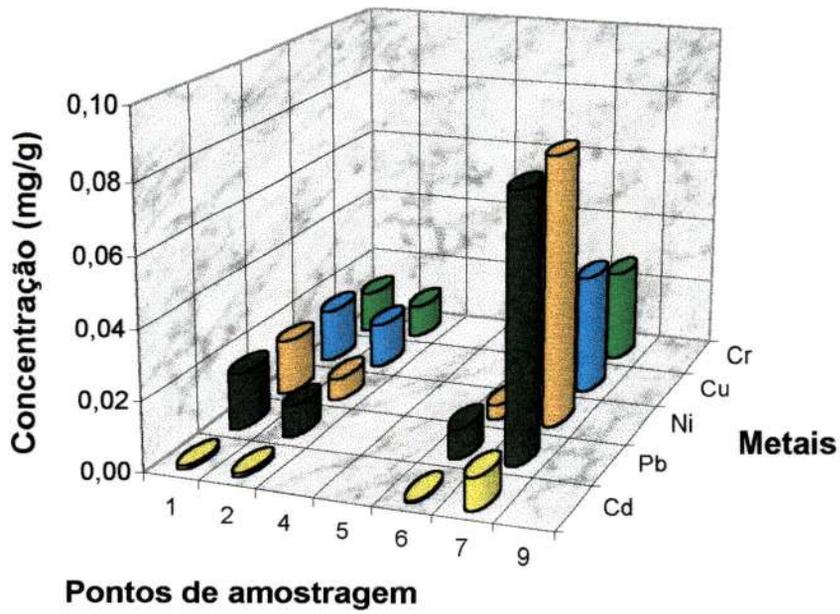


FIGURA 75a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

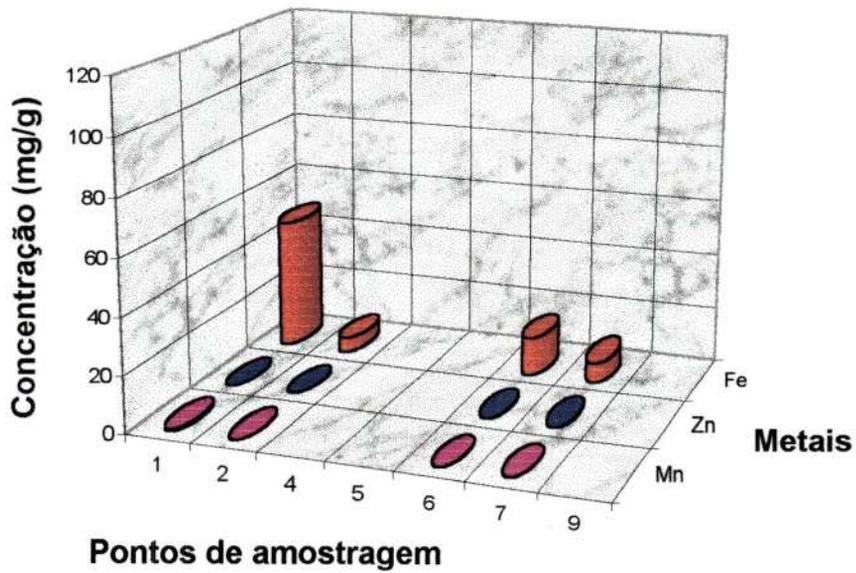


FIGURA 75b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

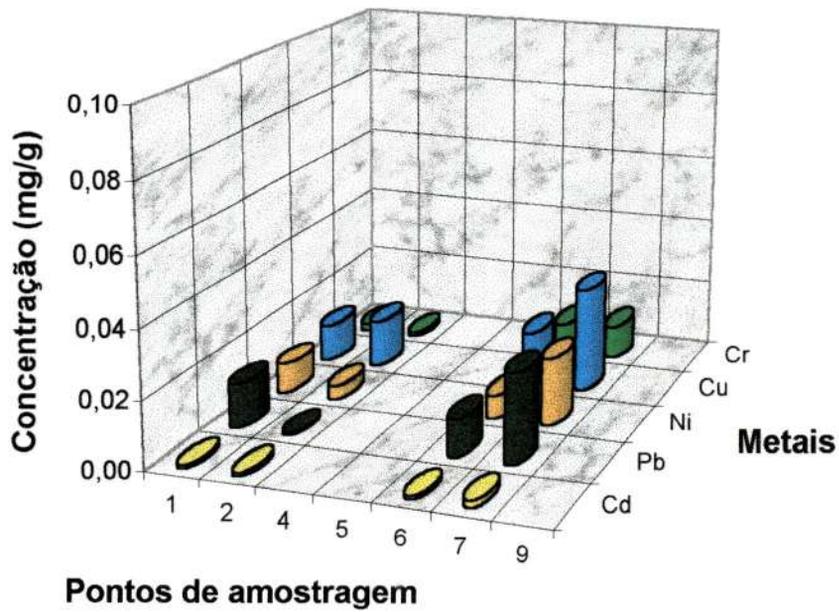


FIGURA 76a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

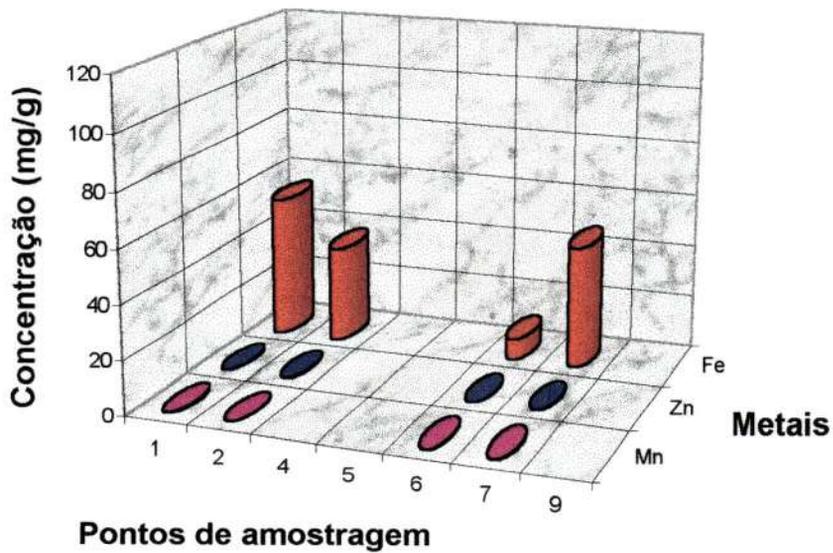


FIGURA 76b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

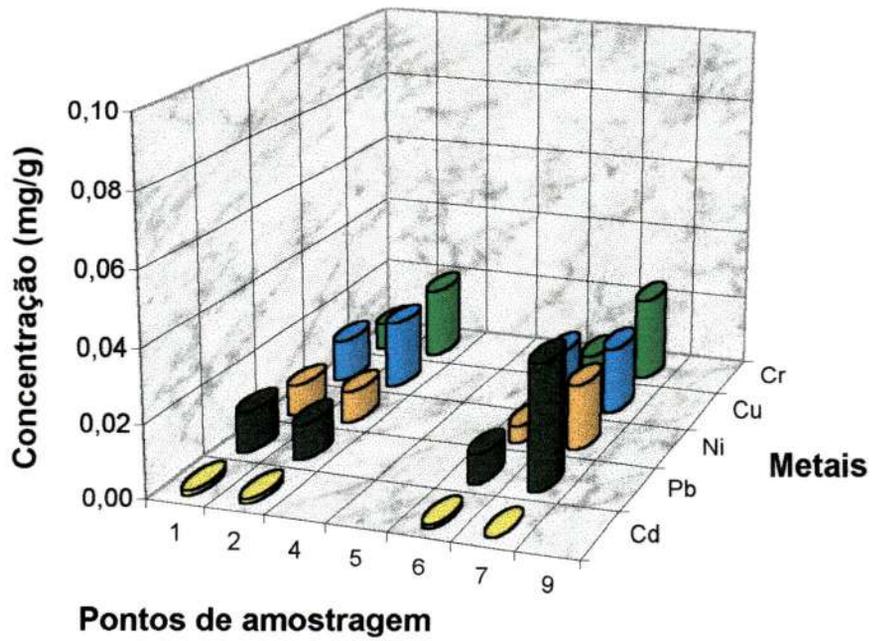


FIGURA 77a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

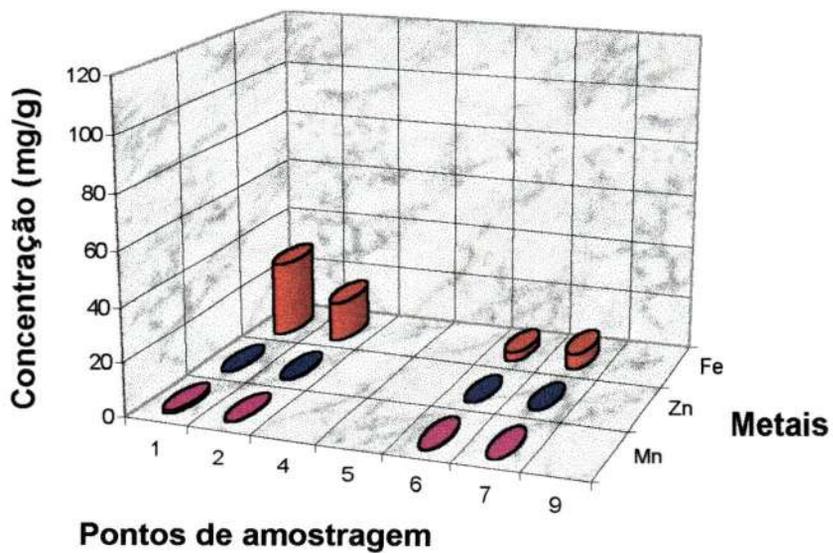


FIGURA 77b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

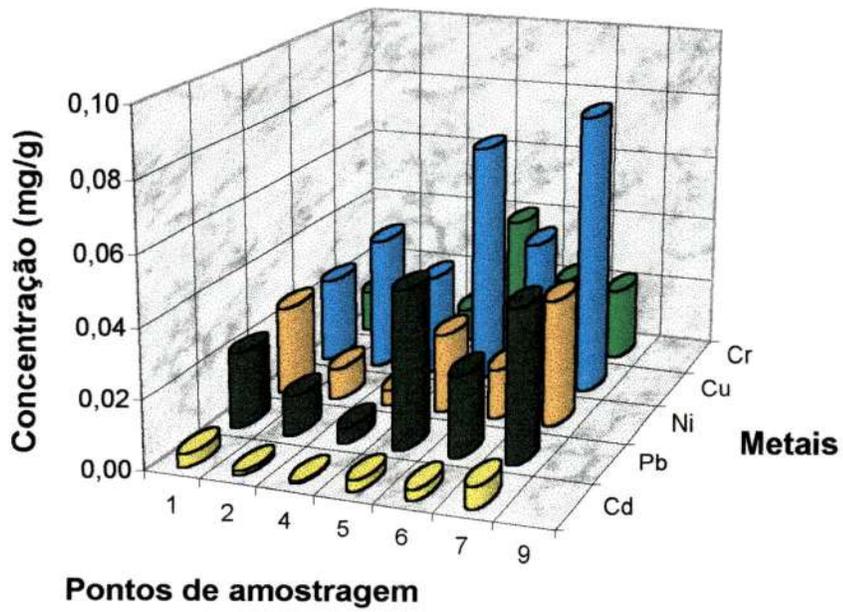


FIGURA 78a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

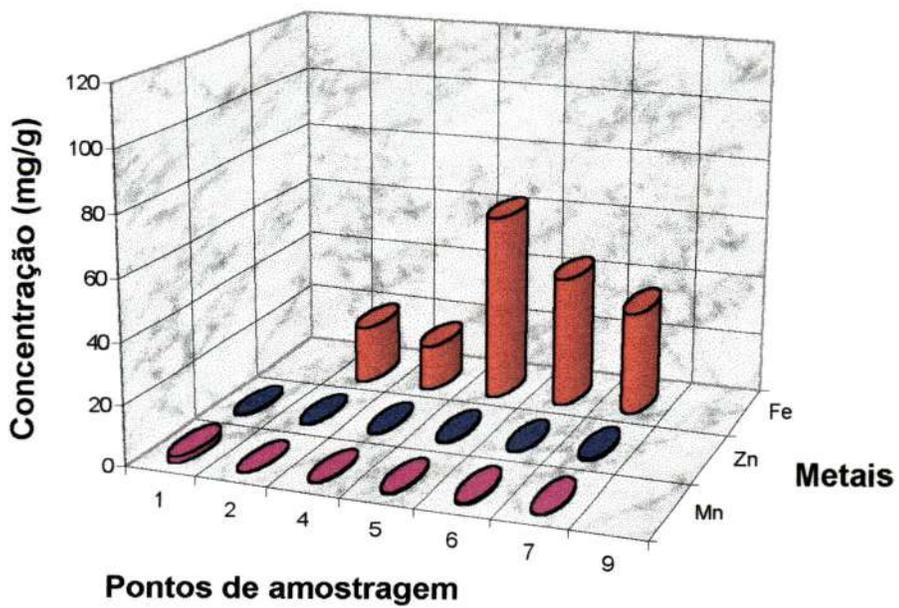


FIGURA 78b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

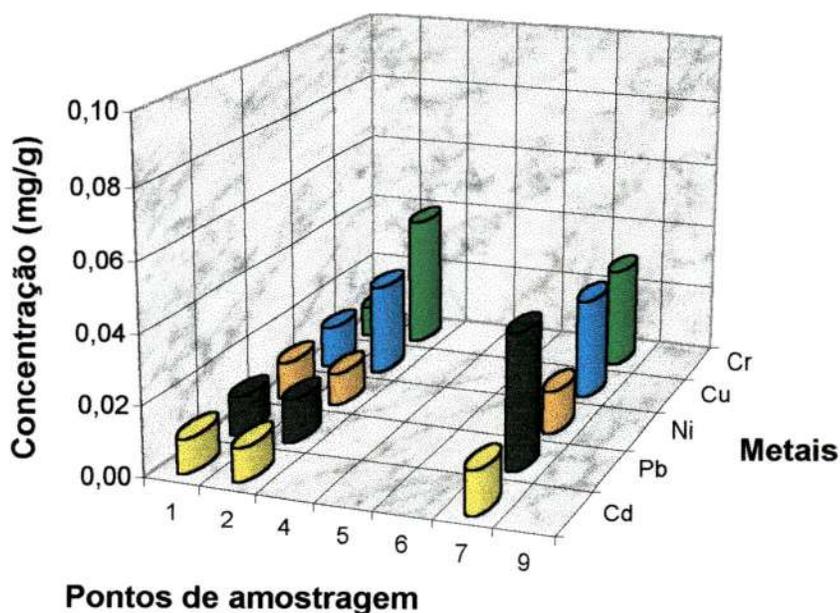


FIGURA 79a: Concentração de metais totais na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

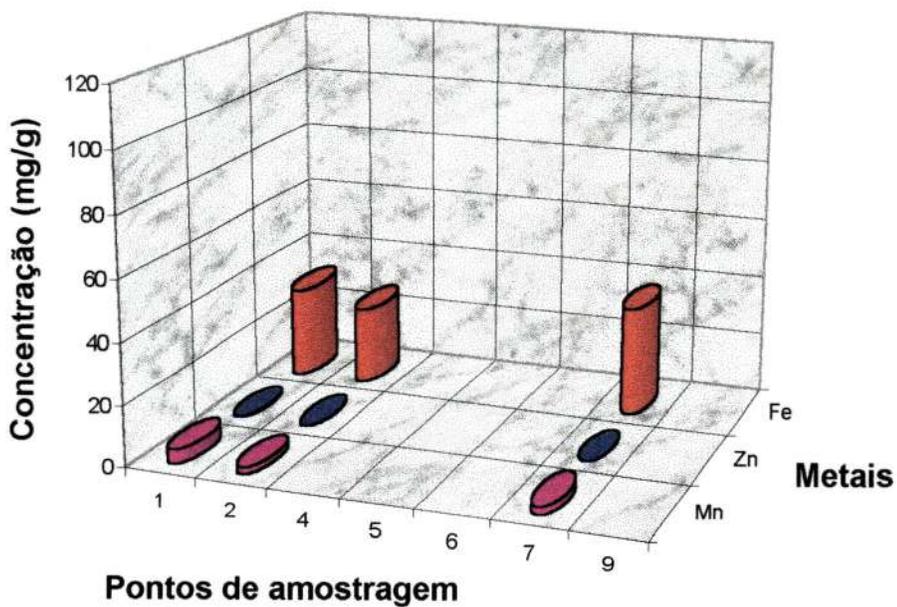


FIGURA 79b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade de macrófitas ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.7 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA COMUNIDADE NECTÔNICA

A obtenção da concentração de metal total na comunidade nectônica foi realizada por meio de uma digestão forte com ácido nítrico, técnica esta descrita em detalhes no capítulo Metodologia.

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 80a a 86a apresentam os resultados obtidos para as concentrações totais na comunidade nectônica de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo; as FIGURAS 80b a 86b apresentam as concentrações totais na comunidade nectônica de manganês, ferro e zinco. As TABELAS 80 a 86 (ANEXO 1) apresentam os resultados obtidos para todos os metais estudados.

Os peixes foram coletados nos pontos 1, 2, 3, 5 e 9 na 3ª, 4ª, 5ª, 6ª e 7ª coletas; na 6ª coleta no ponto 9 não foi possível coletá-los. Na 1ª coleta só foram coletados peixes nos pontos 1 e 2, e na 2ª coleta nos pontos 1, 2 e 3. Talvez esta inexistência de espécimes em alguns pontos de coleta possa ser explicada pela capacidade de locomoção dos peixes, e por estarem estes sempre buscando locais com características da água e alimento viáveis a sua sobrevivência.

As FIGURAS 80a, 80b e a TABELA 80 (ANEXO 1), apresentam os resultados referentes a 1ª coleta no período de chuva, onde se pode observar que não foram detectados os metais chumbo e cádmio, e os metais que apresentaram as maiores concentrações foram o ferro (ponto 1: 6,724 mg g⁻¹, ponto 2: 19,075 mg g⁻¹) e o zinco (ponto 1: 0,317 mg g⁻¹, ponto 2: 0,148 mg g⁻¹). Com relação a 2ª coleta no período de chuva, observa-se nas FIGURAS 81a, 81b, e na TABELA 81 (ANEXO 1) que apesar do ferro continuar a ser o metal mais abundante (ponto 1: 12,819 mg g⁻¹, ponto 2: 7,364 mg g⁻¹, ponto 3: 1,357 mg g⁻¹), o segundo metal mais abundante foi o manganês

(ponto 1: 0,181 mg g⁻¹, ponto 2: 1,443 mg g⁻¹, ponto 3: 1,649 mg g⁻¹). Todos os metais estudados foram detectados nos peixes, exceto no ponto 3 (referente ao córrego Tijuco Preto) onde o chumbo, o cádmio e o cromo não foram detectados. Na 7ª coleta também pertencente ao período de chuva (FIGURAS 86a, 86b e a TABELA 86 (ANEXO 1), foram detectados todos os metais estudados com exceção do níquel (pontos 2 e 9) e do cromo (pontos 2, 3 e 9). Os metais mais abundantes encontrados nos peixes avaliados nos pontos de amostragem do rio Monjolinho foram o ferro, o zinco e o manganês variando, respectivamente, de 0,457 a 2,636 mg g⁻¹, 0,172 a 0,207 mg g⁻¹ e 0,139 a 0,321 mg g⁻¹. Os pontos 3 e 5 (afluentes) apresentaram também o ferro (0,849 mg g⁻¹ e 2,557 mg g⁻¹), o zinco (0,236 mg g⁻¹ e 0,265 mg g⁻¹) e o manganês (0,112 mg g⁻¹ e 0,199 mg g⁻¹) como os metais mais abundantes.

As FIGURAS 82a, 82b e a TABELA 82 (ANEXO 1), apresentam os resultados referentes a 3ª coleta no período de seca, onde pode-se observar que não foi detectado o metal cádmio, e os metais que apresentaram as maiores concentrações nos pontos de amostragem do rio Monjolinho foram o ferro, o zinco e o manganês, variando respectivamente de 3,883 a 22,109 mg g⁻¹; 0,216 a 1,470 mg g⁻¹ e 0,075 a 0,275 mg g⁻¹. Com relação a 4ª e 5ª coletas período de seca, observa-se nas FIGURAS 83a, 83b, 84a, 84b e nas TABELAS 83 e 84 (ANEXO 1) que o ferro, o zinco e o manganês continuam como os metais mais abundantes, com valores que variaram respectivamente na 4ª coleta de 0,102 a 9,772 mg g⁻¹; 0,167 a 0,763 mg g⁻¹ e 0,015 a 0,045 mg g⁻¹ e na 5ª coleta de 0,021 a 3,679 mg g⁻¹; 0,029 a 0,279 mg g⁻¹ e 0,002 a 0,016 mg g⁻¹. Os metais cádmio, níquel e cromo foram detectados nos pontos 1 e 9 (cádmio e níquel) e ponto 9 (cromo) na 4ª coleta, na 5ª coleta o cádmio foi detectado no ponto 5, o níquel nos pontos 1, 3 e 5.

No período de transição (6ª coleta), foram observadas nos peixes as mesmas características verificadas nos pontos de amostragem do rio Monjolinho na 3ª coleta

(período de seca), com relação ao ferro, zinco, manganês e cádmio, entretanto não foi coletado peixe no ponto 9. As concentrações variaram de 0,201 a 0,709 mg g⁻¹ (ferro); 0,059 a 0,609 mg g⁻¹ (zinco), o manganês apresentou a concentração de 0,005 mg g⁻¹ (ponto 1 e 2) e o cádmio não foi detectado. As maiores concentrações de ferro, zinco e manganês foram obtidas para o córrego do Tijuco Preto, ponto 3 (FIGURAS 85a, 85b e TABELA 85 - ANEXO 1).

Observando-se as TABELAS 83 a 86 (ANEXO 1), a comunidade nectônica apresentou concentrações altas de metais, principalmente ferro, zinco e manganês, no período de chuva, seca e transição. No caso destes metais especificamente, supõem-se que a situação não seja tão alarmante, pois o ferro faz parte de uma característica do solo da região. O aspecto mais preocupante em relação ao consumo destes peixes trata-se da qualidade ambiental das águas relacionado aos metais cromo, cobre, níquel, chumbo e cádmio, detectados nos espécimes analisados, pois tratam-se de metais cumulativos e ao longo do tempo, a ingestão destes, poderia talvez, provocar sérias conseqüências.

FÖRSTNER & WITTMANN (1983) observaram que apesar de um grande número de variáveis influenciarem na concentração de metais pesados nos peixes, resultados obtidos por vários autores em várias espécies de peixes marinhos ou dulcícolas são certamente adequados como indicadores da presença de metais pesados no ecossistema.

MATHIS & CUMMINGS (1973, *in*: FÖRSTNER & WITTMANN, *op cit.*) observaram que as maiores concentrações de metais foram detectadas em peixes onívoros, ao invés dos peixes carnívoros; entretanto, quando incluem-se nesta avaliação os organismos bentônicos, nestes são detectadas concentrações maiores que as observadas nos peixes, fato este também observado neste estudo.

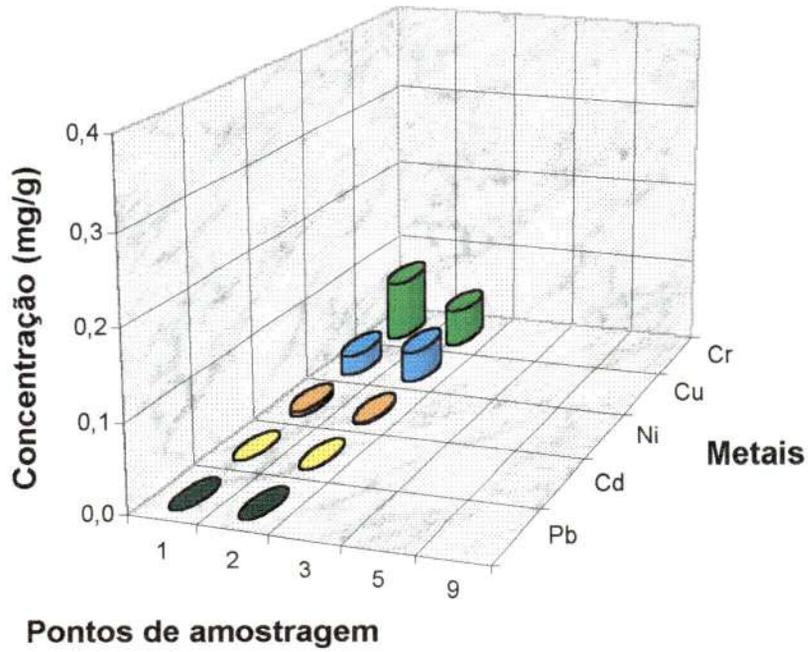


FIGURA 80a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

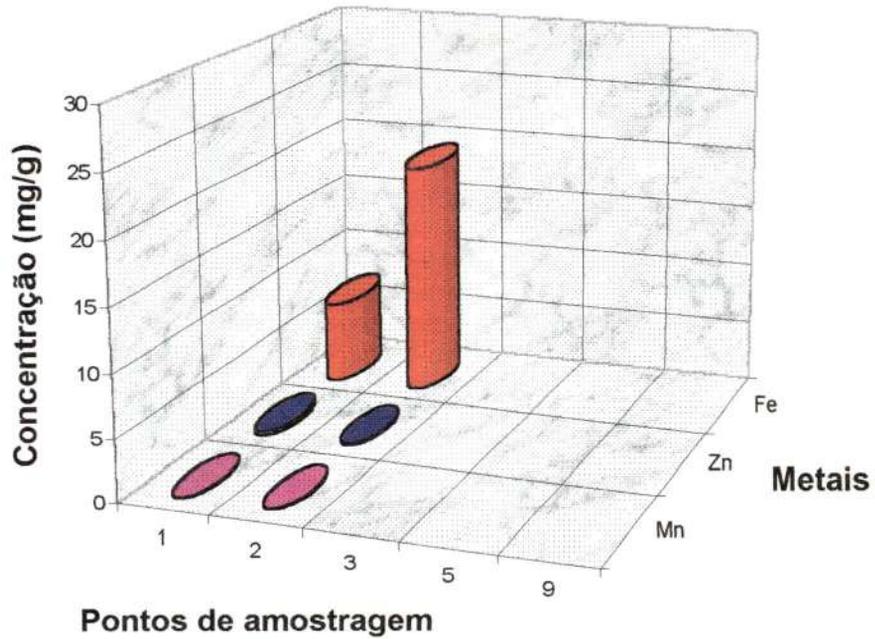


FIGURA 80b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

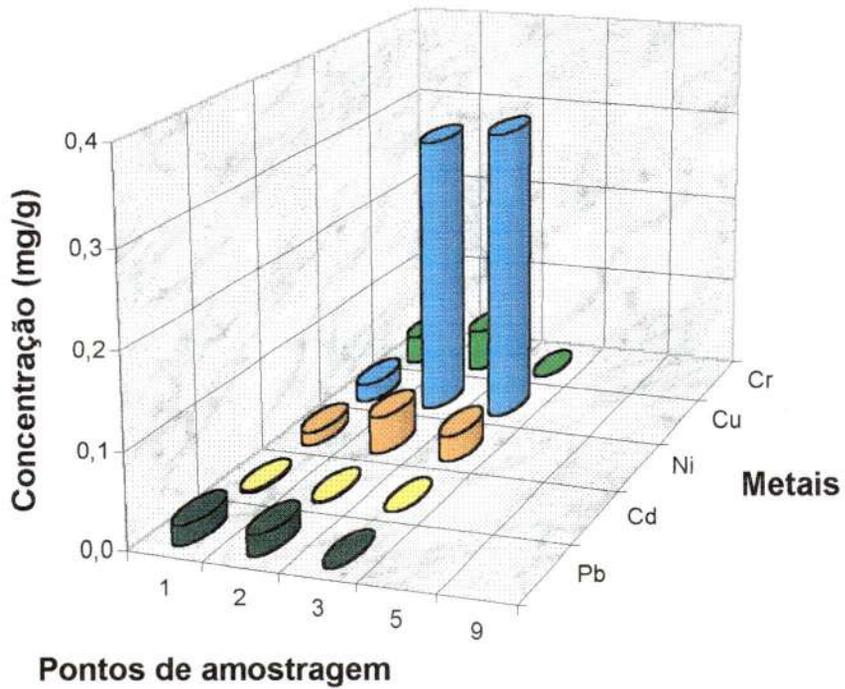


FIGURA 81a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

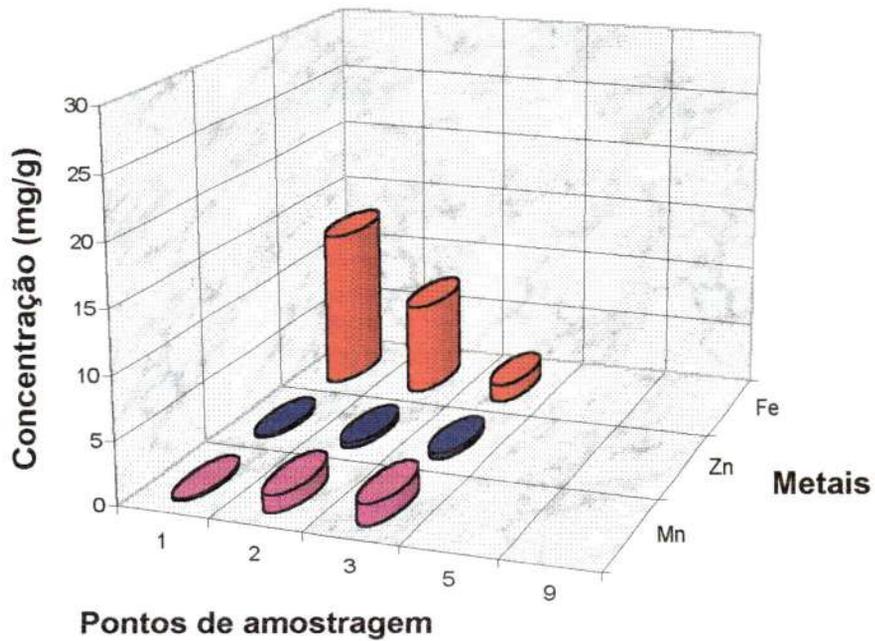


FIGURA 81b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

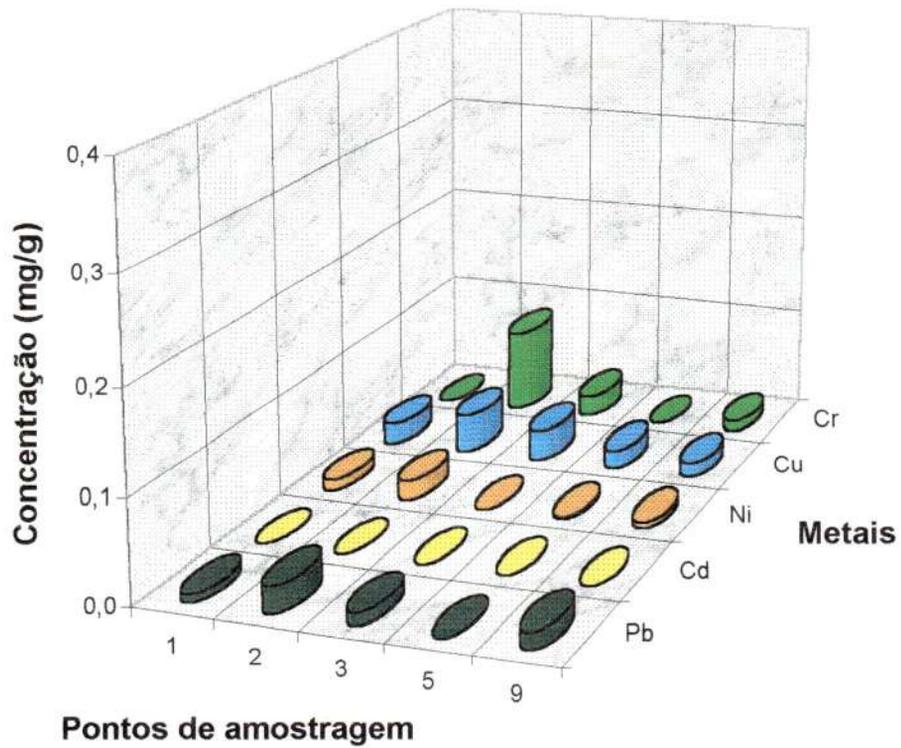


FIGURA 82a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

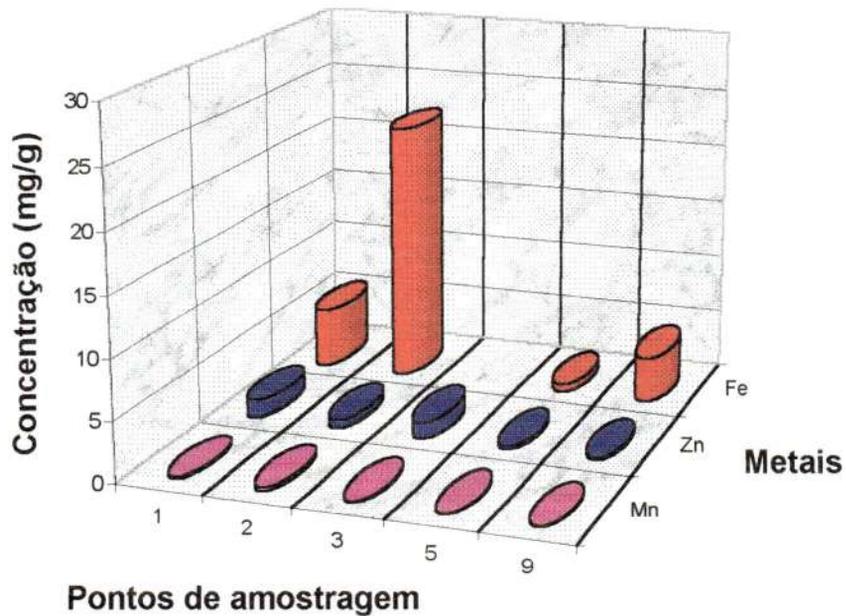


FIGURA 82b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

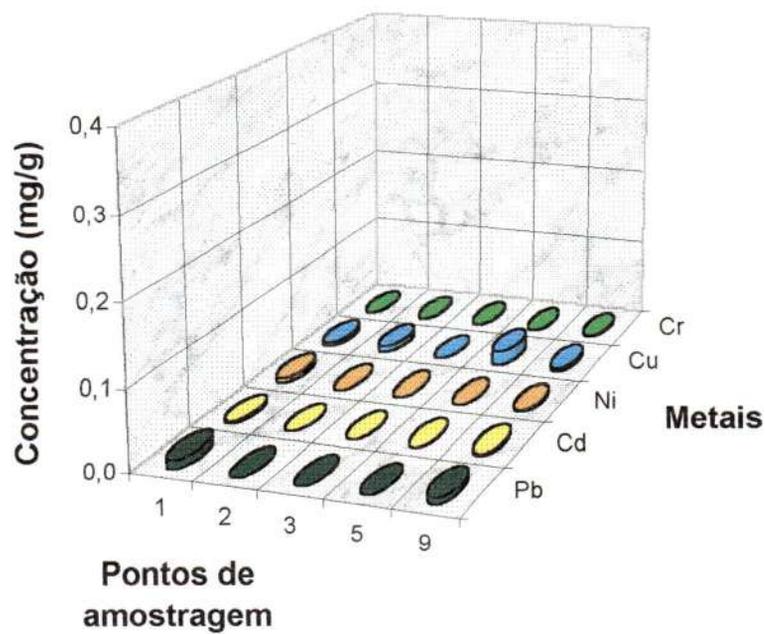


FIGURA 83a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

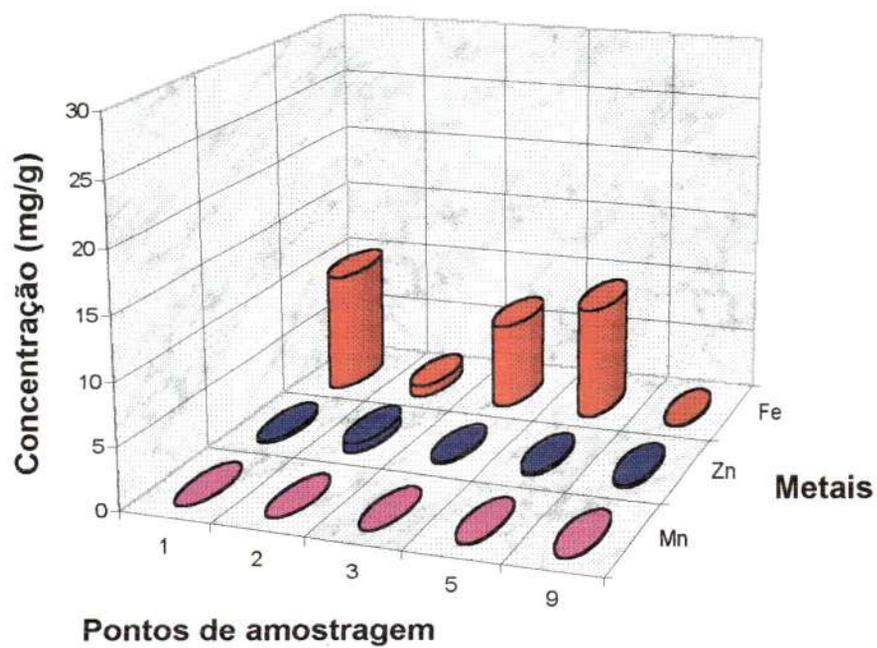


FIGURA 83b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

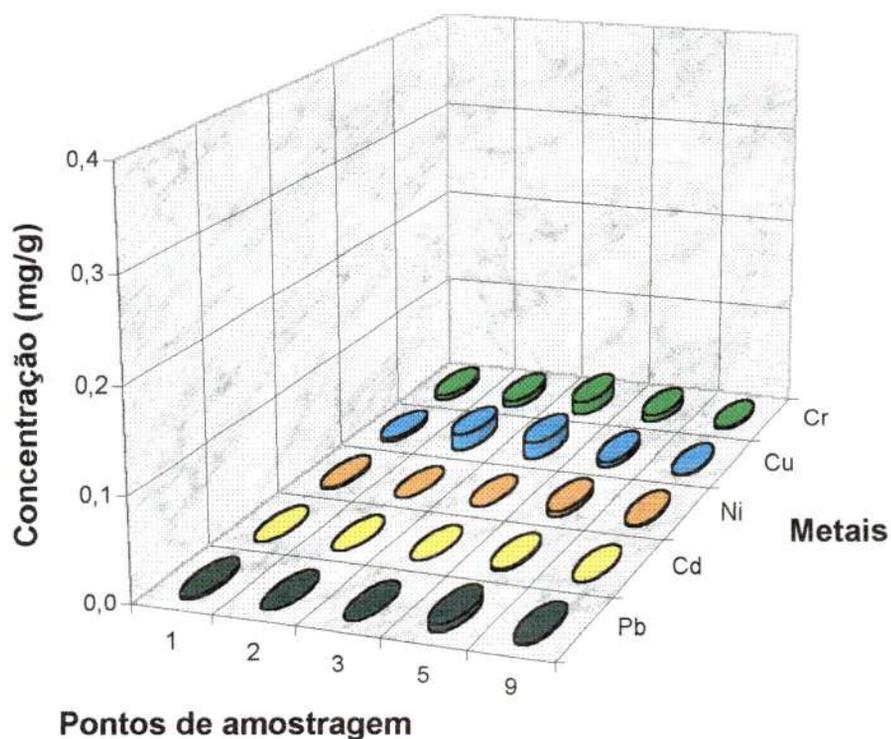


FIGURA 84a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

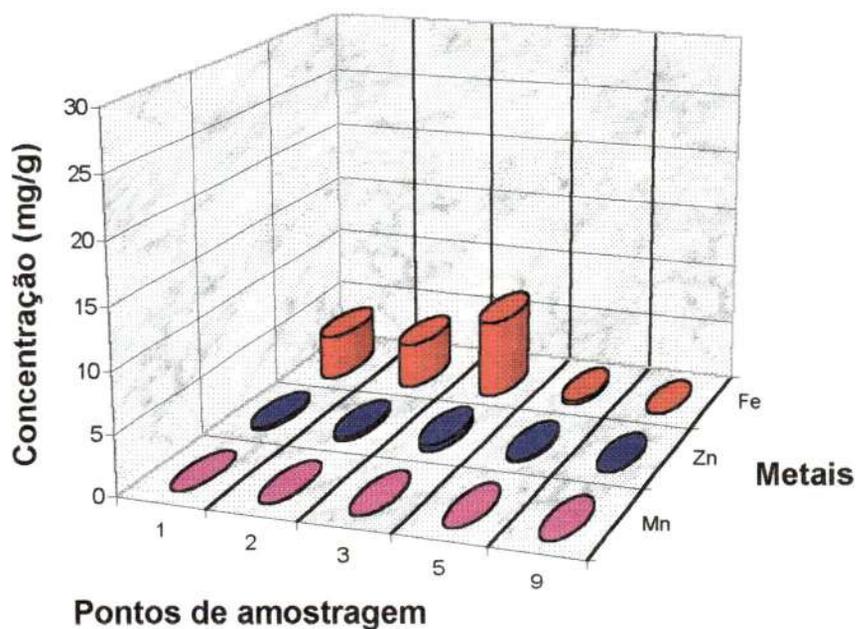


FIGURA 84b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

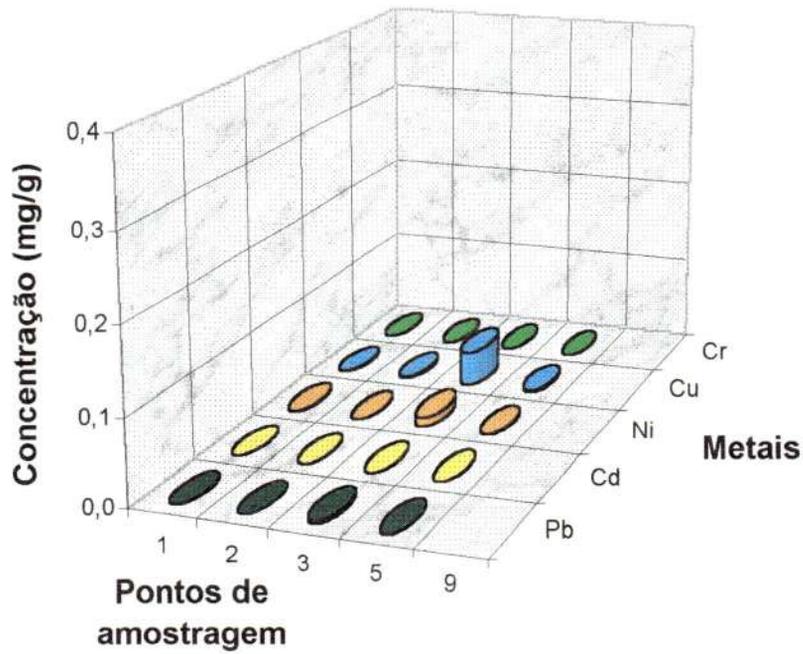


FIGURA 85a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

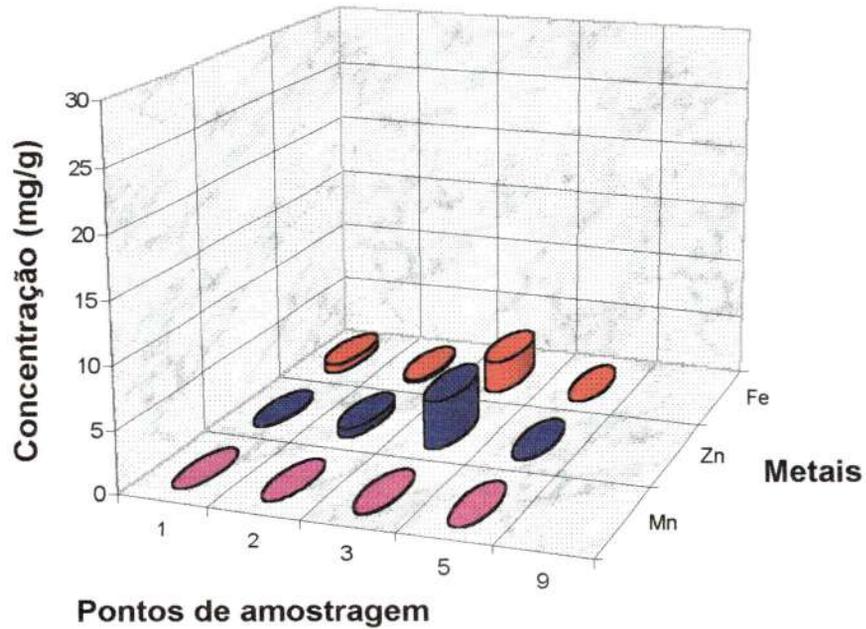


FIGURA 85b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

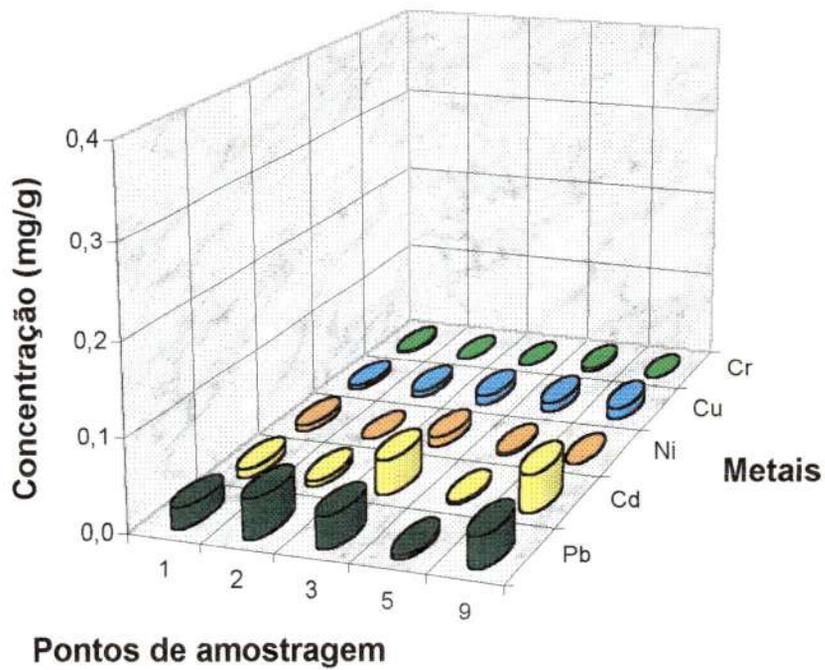


FIGURA 86a: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

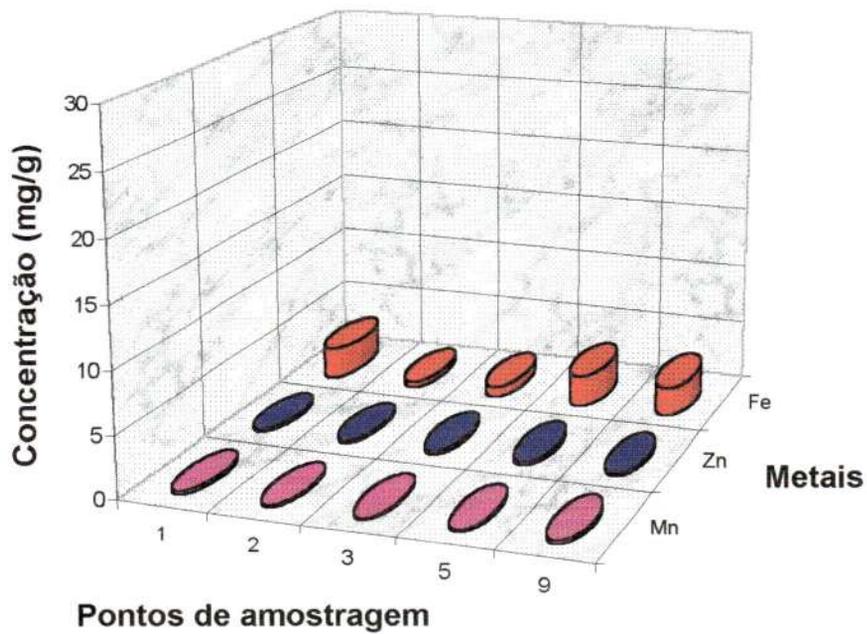


FIGURA 86b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.8 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA COMUNIDADE PERIFÍTICA

A obtenção da concentração de metal total na comunidade perifítica foi realizada por meio de uma digestão forte com ácido nítrico, técnica esta descrita em detalhes no capítulo Metodologia.

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 87a a 93a apresentam os resultados obtidos para as concentrações totais de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo, na comunidade perifítica e as FIGURAS 80b a 86b apresentam as concentrações totais na comunidade perifítica de manganês, ferro e zinco. As TABELAS 87 a 93 (ANEXO 1) apresentam os resultados obtidos para todos os metais estudados.

O perifíton foi coletado em quase todos os pontos de amostragem do rio Monjolinho e nos afluentes. A ausência de valores no ponto 1 na 7ª coleta foi resultado de perda da amostra e esta mesma ausência, geralmente no ponto 7, está associada à dificuldade de se coletar as raízes da mata marginal neste ponto de amostragem.

Independente do período de coleta todos os metais foram detectados em todos os pontos de amostragem, com somente algumas exceções: cádmio na 1ª coleta (pontos 1, 2, 3 e 9), na 2ª coleta (ponto 5), na 3ª coleta (pontos 5, 6, 8 e 9), na 5ª coleta (pontos 2, 4, 5, 8 e 9), na 6ª coleta (pontos 6, 8 e 9); níquel na 3ª coleta (pontos 3 e 6), na 4ª coleta (pontos 1, 4, 6 e 9), na 5ª coleta (pontos 4 e 5); chumbo na 4ª coleta (pontos 1, 2, 3 e 4), na 5ª coleta (ponto 2); cromo na 3ª coleta (ponto 3), 4ª coleta (pontos 1, 3, 6 e 9) e na 6ª coleta (ponto 3). O cádmio na 4ª coleta só foi detectado no ponto 7 (TABELAS 87 a 93 - ANEXO 1).

Observando-se as FIGURAS 87a, 87b, 88a, 88b, 93a, 93b e as TABELAS 87, 88 e 93 (ANEXO 1) referentes às coletas no período de chuva conclui-se que as maiores concentrações de metais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho foram para o ferro, zinco e manganês. Na 1ª coleta variaram de 5,086 a 10,541 mg g⁻¹ (ferro); 0,068 a 2,567 mg g⁻¹ (zinco) e 1,072 a 7,469 mg g⁻¹ (manganês); na 2ª coleta de 13,939 a 54,649 mg g⁻¹ (ferro); 0,811 a 3,802 mg g⁻¹ (zinco) e 0,353 a 21,937 mg g⁻¹ (manganês) e na 7ª coleta variaram de 4,422 a 8,886 mg g⁻¹ (ferro); 0,080 a 0,340 mg g⁻¹ (zinco) e 0,137 a 0,894 mg g⁻¹ (manganês). Na 2ª e 7ª coletas as maiores concentrações foram sempre detectadas nos pontos 4 e 9.

Analisando-se as FIGURAS 89a, 89b, 90a, 90b, 91a, 91b e as TABELAS 89, 90 e 91 (ANEXO 1) referentes às coletas no período de seca, conclui-se que os metais apareceram em grandes concentrações na 3ª coleta tendendo à diminuição na 4ª e 5ª coleta. As maiores concentrações de metais nos pontos de amostragem do rio Monjolinho foram para o ferro, zinco, manganês e cobre. Na 3ª coleta variaram de 37,998 a 92,779 mg g⁻¹ (ferro); 1,002 a 2,386 mg g⁻¹ (zinco); 0,851 a 5,700 mg g⁻¹ (manganês) e 0,366 a 0,901 mg g⁻¹ (cobre); na 4ª coleta de 1,423 a 10,244 mg g⁻¹ (ferro); 0,244 a 5,226 mg g⁻¹ (zinco); 0,047 a 0,700 mg g⁻¹ (manganês) e 0,045 a 0,239 mg g⁻¹; e na 5ª coleta variaram de 4,388 a 7,417 mg g⁻¹ (ferro); 0,271 a 0,950 mg g⁻¹ (zinco); 0,064 a 0,915 mg g⁻¹ (manganês) e 0,022 a 0,115 mg g⁻¹ (cobre).

No período de transição (6ª coleta), foram observados valores superiores ao encontrado para o ferro na 5ª coleta no período de seca, exceto para os pontos 6 e 9; o mesmo fato pode ser observado para as concentrações de zinco, manganês e cobre, exceto para os pontos 1, 2 e 6 (zinco), pontos 3 e 9 (manganês) e pontos 3, 6 e 9 (cobre), FIGURAS 92a, 92b e TABELA 92 (ANEXO 1).

As maiores concentrações de metais no perifíton foram encontrados para o ferro, manganês e zinco no período de chuva e no período de seca, ferro, manganês, zinco e cobre.

Os valores destes metais no período de chuva tenderam a aumentar da 1ª coleta para a 2ª coleta e a diminuir na 7ª coleta. Este fato é justificável pela intensa precipitação pluviométrica no período correspondente a 7ª coleta que lavou e carregou o sedimento de fundo que fixava as raízes da mata marginal onde era coletado o perifíton.

Os pontos 4 e 9, também no período de chuva, apresentaram as maiores concentrações destes metais. O ponto 4 situa-se dentro da área urbana, sujeito à ação antrópica e apresentou, neste período, alta capacidade de reter sedimento carregado. Já o ponto 9 estava sujeito não só a toda ação antrópica sofrida pelo rio Monjolinho, mas também à ocorrência de queimadas e presença de vários afluentes, como os córregos da Água Quente e da Água Fria, que sofrem a influência de atividade de mineração (SANTOS, 1993).

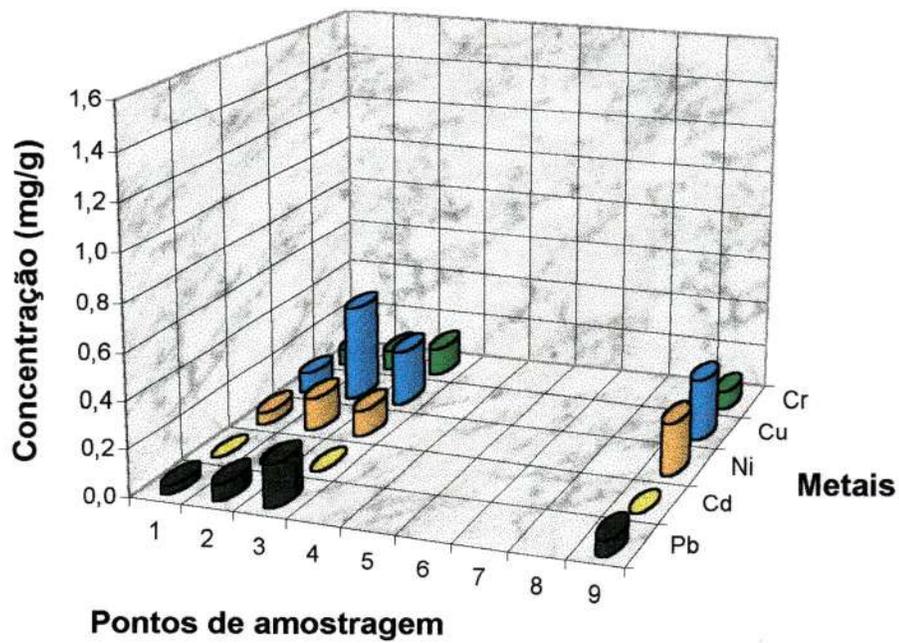


FIGURA 87a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

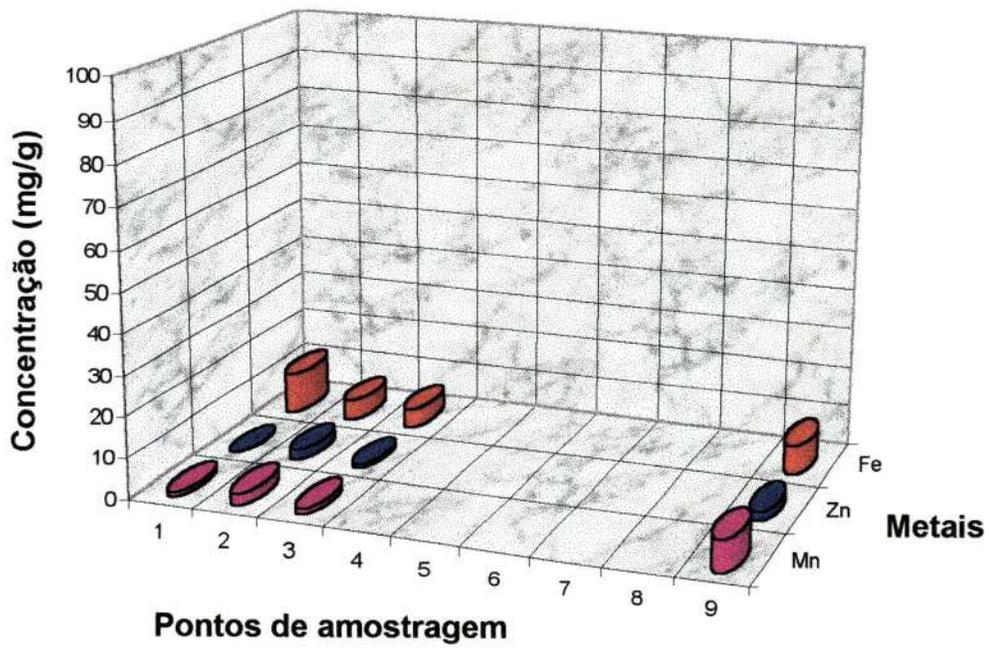


FIGURA 87b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

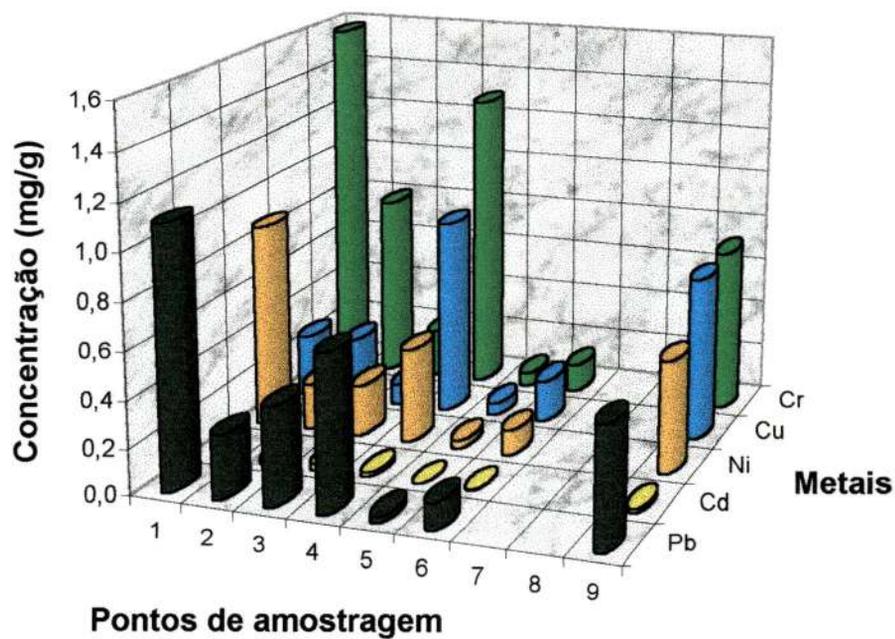


FIGURA 88a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

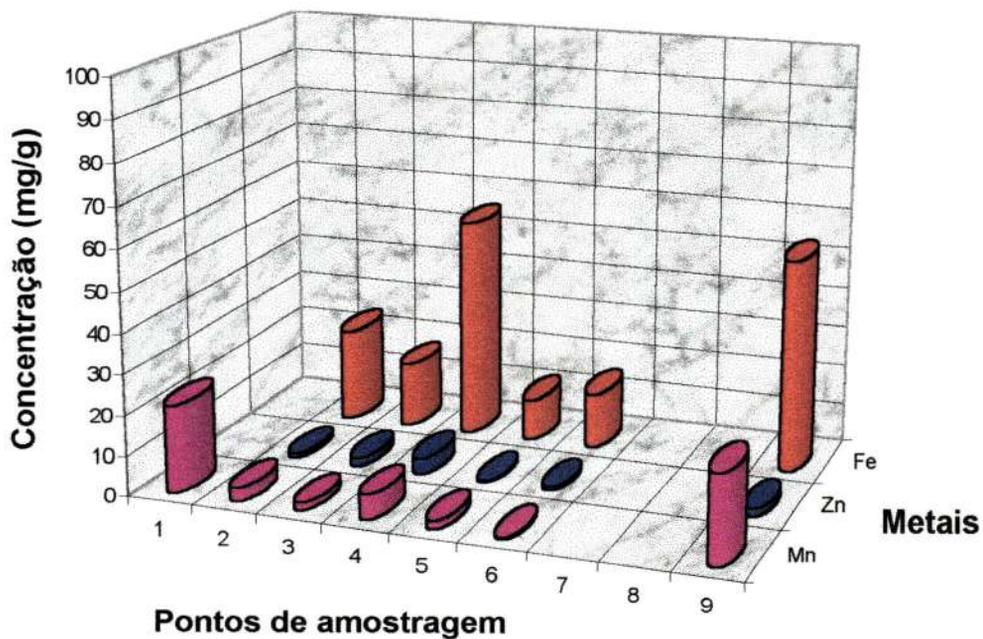


FIGURA 88b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

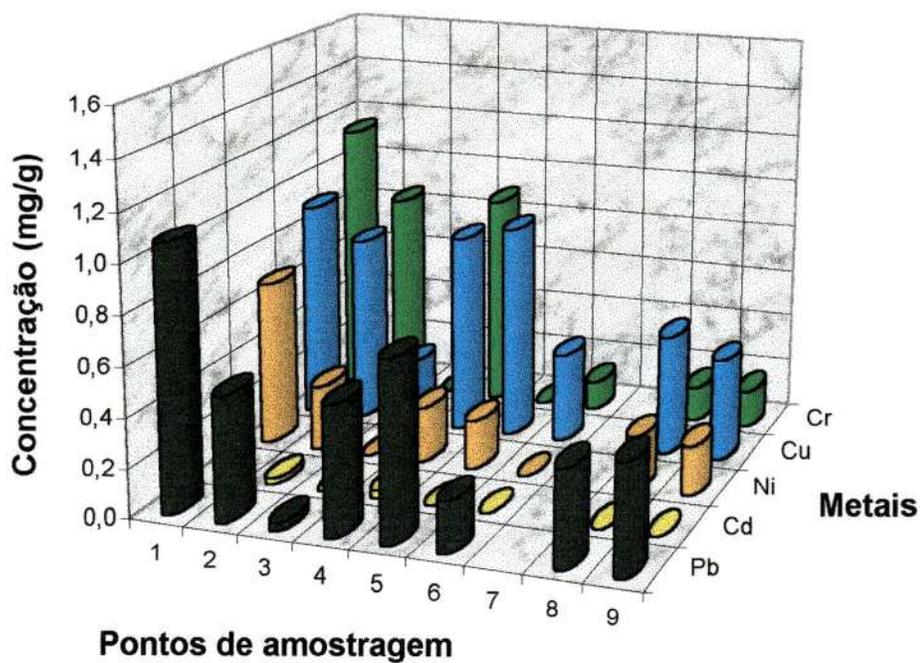


FIGURA 89a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

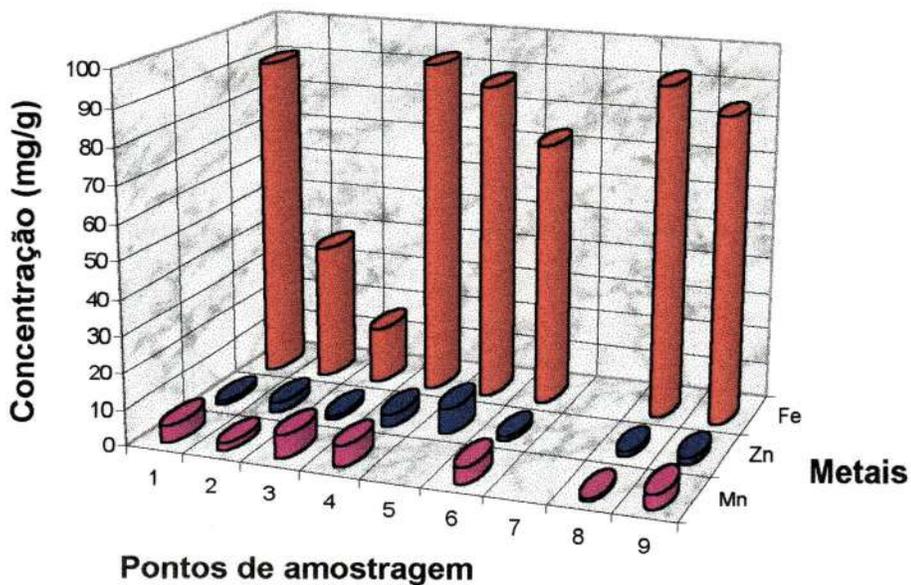


FIGURA 89b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

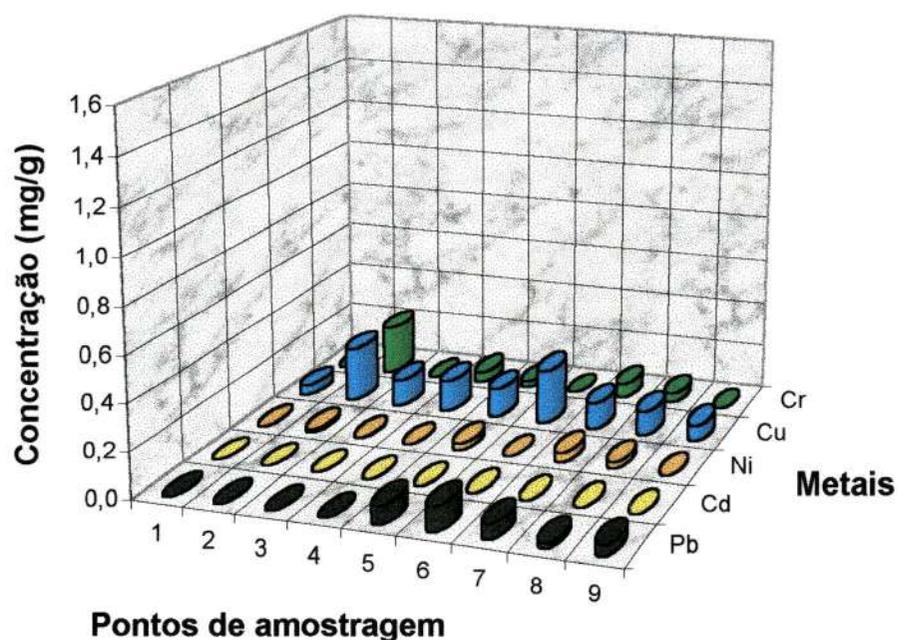


FIGURA 90a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

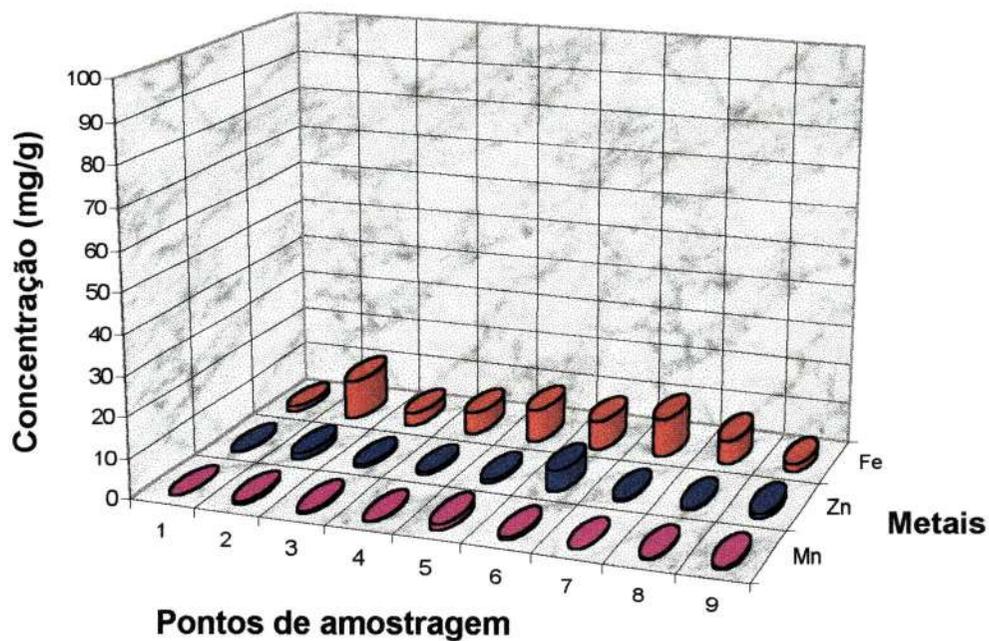


FIGURA 90b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

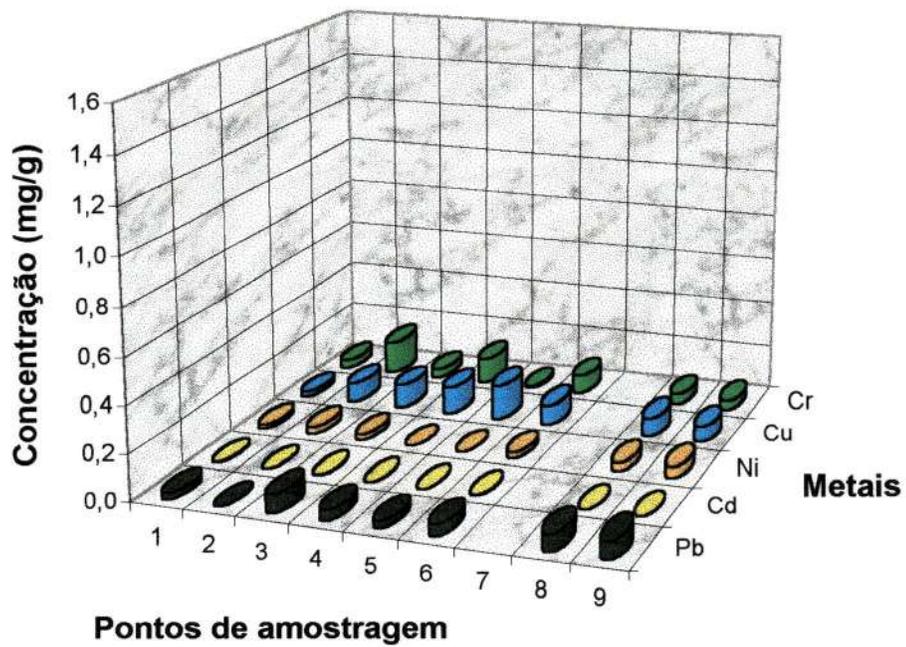


FIGURA 91a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

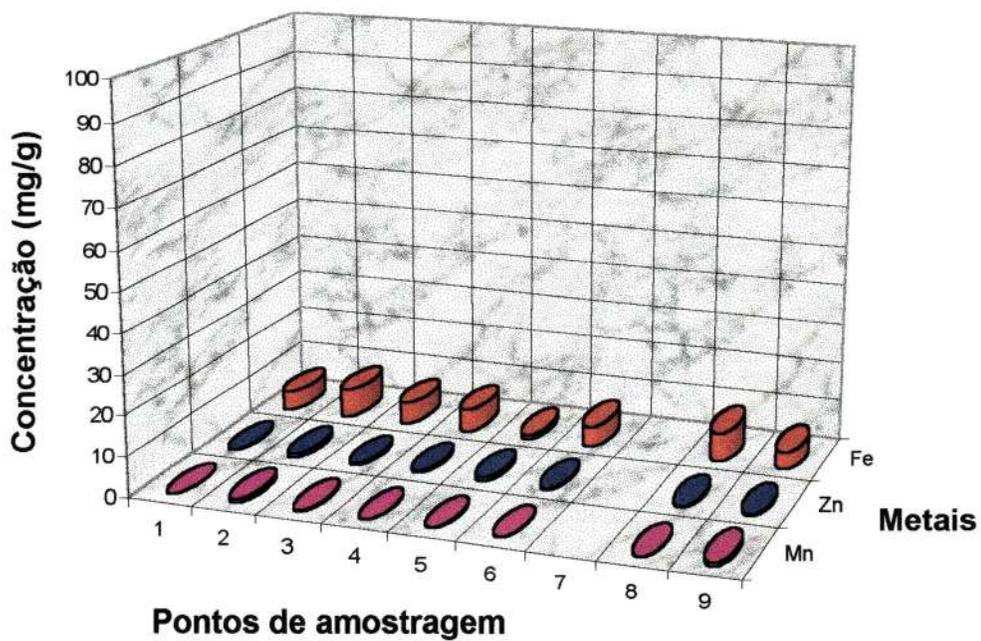


FIGURA 91b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

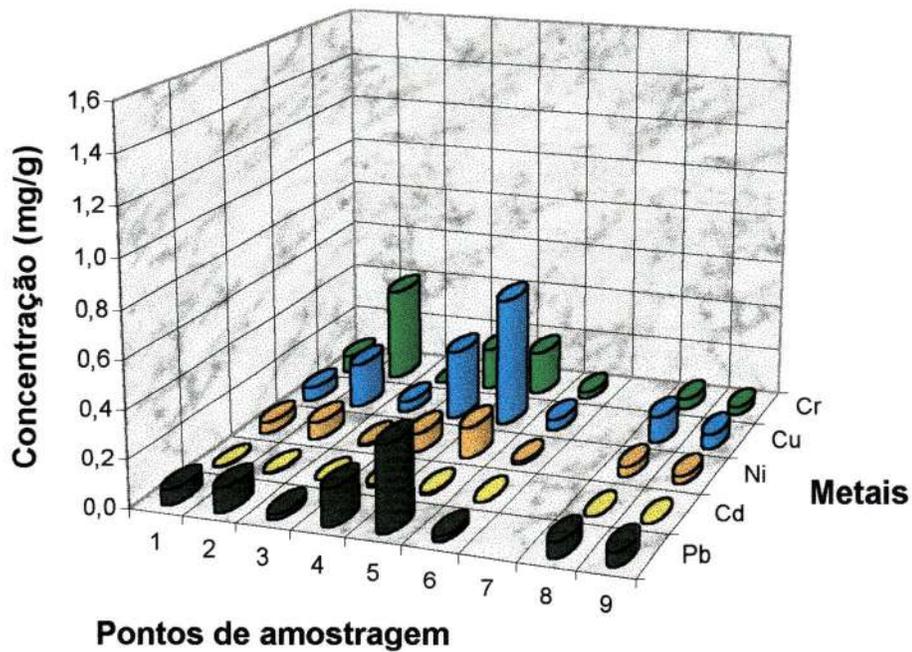


FIGURA 92a: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

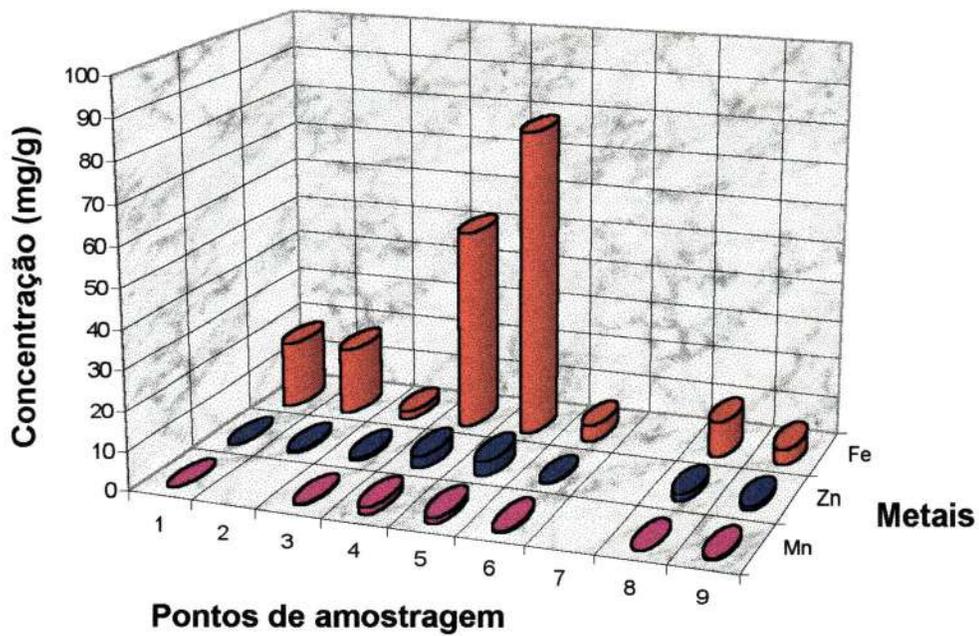


FIGURA 92b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifiton ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

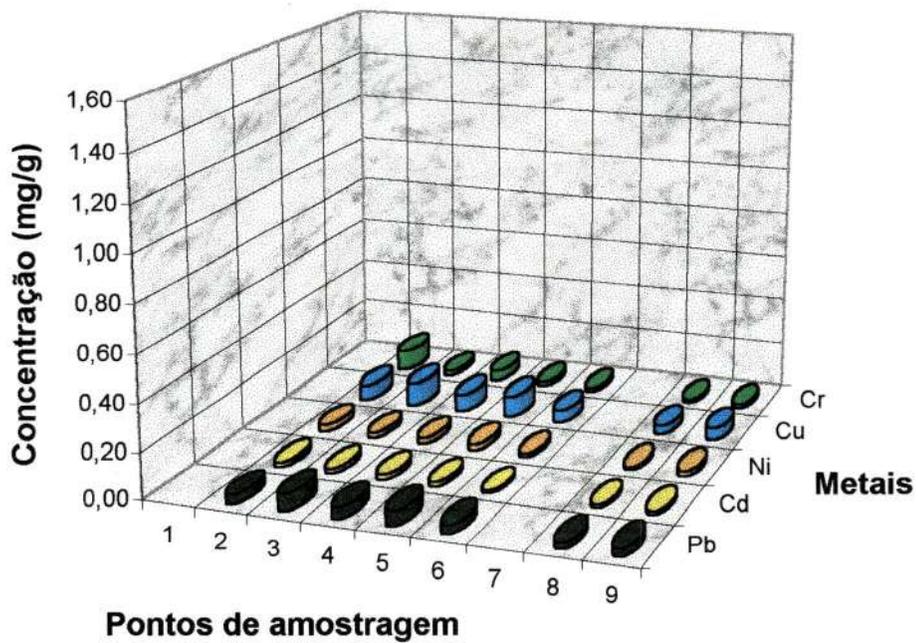


FIGURA 93a: Concentração de metais totais no perifíton ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

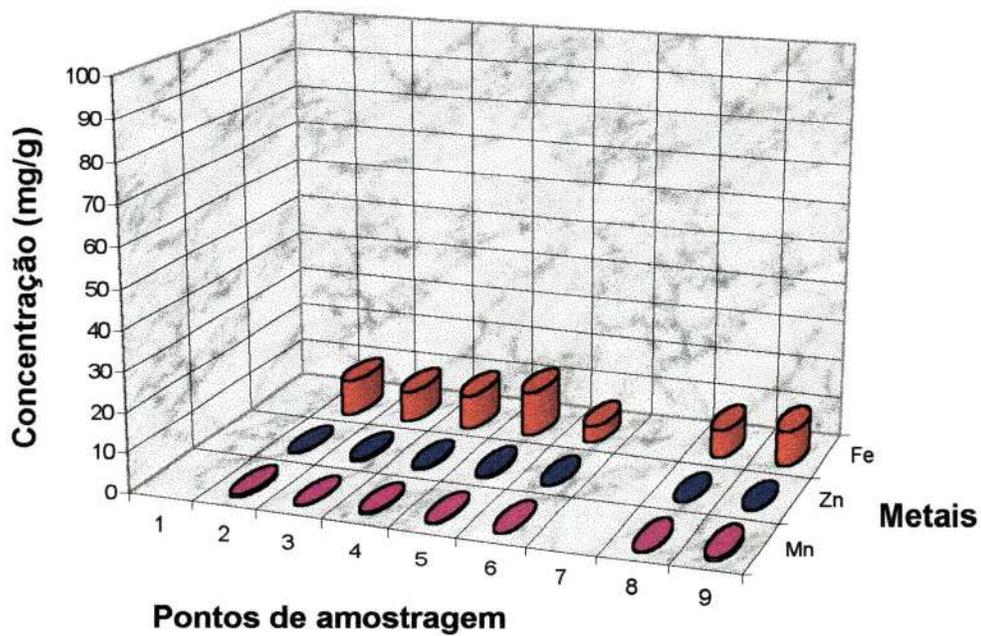


FIGURA 93b: Concentração de manganês, ferro e zinco no perifíton ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.6.9 - CONCENTRAÇÃO DE METAIS NA COMUNIDADE BENTÔNICA

A obtenção da concentração de metal total na comunidade bentônica foi realizada por meio de uma digestão forte com ácido nítrico, técnica esta descrita em detalhes no capítulo Metodologia.

Foram analisados os seguintes metais: cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

As FIGURAS 94a a 100a apresentam os resultados obtidos para as concentrações totais de cádmio, níquel, cobre, cromo e chumbo na comunidade bentônica; as FIGURAS 94b a 100b apresentam as concentrações totais na comunidade bentônica de manganês, ferro e zinco. As TABELAS 94 a 100 (ANEXO 1) apresentam os resultados obtidos para todos os metais estudados.

O bentos foi coletado em todos os pontos de amostragem do rio Monjolinho e nos afluentes. A ausência de resultados para os pontos 4, 5 e 6 na 1ª coleta devem-se aos processos de lavagem e carreamento do sedimento nos locais de acesso não tendo sido possível coletá-lo. A ausência de resultados nos pontos 3, 4 e 6 devem-se à quantidade insuficiente e ou ausência de bentos para análise. Quanto ao ponto 8, só foram detectados organismos bentônicos na 2ª coleta, pois trata-se de um local pobre em matéria orgânica, com acentuada velocidade de escoamento e sujeito a constantes carreamento do sedimento.

Na comunidade bentônica o ferro foi o metal que ocorreu em maior concentração. Nos pontos de amostragem do rio Monjolinho chegou-se a alcançar concentrações de 397,67 mg g⁻¹ (4ª coleta, ponto 2 - seca), 204,74 mg g⁻¹ (6ª coleta, ponto 7 - transição) e 113,84 mg g⁻¹ (7ª coleta, ponto 7 - chuva). No ponto 3, correspondente ao córrego do Tijuco Preto, obteve-se a maior concentração de ferro

(225,00 mg g⁻¹) na 6ª coleta em relação aos pontos de amostragem do rio Monjolinho na mesma coleta.

No período de chuva, correspondente à 1ª coleta (FIGURAS 94a, 94b e TABELA 94 - ANEXO 1), as concentrações de ferro variaram de 0 - 36,29 mg g⁻¹, o zinco, o chumbo e o cromo foram detectados nos pontos 7 e 9 e o manganês e cobre nos pontos 1, 7 e 9. No ponto 7 foram obtidas as maiores concentrações de zinco (0,58 mg g⁻¹) e chumbo (4,39 mg g⁻¹) e o ponto 9 as maiores concentrações de ferro (36,29 mg g⁻¹), manganês (0,22 mg g⁻¹), cobre (0,87 mg g⁻¹) e cromo (0,03 mg g⁻¹). Com relação a 2ª coleta (FIGURAS 95a, 95b e TABELA 95 - ANEXO 1), as concentrações de ferro variaram de 0,23 a 60,32 mg g⁻¹, quanto aos outros metais analisados, as maiores concentrações de zinco (0,23 mg g⁻¹), chumbo (0,21 mg g⁻¹), ferro (60,32 mg g⁻¹) e cobre (0,11 mg g⁻¹) foram obtidas para o ponto 7; níquel (0,12 mg g⁻¹) e manganês (0,70 mg g⁻¹) para o ponto 9. A 7ª coleta (FIGURAS 100a, 100b e TABELA 100 - ANEXO 1) apresenta resultados para o zinco, ferro, manganês, cobre e para cromo somente nos pontos 5 e 7; as concentrações de ferro variaram de 0,12 a 113,84 mg g⁻¹, para o zinco de 0,07 a 1,33 mg g⁻¹, para o manganês de 0 a 1,34 mg g⁻¹. No ponto 7 foram obtidas as maiores concentrações de ferro (113,84 mg g⁻¹) e manganês (1,34 mg g⁻¹).

No período de seca, o chumbo, o cádmio e o níquel não foram detectados na 4ª coleta. O zinco foi detectado em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas dos organismos bentônicos deste período.

Ainda com relação ao período de seca as maiores concentrações de metais nos organismos bentônicos, nos pontos de amostragem do rio Monjolinho, foram obtidas na 3ª coleta (FIGURAS 96a, 96b e TABELA 96 - ANEXO 1) para o ferro (71,35 mg g⁻¹ - ponto 7), o chumbo (1,26 mg g⁻¹ - ponto 2), o zinco (0,23 mg g⁻¹ - ponto 7) e o manganês (0,38 mg g⁻¹ -

ponto 1), entretanto a maior concentração de zinco nesta coleta foi obtida para os afluentes: ponto 5 ($0,36 \text{ mg g}^{-1}$) e ponto 3 ($0,30 \text{ mg g}^{-1}$); na 4ª coleta (FIGURAS 97a, 97b e TABELA 97 - ANEXO 1) as maiores concentrações detectadas foram para o ferro ($367,97 \text{ mg g}^{-1}$ - ponto 2), o zinco ($1,43 \text{ mg g}^{-1}$ - ponto 7), o manganês ($1,02 \text{ mg g}^{-1}$ - ponto 6) e o cromo ($1,20 \text{ mg g}^{-1}$ - ponto 2), entretanto a maior concentração de zinco nesta coleta foi obtida para o ponto 3 ($24,00 \text{ mg g}^{-1}$). Durante a 5ª coleta (FIGURAS 98a, 98b e TABELA 98 - ANEXO 1) o cádmio só foi detectado nos pontos 3 ($0,06 \text{ mg g}^{-1}$) e 6 ($0,28 \text{ mg g}^{-1}$); as maiores concentrações detectadas no rio Monjolinho foram obtidas para o ferro ($280,76 \text{ mg g}^{-1}$ - ponto 9). Com relação aos outros metais as maiores concentrações foram obtidas para o ponto 6, onde se observam os seguintes valores: zinco $4,17 \text{ mg g}^{-1}$; chumbo $6,06 \text{ mg g}^{-1}$; manganês $4,68 \text{ mg g}^{-1}$; cobre $2,41 \text{ mg g}^{-1}$ e cromo $2,55 \text{ mg g}^{-1}$.

Com relação ao período de transição o níquel só foi detectado no ponto 4 ($0,05 \text{ mg g}^{-1}$), o chumbo no ponto 3 ($0,24 \text{ mg g}^{-1}$) e o cromo nos pontos 3 e 6 ($0,04 \text{ mg g}^{-1}$ e $1,48 \text{ mg g}^{-1}$). As concentrações nos pontos de amostragem do rio Monjolinho variaram de $4,49$ a $204,74 \text{ mg g}^{-1}$ (ferro), 0 a $3,75 \text{ mg g}^{-1}$ (zinco), $0,01$ a $1,83 \text{ mg g}^{-1}$ (manganês) e $0,02$ a $3,01 \text{ mg g}^{-1}$ (cobre). A maior concentração de ferro obtida nesta coleta foi no córrego do Tijuco Preto ($225,00 \text{ mg g}^{-1}$).

Os organismos bentônicos apresentaram altas concentrações de metais (FIGURAS 94 a 100), principalmente os pontos 7 e 9 no período de chuva, provavelmente pela elevada ação antrópica. O ponto 7 recebe praticamente todo o esgoto sanitário da cidade de São Carlos e se apresenta como o ponto mais impactado e com pior qualidade de água. Além disto o ponto 7 funcionava como uma pequena "lagoa de estabilização", como já comentado.

O zinco na comunidade bentônica foi detectado em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas na

estação seca (TABELAS 96 a 98 - ANEXO 1), este período é caracterizado, nesta região, como o pico de queimadas em plantações de cana-de-açúcar. O resíduo destas queimadas apresenta grandes concentrações de zinco, segundo ZIOLI et al., (1995).

Os organismos bentônicos apresentam estreita relação com o sedimento, estando sujeitos às ações e concentrações de metais detectados neste compartimento (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983), como é o caso das concentrações obtidas para o chumbo, proveniente, no caso do rio Monjolinho, provavelmente de águas residuárias de indústria química.

FÖRSTNER & WITTMANN (1983) também observaram que devido à interação dos processos físicos e químicos, a maior parte dos metais pesados introduzidos no sistema aquático é depositada no sedimento, tornando-se um perigo aos organismos bentônicos.

CONNELL & MILLER (1984) comentam que existem algumas considerações que devem ser observadas em relação a acumulação de metais em organismos aquáticos. Entre elas, os organismos filtradores são conhecidos por acumular altos níveis de metais em seus tecidos, mas transferem somente uma pequena porção para os predadores; os sedimentos e detritos geralmente contém altas concentrações de metais em ambientes poluídos, tanto o sedimento quanto as fezes dos animais tendem a conter altas concentrações de metais.

ENK & MATHIS (1977) estudando as concentrações de chumbo e cádmio em vários compartimentos aquáticos, observaram que o aumento da concentração obedeceu a seguinte seqüência:

água < peixe < sedimento < invertebrados aquáticos

Correlacionando-se os resultados obtidos neste estudo com os obtidos por ENK & MATHIS (*op. cit.*) o comportamento dos metais nos compartimentos estudados foi praticamente o mesmo.

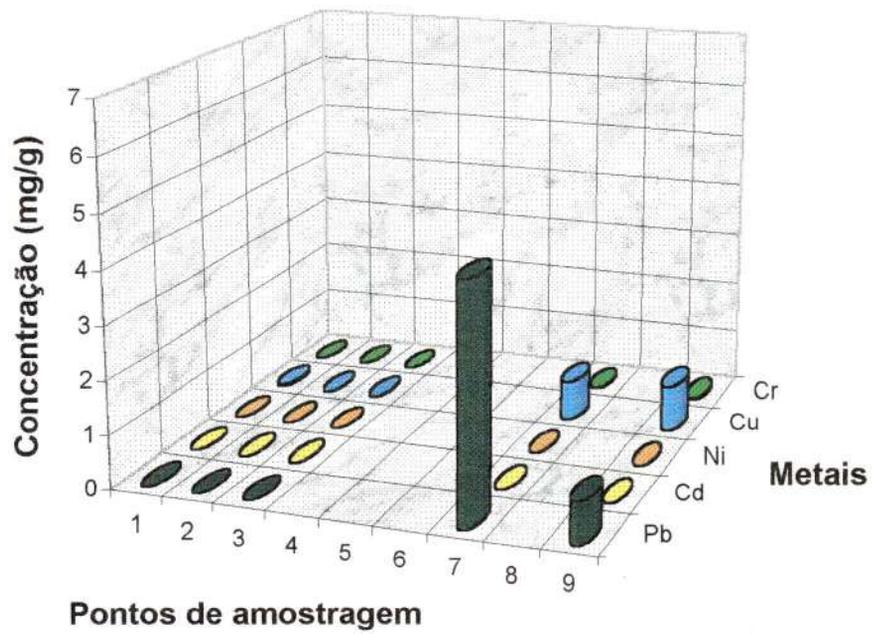


FIGURA 94a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

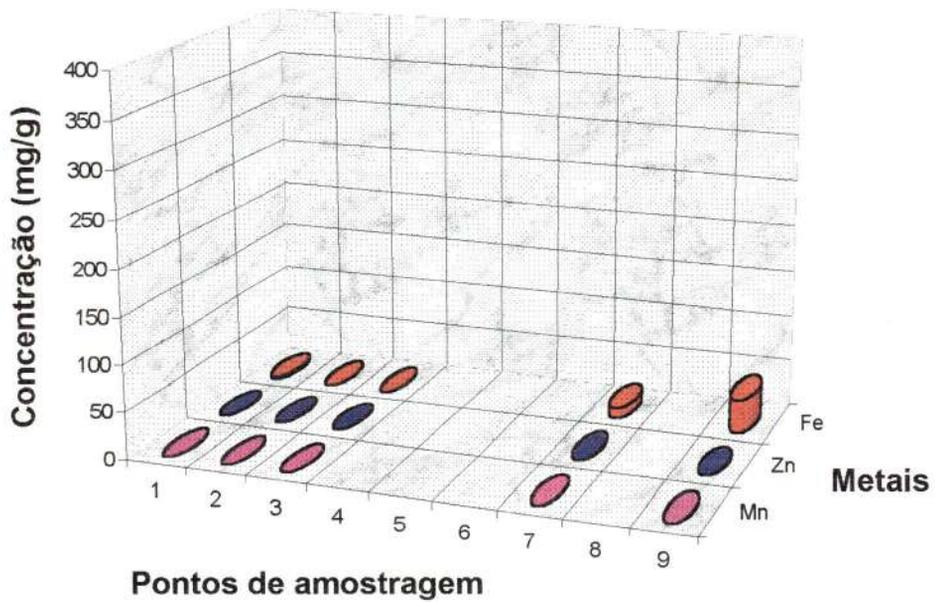


FIGURA 94b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 1ª coleta

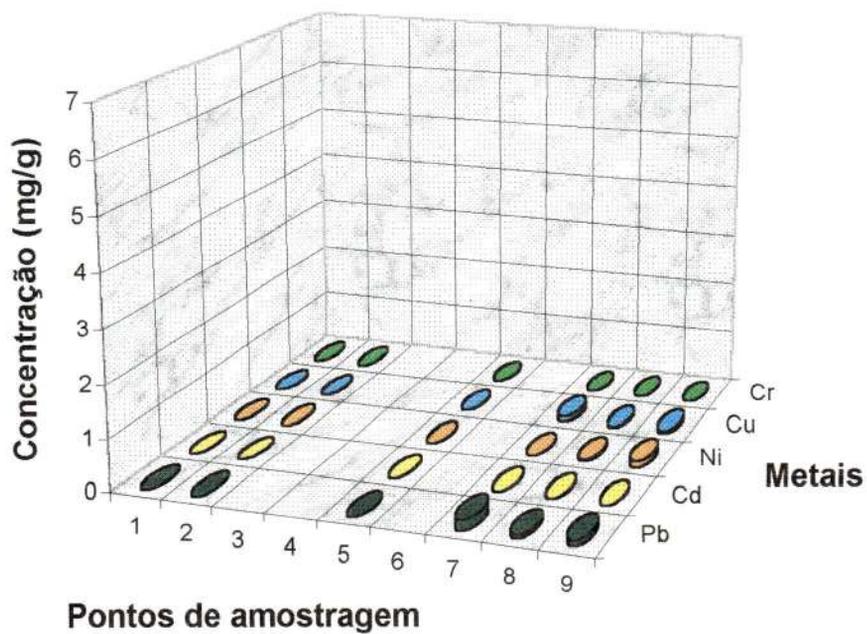


FIGURA 95a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

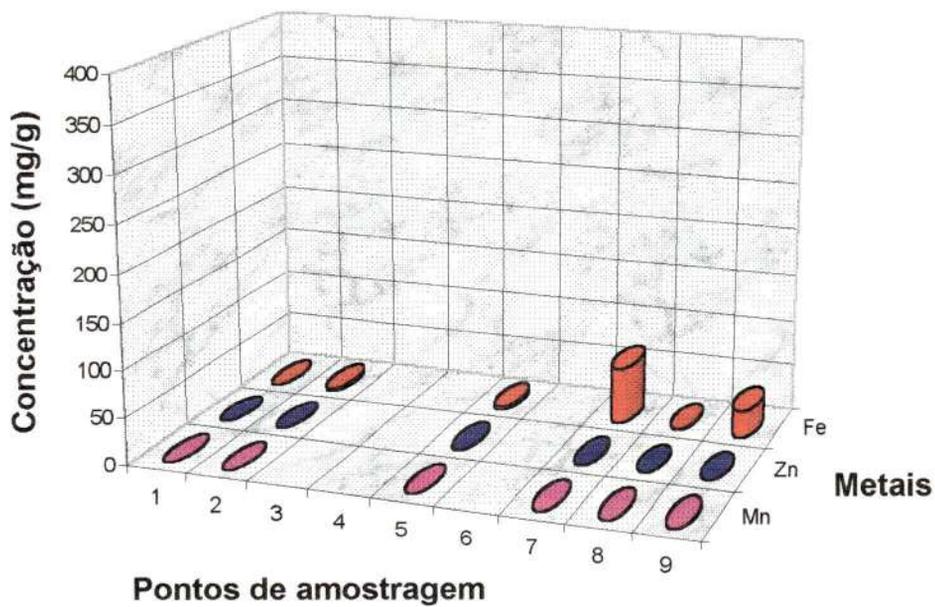


FIGURA 95b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 2ª coleta

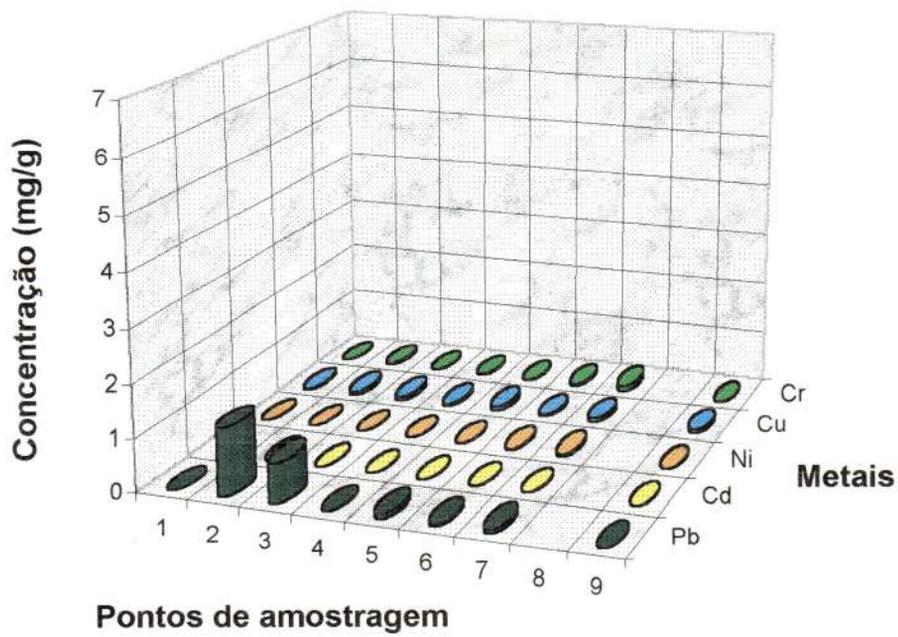


FIGURA 96a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

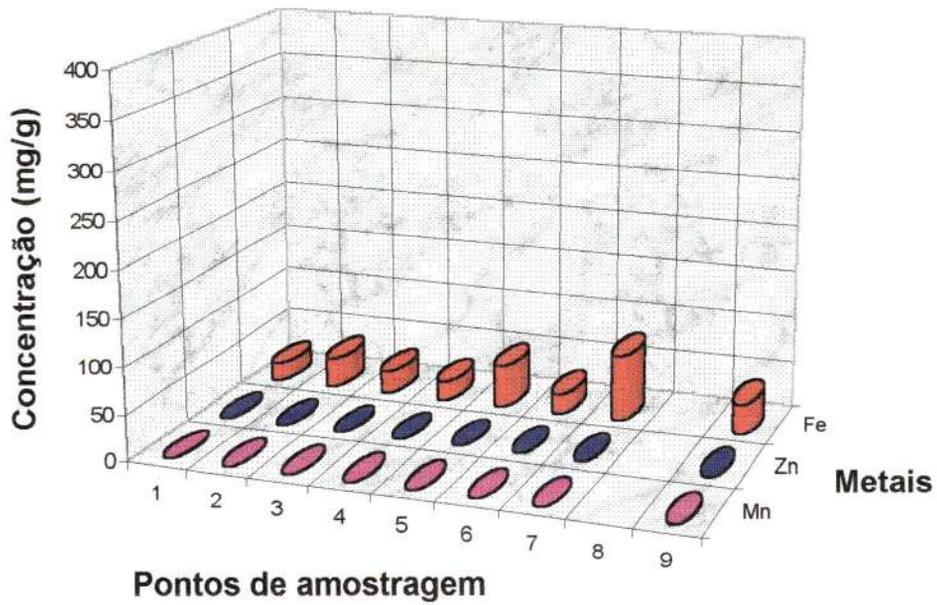


FIGURA 96b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 3ª coleta

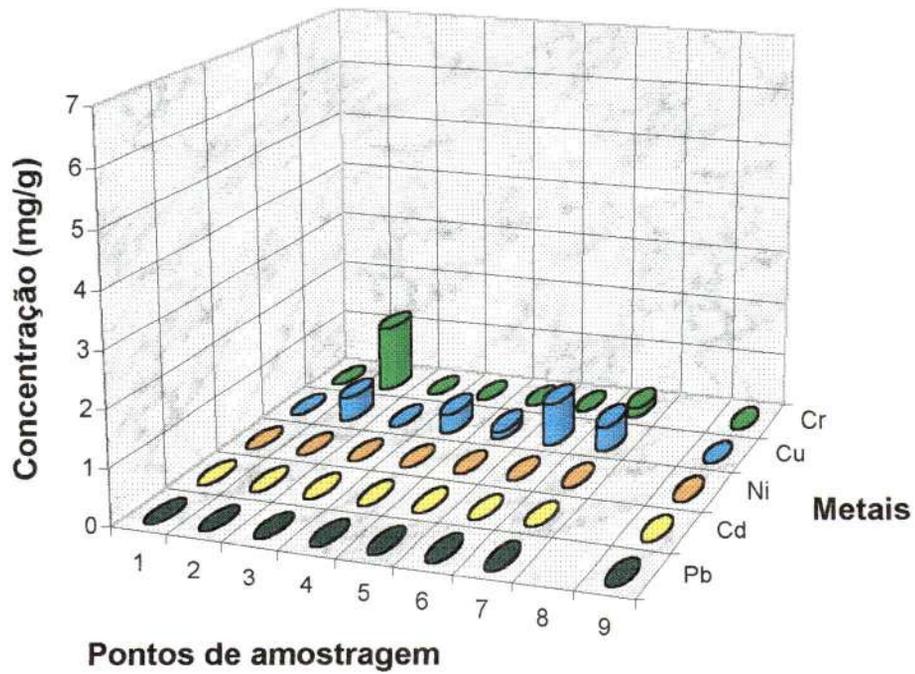


FIGURA 97a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

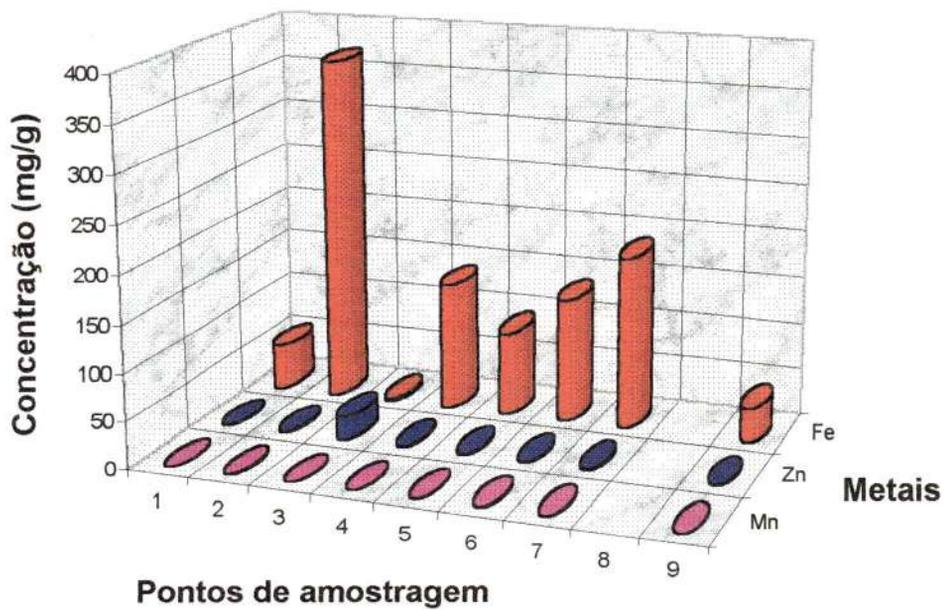


FIGURA 97b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 4ª coleta

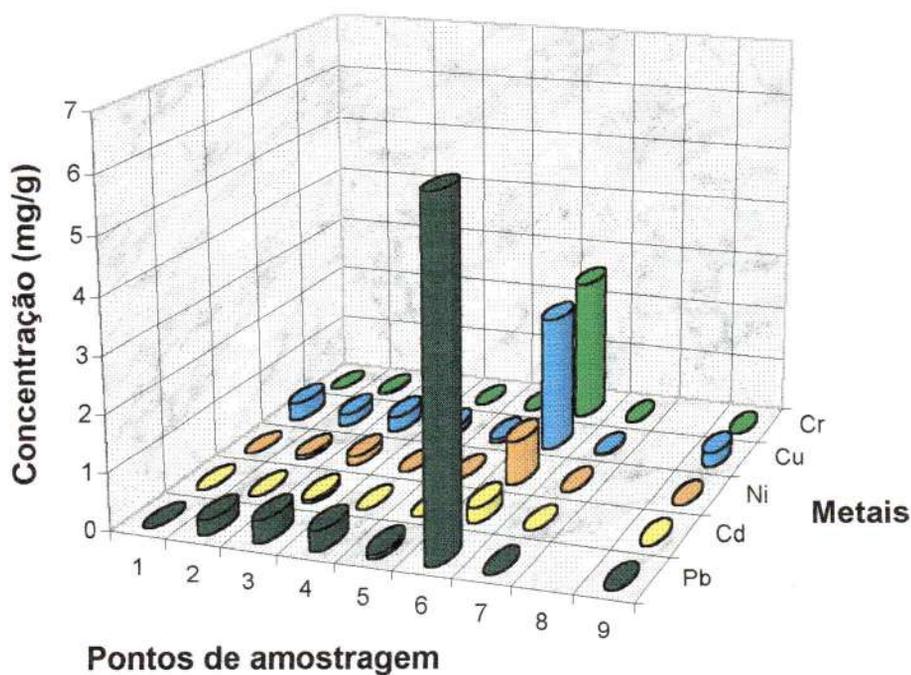


FIGURA 98a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

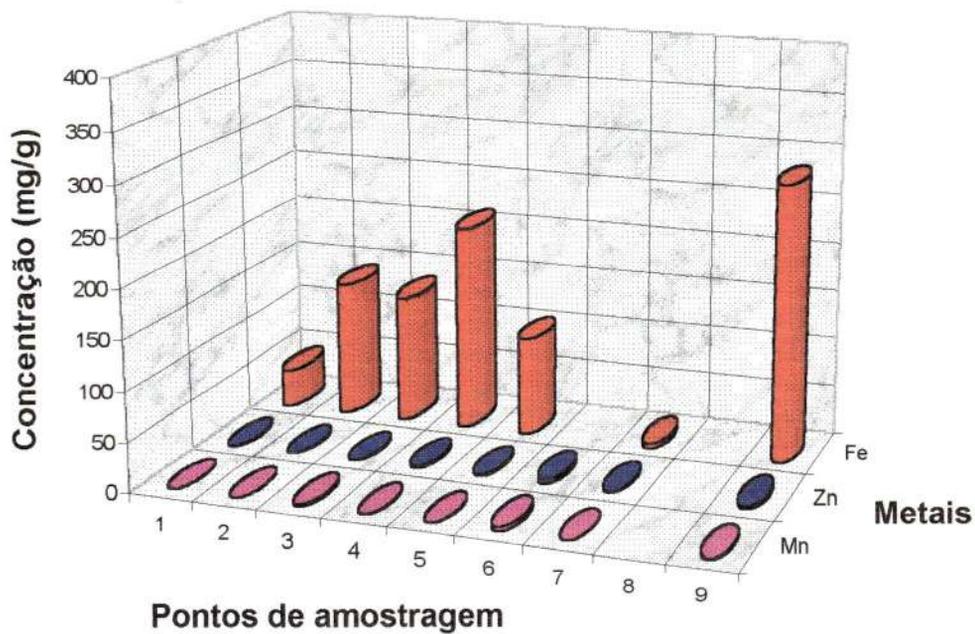


FIGURA 98b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 5ª coleta

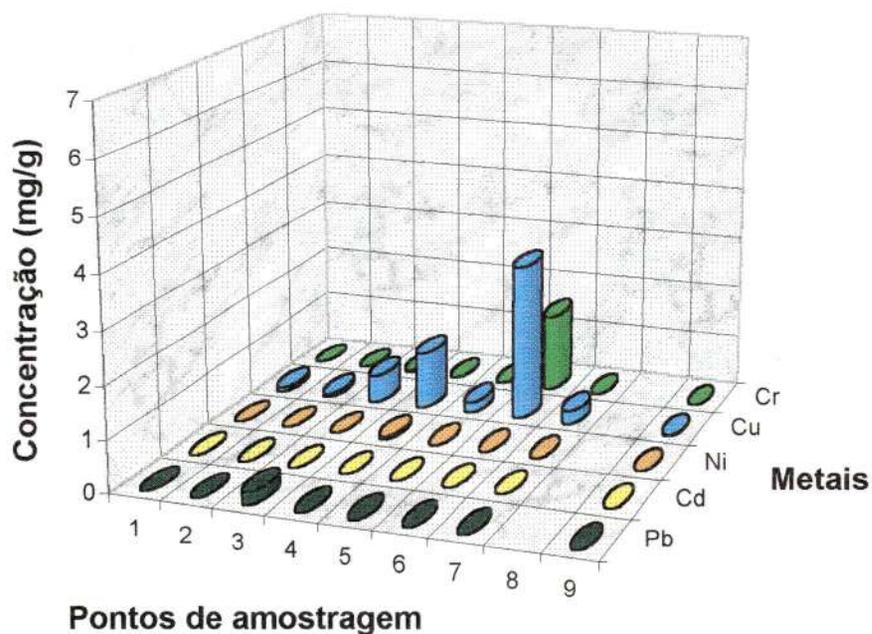


FIGURA 99a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

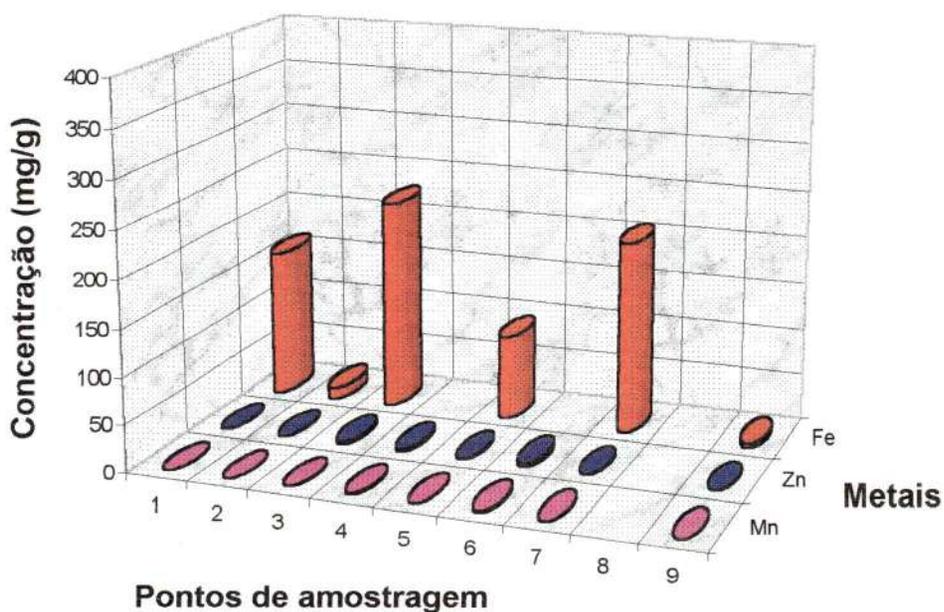


FIGURA 99b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 6ª coleta

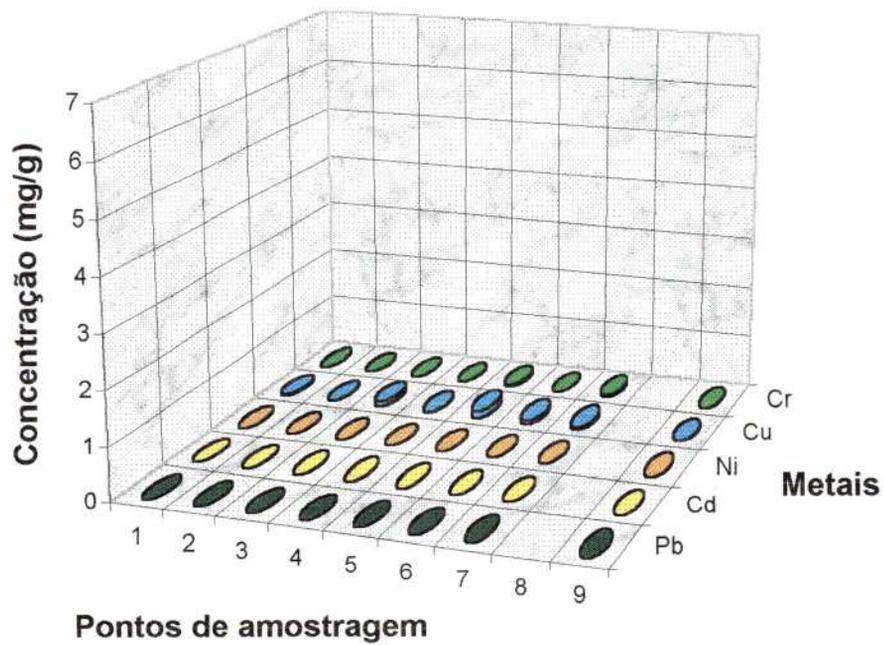


FIGURA 100a: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

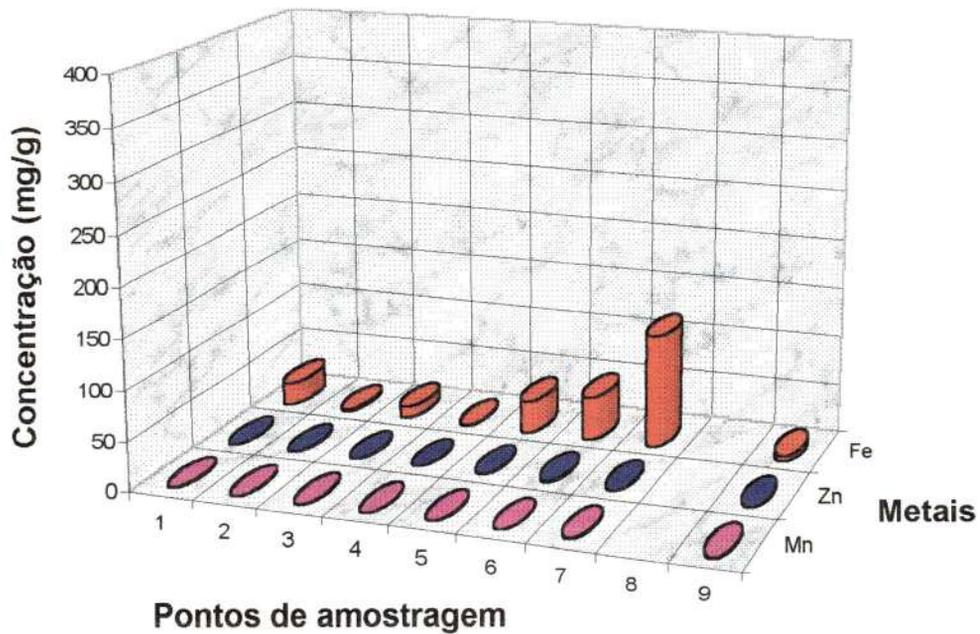


FIGURA 100b: Concentração de manganês, ferro e zinco na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio: 7ª coleta

6.7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS METAIS

Esta análise teve por objetivo indicar as variáveis que melhor descreveram o comportamento verificado no rio Monjolinho ao longo do período de estudo, agrupando as variáveis mais representativas nos processos ocorridos dentro do ecossistema na forma de fatores.

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa de computação Statistica versão 5, produzido pela Statsoft.

Os resultados da análise multivariada (Análise dos Componentes Principais) encontram-se nas FIGURAS 6.7, 6.7.1, 6.7.2, 6.7a, 6.7.1a e 6.7.2a e nas TABELAS 6.7.2 e 6.7.3.

Foram consideradas as seguintes variáveis na água: oxigênio dissolvido, pH, Condutividade elétrica, turbidez, sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e vazão, com relação ao sedimento foram consideradas as variáveis: teor de nitrogênio total Kjeldhal, teor de matéria orgânica, granulometria (fração grosseira, silte + argila) e metais totais (zinco, chumbo, cádmio, níquel, ferro, manganês, cobre e cromo).

Os dois primeiros fatores exprimem 55,43%, os três primeiros fatores exprimem 72,08% e os quatro primeiros fatores exprimem 83,81% da variabilidade total dos dados (TABELA 6.7.2). O fator 1 explicou 35,03% desta variação estando associada positivamente em ordem de importância aos metais chumbo, zinco, cobre, manganês, ferro e aos sólidos suspensos totais (TABELA 6.7.3). O fator 2 de correlação (20,40%), esteve relacionado positivamente aos sólidos sedimentáveis e negativamente ao oxigênio dissolvido e ao metal cromo (TABELA 6.7.3). O fator 3 de correlação, está associado à granulometria do sedimento, positivamente à fração grosseira e negativamente ao silte e argila. Em relação ao fator 4 de correlação (11,72%) a associação ocorreu positivamente com o teor de nitrogênio total e o teor de matéria orgânica do sedimento (TABELA 6.7.3). A ordenação

das variáveis pela Análise dos Componentes Principais (ACP) para os fatores 1, 2, 3 e 4 encontram-se nas FIGURAS 6.7, 6.7.1 e 6.7.2.

O Fator 1 (FIGURAS 6.7 e 6.7a) associa a granulometria (fração grosseira) aos pontos 1, 2, 4 e 6. Os pontos 7 e 9 separam-se dos demais pontos devido principalmente aos metais, sólidos suspensos e a vazão. Entretanto, deve ser considerada também a turbidez, condutividade elétrica, teor de matéria orgânica, e de nitrogênio total Kjeldhal. Com relação ao fator 2 observa-se que o oxigênio dissolvido e a concentração de cromo estão associados aos pontos 1, 6 e 9, o oxigênio dissolvido está associado ao ponto 1 (nascente) e o cromo aos pontos 6 e 9. O ponto 7 associa-se aos sólidos sedimentáveis, turbidez e a condutividade elétrica.

O fator 3 (FIGURAS 6.7.1 e 6.7.1a) separa o ponto 7 do ponto 9 pela associação do ponto 7 principalmente com a granulometria (silte e argila) e o cádmio, ressaltando-se também o teor de matéria orgânica e o teor de nitrogênio total Kjeldhal; o ponto 9 está associado principalmente a vazão, ressaltando-se também os metais, os sólidos suspensos e a turbidez. Este fato pode ser observado tanto no fator 1 quanto no fator 3.

O fator 4 (FIGURAS 6.7.2 e 6.7.2a) associa o ponto 7 (período de chuvas) ao teor de matéria orgânica, teor de nitrogênio total Kjeldhal e turbidez da água. O ponto 9, no período de seca e transição, e o ponto 7, no período de seca, estão associados a condutividade elétrica, granulometria (silte e argila), vazão, sólidos sedimentáveis e o metal chumbo. Este fator separa o ponto 7 e 9 no período de seca do período de chuva. No período de seca, pela influência da condutividade elétrica, granulometria (silte e argila), chumbo, vazão, sólidos sedimentáveis e ferro e no período de chuva pela influência do teor de matéria orgânica, teor de nitrogênio total Kjeldhal e turbidez da água. As demais

estações não se separam, não havendo diferenciação marcante entre o período de seca e o período de chuvas e transição.

TABELA 6.7.2: Dados do tratamento estatístico incluindo: Eigenvalue (fatores), valores e porcentagens da variância total e acumulada obtidos na Análise de Componentes Principais das variáveis físicas e químicas em função dos períodos e pontos de amostragem.

Número do Eigenvalue	Valor do Eigenvalue	% total da Variância	% acumulada da Variância
1	6,656015	35,03166	35,03166
2	3,875226	20,39593	55,42759
3	3,164249	16,65394	72,08153
4	2,227555	11,72397	83,800550

TABELA 6.7.3: Correlação das variáveis físicas e químicas com os componentes principais 1, 2, 3 e 4 (os valores em azul são os mais significativos para cada fator).

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
OD	-0,278449	-0,833017	0,270228	-0,202722
pH	-0,169361	-0,131212	0,440862	-0,407737
CD	0,625666	0,578231	-0,176416	0,342938
TB	0,566025	0,563238	0,169657	-0,508827
SST	0,707503	0,517463	0,369084	-0,092057
SS	0,566748	0,719152	0,205784	0,185029
TMO	0,481800	0,195382	-0,398621	-0,703048
TNTK	0,512265	0,182024	-0,298969	-0,745273
FG	-0,487570	0,134817	0,777647	-0,304034
SA	0,487659	-0,134833	-0,777619	0,304107
Zn	0,806237	-0,135580	0,207711	-0,021276
Pb	0,842765	-0,199178	-0,169138	0,323800
Cd	0,454080	-0,213209	-0,610602	-0,325273
Ni	0,566723	-0,563571	0,145473	0,025620
Fe	0,715114	-0,541710	0,300445	0,123453
Mn	0,718018	-0,367291	0,437688	-0,054387
Co	0,802506	-0,485947	0,174207	0,109797
Cr	0,179442	-0,714435	-0,183553	-0,298933

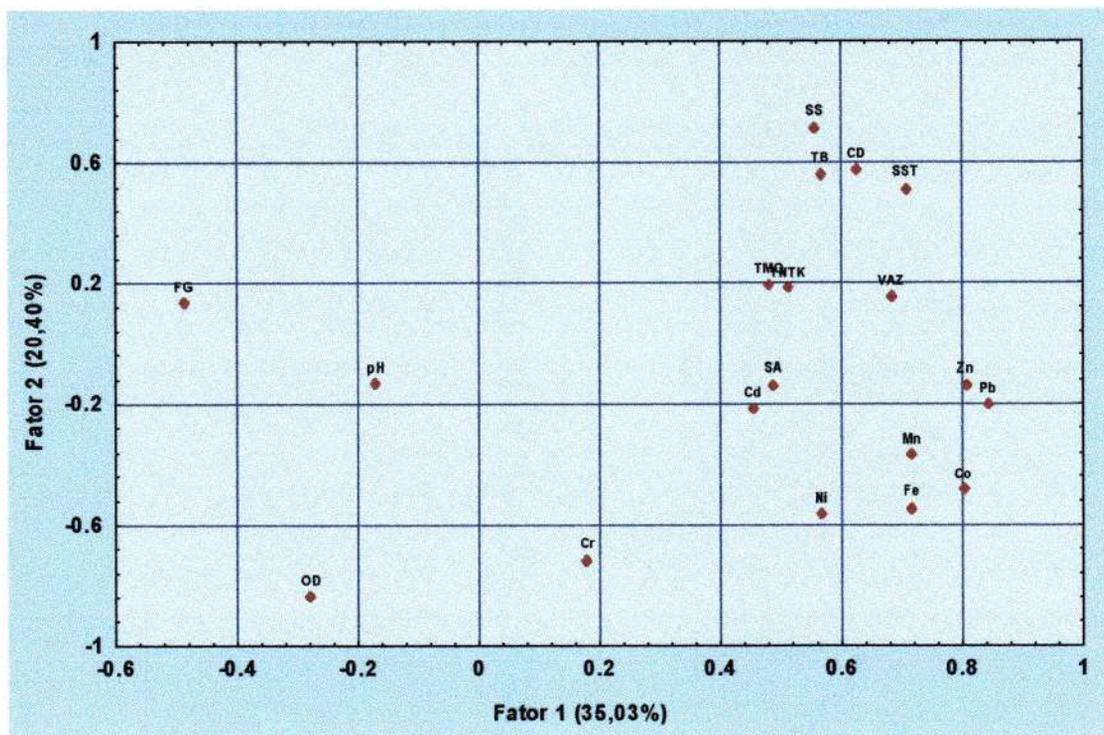


FIGURA 6.7: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela análise dos componentes principais (ACP) fator 1 e fator 2

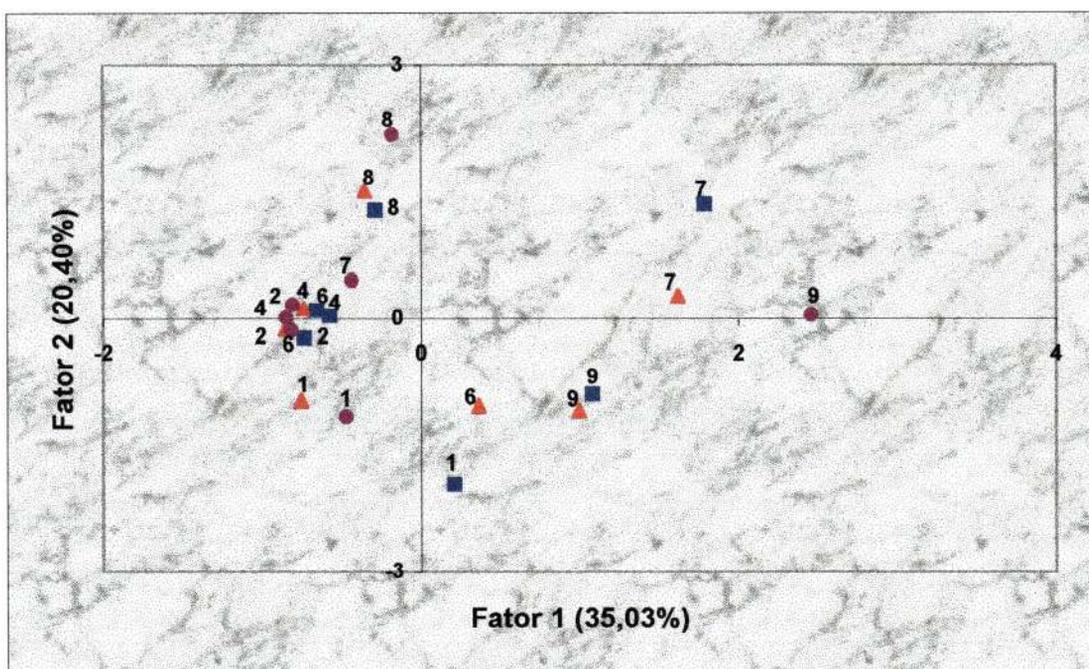


FIGURA 6.7a: Ordenação pela análise dos componente principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (■ chuva; seca ▲ e transição ●) para os fatores 1 e 2

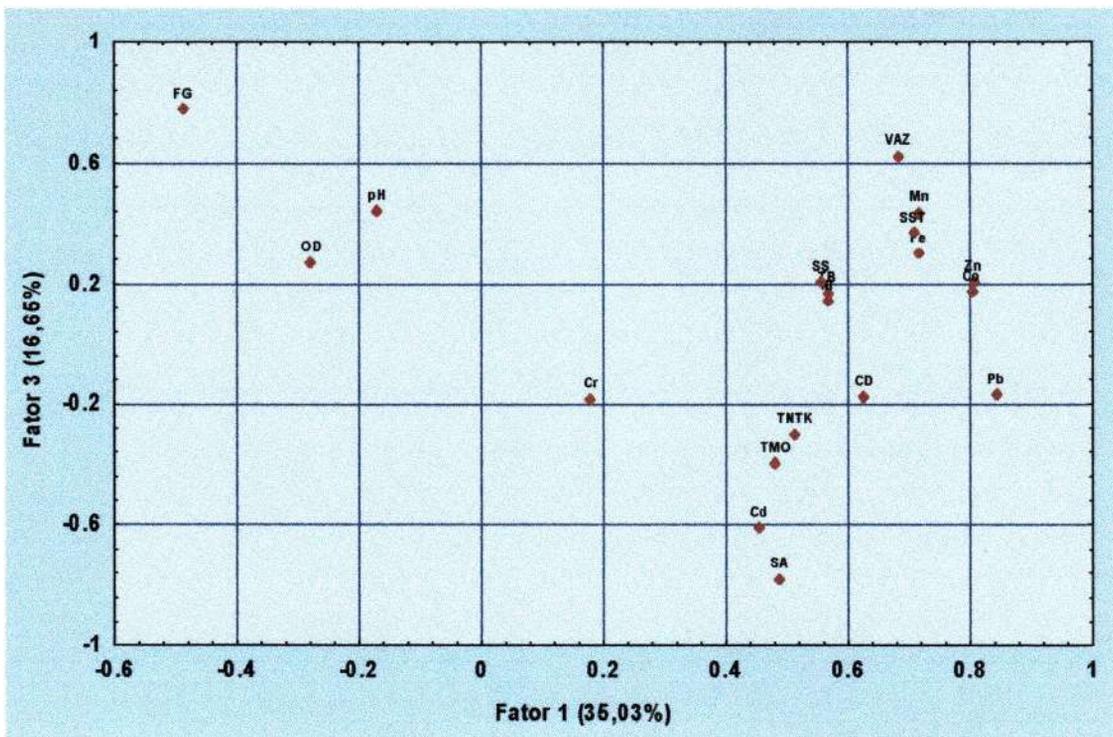


FIGURA 6.7.1: Ordenação das variáveis físicas e químicas pela análise dos componentes principais (ACP) fator 1 e fator 3

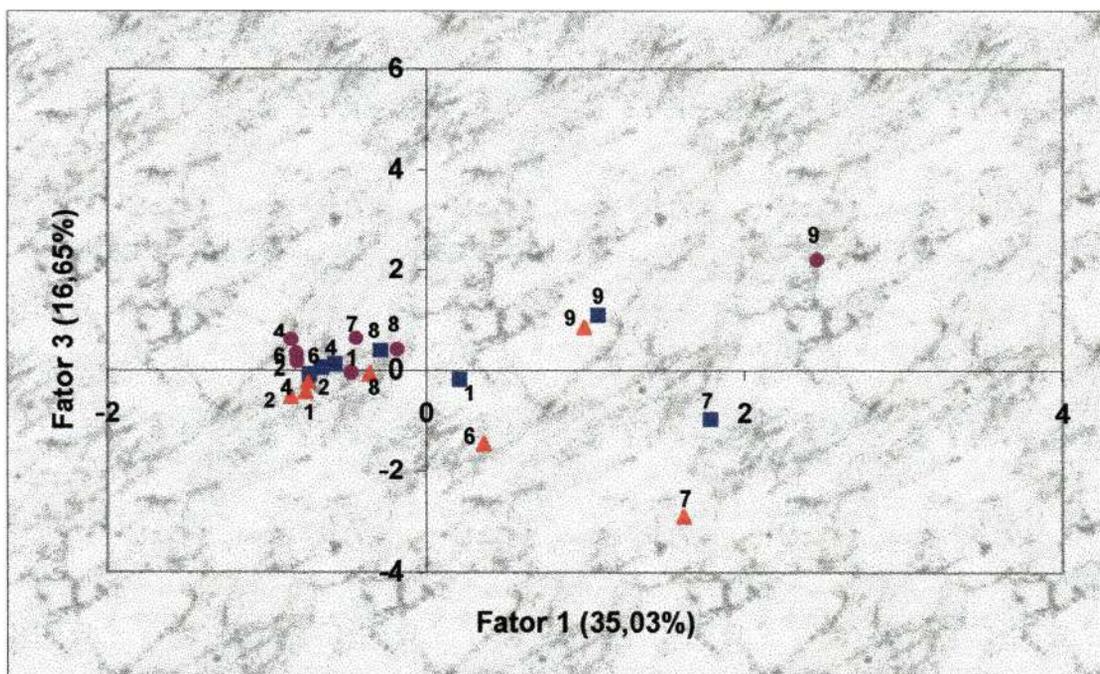


FIGURA 6.7.1a: Ordenação pela análise dos componente principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (■ chuva; seca ▲ e transição ●) para os fatores 1 e 3

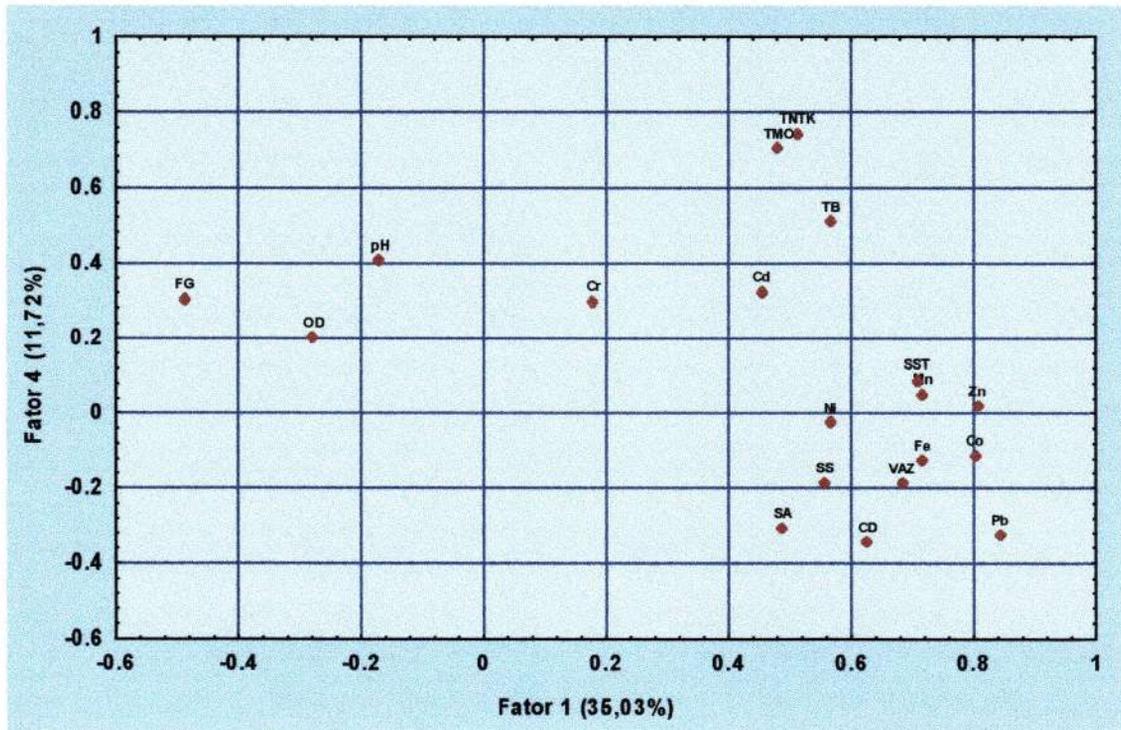


FIGURA 6.7.2 :Ordenação das variáveis físicas e químicas pela análise dos componentes principais (ACP) fator 1 e fator 4

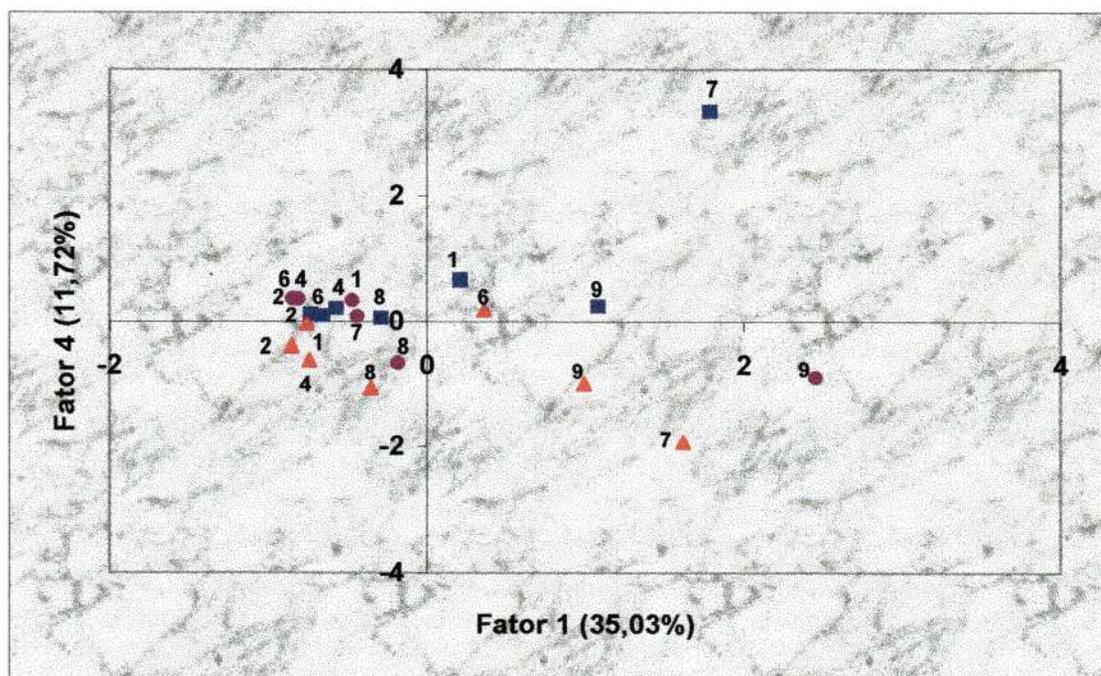


FIGURA 6.7.2a: Ordenação pela análise dos componente principais dos pontos de coleta nos períodos de amostragem (■ chuva; seca ▲ e transição ●) para os fatores 1 e 4

6.8 - CLASSIFICAÇÃO DO RIO MONJOLINHO SEGUNDO A LEGISLAÇÃO FEDERAL (RESOLUÇÃO CONAMA 20/86)

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas em Território Nacional. Entretanto, para melhor compreensão da classificação dos pontos de amostragem ao longo do rio Monjolinho (TABELA 6.8); a seguir, reproduziu-se somente a base da classificação das águas doces, segundo resolução CONAMA 20/86, pois considera-se como águas doces, águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰, que é o caso das águas do rio Monjolinho.

ÁGUAS DOCES:

➔ Classe Especial: águas destinadas:

a: ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;

b: à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

➔ Classe 1: águas destinadas:

a: ao abastecimento doméstico, 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 desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem a remoção da película;

e: à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

➔ Classe 2: águas destinadas:

a: ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b: à proteção das comunidades aquáticas;

c: à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);

d: à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;

e: à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

➔ Classe 3: águas destinadas:

a: ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;

b: à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;

c: à desedentação de animais.

➔ Classe 4: águas destinadas:

a: à navegação;

b: à harmonia paisagística

c: aos usos menos exigentes,

A TABELA 6.8.1 (ANEXO 1), apresenta os limites utilizados para a distribuição das águas em classe

CLASSIFICAÇÃO:

PONTO 1

Pelos resultados médios das variáveis físicas e químicas analisadas, este ponto enquadra-se na classe 1 tanto no período de chuva, quanto no período de seca, exceto para os valores de sulfetos, que enquadra o ponto na classe 3. Quando são incluídos os metais analisados, este ponto passa para a classe 3 no período de chuva e no período de seca.

PONTO 2

Pelos resultados médios das variáveis físicas, químicas e dos metais analisados este ponto enquadra-se na classe 3 tanto no período de chuva, quanto no período de seca, exceto para sulfetos no período de chuva que enquadra este ponto na classe 4.

PONTO 3: Córrego do Tijuco Preto

Pelos resultados médios das variáveis físicas, químicas, o ponto enquadra-se na classe 3 para os períodos de chuva e seca, exceto para sulfetos no período de chuva que enquadra este ponto na classe 4. Quando se considera os metais analisados este ponto enquadra-se na classe 4 tanto no período de chuva, quanto no período de seca.

PONTO 4

Pelos resultados médios das variáveis físicas e químicas analisadas este ponto enquadra-se na classe 2 no período de chuva, e classe 4 no período de seca, exceto para sulfetos no período de chuva que enquadra este ponto na classe 3. Quando são incluídos os metais analisados a classificação deste ponto não se altera, nem para o período de chuva, nem para o período de seca.

PONTO 5: Córrego do Gregório

Pelos resultados médios das variáveis físicas, químicas e os metais analisados este ponto enquadra-se na classe 3 para o período de seca e classe 4 para o período de chuva.

PONTO 6

Pelos resultados médios das variáveis físicas e químicas este ponto enquadra-se na classe 3 para o período de seca e na classe 2 para o período de chuva, exceto para sulfetos nos períodos de chuva e seca que enquadra este ponto na classe 4. Quando são incluídos os metais analisados este ponto enquadra-se na classe 3 no período de seca e classe 4 no período de chuva.

PONTO 7

Pelos resultados médios das variáveis físicas, químicas e os metais analisados este ponto enquadra-se na

classe 4 tanto no período de chuva, quanto no período de seca.

PONTO 8

Pelos resultados médios das variáveis físicas, químicas e os metais analisados este ponto enquadra-se na classe 4, tanto no período de chuva, quanto no período de seca.

PONTO 9

Pelos resultados médios das variáveis físicas e químicas analisadas este ponto enquadra-se na classe 3 no período de chuva, e classe 4 no período de seca, exceto para sulfetos no período de chuva que enquadra este ponto na classe 4. Quando são incluídos os metais analisados, a classificação deste ponto enquadra-se na classe 4, tanto no período de chuva, quanto no período de seca.

O rio Monjolinho enquadra-se na classe 1 somente na nascente (exceto para sulfetos e metais); no 2º ponto de amostragem (área urbana) sua classe cai para 3 (exceto para sulfetos); a partir do 3º ponto, a classificação muda para 4, independente do período de coleta e permanece até o 4º ponto de amostragem, também ainda dentro da área urbana. No 5º e 6º pontos de coleta (área urbana) a classe das águas do rio é 3 no período de seca, (exceto para sulfetos) e 4 no período de chuva. Do 7º ao 9º ponto de amostragem, o rio permanece na classe 4 independente do período de coleta.

Duas variáveis (sulfetos e a demanda bioquímica de oxigênio) foram fundamentais no declínio da qualidade da água do rio Monjolinho em todos os pontos de amostragem (exceto a nascente para a DBO), apresentando concentrações médias superiores às estabelecidas pela resolução do CONAMA 20/86. Estes provavelmente estão associados à influência antrópica, na forma de lançamento de efluentes industriais ou sanitários.

O chumbo, o níquel e o cádmio principalmente no período de chuva, o ferro e o zinco tanto no período de chuva, quanto no período de seca, desempenharam importante papel no declínio da qualidade da água. A detecção destes metais, principalmente no período de chuvas está possivelmente associado à lavagem do sedimento, e à redissolução destes metais no meio aquoso. Com relação ao zinco, cujo aparecimento independeu do período de coleta, está provavelmente ligado as constantes queimadas na região e às queimadas ocorridas nas matas próximas às margens do rio ou de sua própria mata marginal.

Analisando-se os resultados obtidos para as variáveis físicas e químicas da água, principalmente o OD, pH, alcalinidade, DBO, DQO, série nitrogênio, série de fosfato, série de sólidos e metais em todos os pontos de amostragem, se observa que o ponto 7 (onde é lançado praticamente todo o esgoto sanitário da cidade de São Carlos) é o ponto mais crítico em relação a qualidade das águas, fato que poderia ser facilmente resolvido com a construção de uma estação de tratamento de esgoto (ETE).

Pelos resultados obtidos também se pode observar que a cidade de São Carlos, necessita, principalmente, de tratamento em nível secundário, pois pelos resultados obtidos nesta pesquisa não existe a necessidade de remoção de nutrientes, tanto no período de chuvas, quanto no período de seca.

Se o objetivo for tratar todo o esgoto lançado no ponto 7, o tratamento necessário seria o biológico em nível secundário, devido a alta concentração de matéria orgânica presente. Contudo seria conveniente a obrigatoriedade de um tratamento físico-químico, por exemplo, para remoção de metais, localizado nas fontes poluidoras (indústrias e universidades).

TABELA 6.8 - Classificação dos pontos de amostragem segundo a Resolução CONAMA 20/86

VARIÁVEIS	PONTOS DE AMOSTRAGEM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch	sc / ch
pH	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
OD	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	4 / 3	4 / 3	1 / 1
DEO	1 / 1	3 / 2	3 / 2	4 / 2	3 / 4	3 / 2	4 / 4	4 / 4	4 / 3
TB	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 4	1 / 2	1 / 2
PDI	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	4 / 4	1 / 1	1 / 1
NTA	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
NTO	1 / 1	1 / 1	1 / 3	1 / 1	1 / 3	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
STD	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
SUL	3 / 3	3 / 4	3 / 4	3 / 3	3 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4	4 / 4
METAIS									
Al	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E
Cd	E / E	E / E	E / 3	E / 3	E / 3	E / 3	E / 3	E / 3	E / E
Pb	E / E	E / E	4 / 4	E / 4	E / 4	E / 4	E / 4	E / 4	E / 4
Co	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / E	E / 3	E / 1	E / 1
Fe sol.	3 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3	1 / 3	4 / 4	4 / 4	4 / 4
Mn	E / 1	E / 3	3 / 1	E / 1	E / 1	E / 1	E / 1	1 / 3	3 / 3
Ni	E / E	E / E	4 / 4	E / 1	E / 4	E / 4	E / 4	E / 4	1 / 4
Zn	1 / 3	3 / 3	4 / 3	1 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3	4 / 3

OBS.: sc - período de seca
 ch - período de chuva
 E - classe especial
 1, 2, 3 e 4 - classes

6.9 - INVENTÁRIO FAUNÍSTICO E FLORÍSTICO

A seguir são apresentados os resultados obtidos para a identificação dos organismos bentônicos, nectônicos e a comunidade de macrófitas, que foram coletados durante o período de estudo e utilizados para a verificação da concentração de metais. A TABELA 6.9.1 e 6.9.1a (ANEXO 1), apresenta os resultados quantitativos para a comunidade bentônica e nectônica, respectivamente.

COMUNIDADE BENTÔNICA:

PHYLLUM: Arthropoda

CLASSE: Insecta

SUBCLASSE: Pterygota

ORDEM: Diptera

FAMÍLIA: Chironomidae

SUBFAMÍLIA: Chironominae

TRIBO: Chironomini

GÊNEROS: *Chironomus sp*

Polypedilum sp

Chrytochironomus sp

Cladopelma sp

Chironomus pupa

TRIBO: Tanytarsini

GÊNEROS: *Ninborcera sp*

Tanytarsus sp

Rheotanytarsus sp

TRIBO: Orthorrhapha

GÊNERO: *Nematocera*

SUBFAMÍLIA: Orthoclaadiinae

TRIBO: Orthoclaadiini

GÊNEROS: *Nanocladius sp*

Cricotopus sp

TRIBO: Corynoneurini

GÊNERO: *Thienemaniella sp*

PHYLLUM: Arthropoda

CLASSE: Insecta

SUBCLASSE: Pterygota

ORDEM: Diptera

FAMÍLIA: Chironomidae

SUBFAMÍLIA: Tanypodinae

TRIBO: Pentaneurini

GÊNERO: *Larsia sp*

TRIBO: Procladiini

GÊNERO: *Procladius sp*

TRIBO: Macropelopiini

GÊNERO: *Alotanypus sp*

TRIBO: Tanypodini

GÊNERO: *Tanypus sp*

FAMÍLIA: Tabanidae

FAMÍLIA: Culicidae

SUBFAMÍLIA: Culicinae

GÊNERO: *Culex*

FAMÍLIA: Dixidae

FAMÍLIA: Psychodidae

GÊNERO: *Cloguia sp*

FAMÍLIA: Psychodidae (pupa)

ORDEM: Coleoptera

SUBORDEM: Polyphaga

SUPERFAMÍLIA: Hydrophiloidea

FAMÍLIA: Hydrophilidae

Coleoptera (Larva)

ORDEM: Ephemeroptera

FAMÍLIA: Baetidae

PHYLLUM: Arthropoda

CLASSE: Insecta

SUBCLASSE: Pterygota

ORDEM: Odonata

SUBORDEM: Anisoptera

FAMÍLIA: Gomphidae

GÊNERO: *Aphylla* sp

PHYLLUM: Anellida

CLASSE: Oligochaeta

CLASSE: Hirudinea

ORDEM: Rhynchobdellida

FAMÍLIA: Glossiphoniidae

PHYLLUM: Mollusca

ORDEM: Pelecypoda

FAMÍLIA: Shaeriidae

PHYLLUM: Nematoda

COMUNIDADE NECTÔNICA:

PHYLLUM: Chordata

SUBPHYLLUM: Vertebrata

SUPERCLASSE: Gnathostomata

CLASSE: Osteichthyes

ORDEM: Characiformes

FAMÍLIA: Erythrinidae

GÊNERO: *Hoplias sp*

ORDEM: Siluriformes

FAMÍLIA: Pimelodidae

GÊNERO: *Pimelodus sp*

ORDEM: Cyprinodontiformes

FAMÍLIA: Poeciliidae

GÊNERO: *Poecilia sp*

ORDEM: Siluriformes

FAMÍLIA: Loricariidae

GENÊRO: *Hypostomus*

ESPÉCIE: *Hypostomus tietensis*

ORDEM: Perciformes

SUBORDEM: Percoidei

FAMÍLIA: Cichlidae

GÊNERO: *Geophagus*

ESPÉCIE: *Geophagus brasiliensis*

ORDEM: Siluriformes

FAMÍLIA: Callichthyidae

GÊNERO: *Corydoras*

ESPÉCIE: *Corydoras nattereri*

PHYLUM: Chordata

SUBPHILUM: Vertebrata

SUPERCLASSE: Gnathostomata

CLASSE: Osteichthyes

ORDEM: Characiformes

FAMÍLIA: Characidae

GÊNERO: *Astyanax*

Espécie: *Astyanax scabripinis*

ORDEM: Cyprinodontiformes

FAMÍLIA: Poeciliidae

GÊNERO: *Poecilia reticulata*

COMUNIDADE DE MACRÓFITA:

Monocotiledônea

FAMÍLIA: Pontederiaceae

GÊNERO: *Heteranthera*

ESPÉCIE: *Heteranthera reniformis* (Ruiz et Pavel, 1794)

Os organismos bentônicos estavam distribuídos em 4 ordens. Foram encontradas 6 famílias pertencentes à ordem Diptera, 1 família da ordem Coleoptera, 1 família da ordem Odonata e 1 família da ordem Ephemeroptera para a classe Insecta. Com relação aos outros organismos bentônicos foram encontradas duas classes de anelídeos: Hirudínea e Oligochaeta; 1 família de moluscos pertencente à ordem Pelecypoda e nematodeos.

Os organismos bentônicos são excelentes indicadores para o monitoramento da poluição em ecossistemas aquáticos, pois não refletem somente o momento instantâneo. TEIXEIRA (1993) observou que a identificação de organismos bentônicos é muito difícil, geralmente esta é realizada até família (ver inventário da comunidade bentônica), entretanto, estas podem ser usadas com sucesso no monitoramento de poluição.

No presente estudo ocorreu uma predominância da família Chironomidae em todos os pontos de coleta do rio Monjolinho, durante todo o período de estudo.

As famílias Baetidae e Gomphidae são indicadoras de águas limpas e oxigenadas e foram encontrados somente nos pontos 1, 2 e 3; a família Sphaeriidae e a subfamília Orthocladinae são caracteristicamente de locais livres de poluição e foram encontradas somente no ponto 1.

O ponto 1 apresentou também organismos característicos de locais poluídos, principalmente por matéria orgânica, como é o caso da classe Oligochaeta e o gênero *Chironomus* (Díptera - FIGURA A). Este fato pode ser justificado pela presença de pastagens e agriculturas, visto que este ponto localiza-se em uma fazenda da região de São Carlos.

Os outros pontos de coleta caracterizaram-se basicamente pela presença da família Chironomidae e a classe Oligochaeta (TABELA 6.9 - ANEXO 1), demonstrando baixa diversidade específica, característica de locais poluídos. Estes organismos estão associados principalmente à poluição por altas concentrações de carga orgânica.

ESTEVES (1988) observa que grande número de insetos são aquáticos ou tem parte de seu ciclo de vida na água e, em ambos os casos, a maioria das larvas são bentônicas. Dos grupos de insetos que representam o bentos continental os dípteros são os que tem maior importância visto que seus principais representantes aquáticos são os quironomídeos e os caoborídeos, encontrados via de regra, em grande número; este fato pode justificar a abundância dos dípteros encontrados no rio Monjolinho.

GUERESCHI (1995) e MENDES (1998) encontraram resultados similares para os organismos bentônicos tanto qualitativos quanto quantitativos (TABELA 6.9 - ANEXO 1), neste mesmo ecossistema.

A comunidade nectônica foi composta por 7 gêneros, entretanto somente nos pontos 1, 2 e 3 foi observada visualmente uma maior riqueza de espécies (TABELA 6.9a - ANEXO 1), provavelmente associada a melhor qualidade das águas nestes pontos de amostragem.

Das espécies de peixes encontradas, 3 eram de fundo: *Pimelodus sp* (Mandi), *Hypostomus tietensis* (cascudo) e

Corydoras nattereri (cascudo), as quais ocorreram em todos os pontos coletados.

As espécies mais abundantes foram *Poecilia sp* (Guarú - FIGURA B1) e *Astyanax scabripinis* (Lambari - FIGURA B2), também encontradas em todos os pontos amostrados. Todas as espécies de peixes encontradas são consideradas mais resistentes que outras a impactos ambientais.

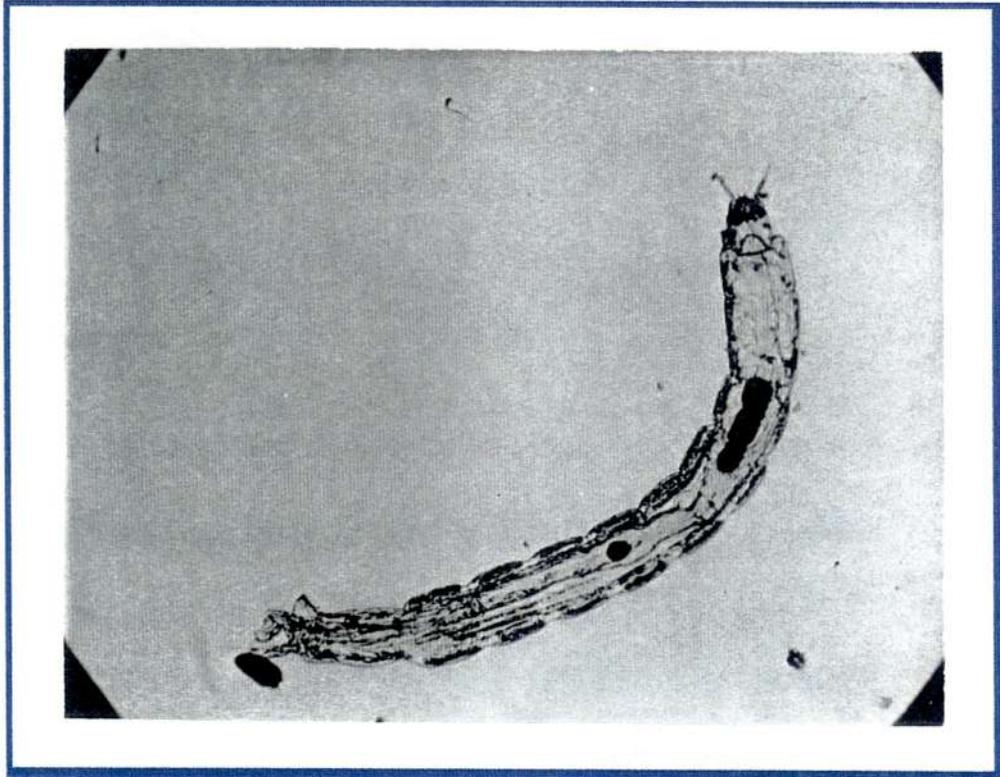
ESTEVES (1998) observa que entre as macrófitas aquáticas são encontradas representantes de apenas 42 famílias de dicotiledôneas, 30 famílias de monocotiledôneas, 17 famílias de briófitas e 6 famílias de pteridófitas.

Com relação à comunidade de macrófitas foi encontrada somente a espécie *Heteranthera reniformis* (FIGURA C), a qual foi abundante durante todo o período de estudo, principalmente no 2º ponto de coleta.

Esta monocotiledônea pertence ao grupo ecológico das macrófitas emersas, podendo formar verdadeiros bancos enraizados na margem dos rios.

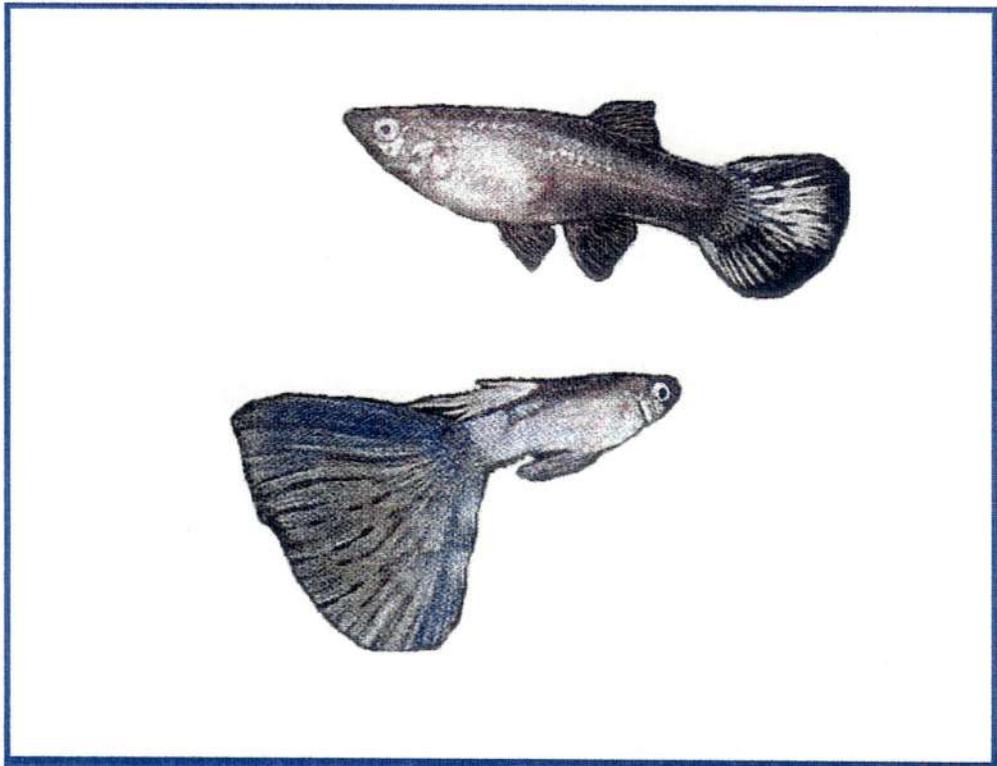
As macrófitas emersas são importantes na cadeia de detritos dissolvidos ou particulados e para a cadeia de herbivoria. As macrófitas possuem importante papel na ciclagem de nutrientes. Segundo GODFREY *et al.* (1985, *in*: ESTEVES, 1988) existe a possibilidade de se empregar macrófitas aquáticas como meio de reduzir a concentração de compostos orgânicos, metais pesados, fosfatos e compostos nitrogenados, assim como o crescimento de bactérias patogênicas de efluentes sanitários e industriais.

Analisando-se as considerações feitas por GODFREY *et al* (*op. cit.*) observa-se a necessidade de estudos sobre esta real possibilidade e o destino que seria dado à biomassa de macrófitas.



(Fonte: STRIXINO, 1973).

FIGURA A: Aspecto geral da larva de *Chironomus sp* (75x)



(Fonte: STORER et. all., 1991).

FIGURA B1: Uma das espécies mais abundantes de peixes no Rio Monjolinho: *Poecilia sp* (Guarú)

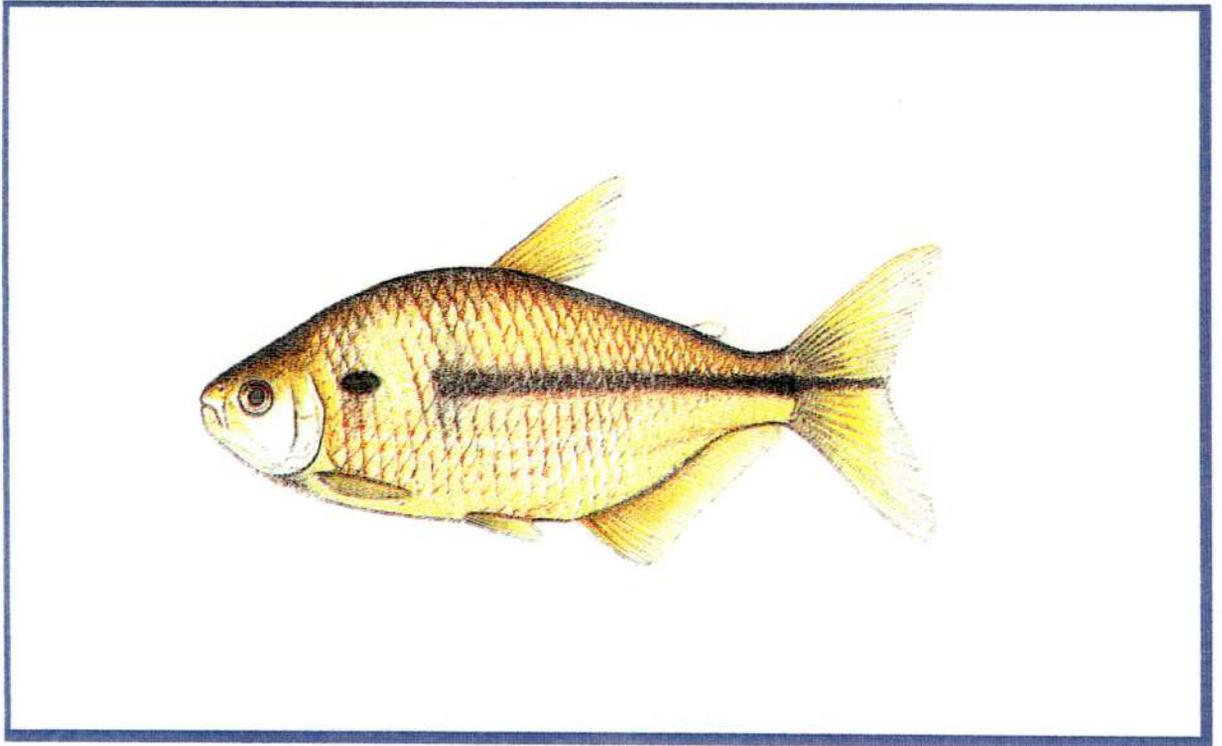


FIGURA B2: Uma das espécies mais abundantes de peixes no Rio Monjolinho: *Astyanax scabripinis* (Lambari).

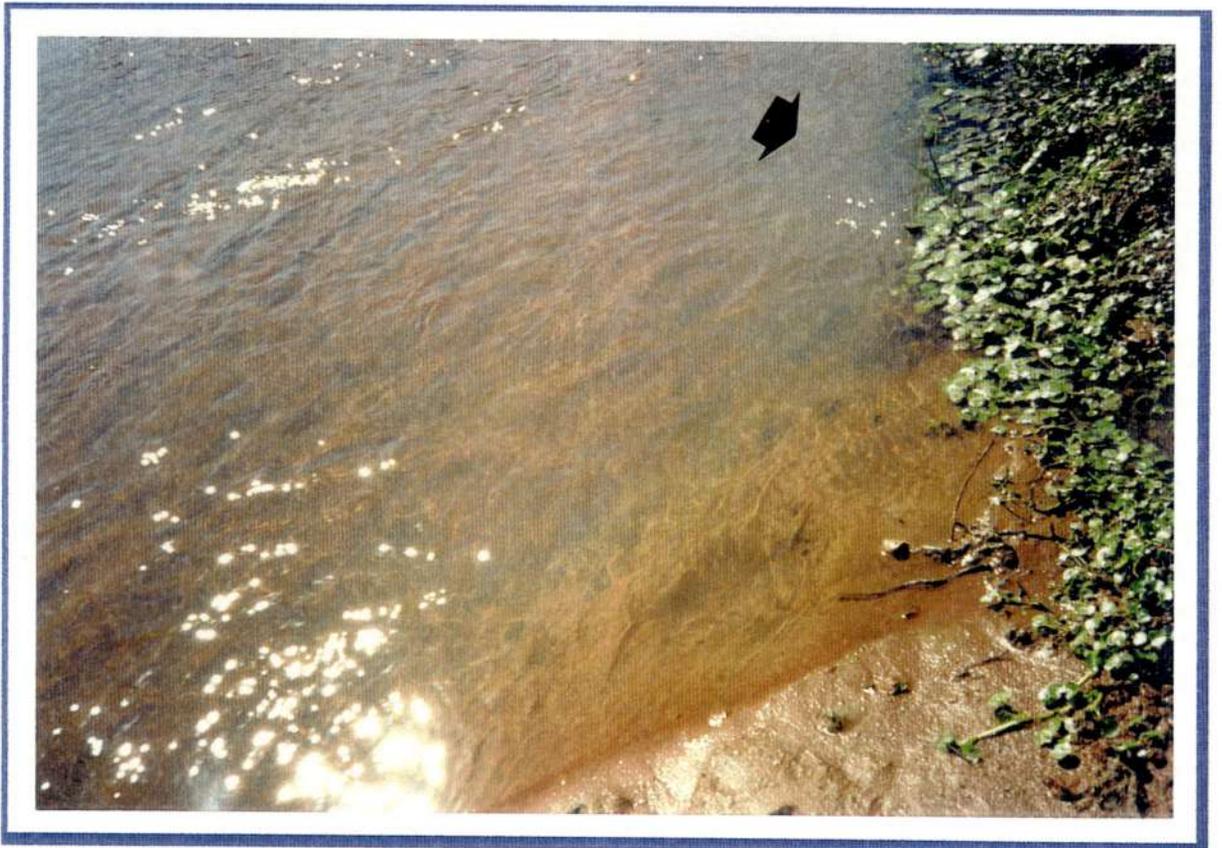


FIGURA C: Aspecto geral do banco de macrófita *Heteranthera reniformis*.

7 - CONCLUSÕES

Segundo a classificação CONAMA 20/86 somente a água da nascente (ponto 1) enquadra-se na classe 1, exceto para os resultados obtidos para sulfeto e zinco, necessitando tratamento simplificado para uso como água de abastecimento doméstico.

Exceto para a nascente (ponto 1), os demais pontos de amostragem tiveram na DBO a variável determinante na classificação do rio, quando somente as variáveis físicas e químicas foram consideradas. Contudo, ao se considerar os metais analisados, estes passaram a ser determinantes nesta classificação, até mesmo para a nascente.

A qualidade da água decaiu ao longo do curso pela ocupação urbana, principalmente a industrial, segundo a Resolução CONAMA 20/86. O rio Monjolinho enquadra-se na classe 1 somente na nascente (exceto para sulfetos); no 2º ponto de amostragem (área urbana) sua classe cai para 3 (exceto para sulfetos); a partir do 3º ponto, a classificação muda para 4, independente do período de coleta e permanece até o 4º ponto de amostragem, também ainda dentro da área urbana. No 5º e 6º pontos de coleta (área urbana) a classe das águas do rio é 3 no período de seca, (exceto para sulfetos) e 4 no período de chuva. Do 7º ao 9º ponto de amostragem, o rio permanece na classe 4 independente do período de coleta.

Os sulfetos e a demanda bioquímica de oxigênio do rio Monjolinho, foram as principais variáveis responsáveis pelo declínio na qualidade de suas águas, devido às influências antrópicas e às suas próprias características naturais, apresentando variações no tempo e no espaço.

As concentrações de oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nas águas do rio Monjolinho, demonstram claramente a depleção e recuperação dos níveis de oxigênio, onde podem ser observados as zonas de degradação, de decomposição ativa e de recuperação (FIGURA 7.1).

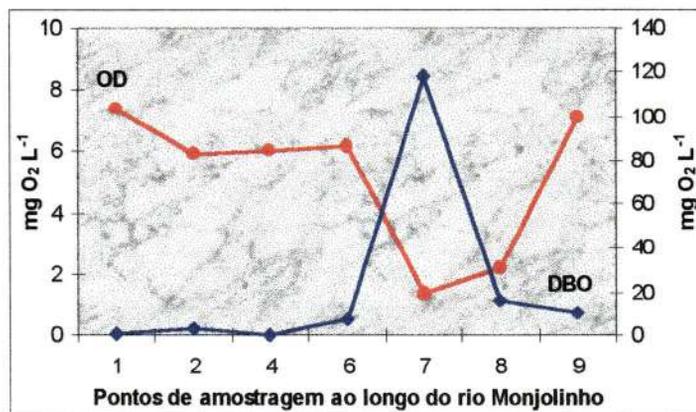


FIGURA 7.1: Concentração de OD e DBO ao longo do rio Monjolinho

O lançamento de esgoto sanitário "in natura" no ponto 7 tornou crítica a qualidade das águas do rio Monjolinho neste ponto, fato evidenciado pela diminuição da concentração de OD e elevação significativa do valor da DBO.

As concentrações de oxigênio dissolvido, DBO e série de nitrogênio nas águas do rio Monjolinho, mostram alta capacidade de autodepuração deste corpo d'água.

No período de chuvas, se observa o declínio na qualidade das águas do rio Monjolinho, para a maioria das variáveis estudadas.

A análise granulométrica do sedimento permite a sua classificação como tipicamente arenoso, com percentagens de fração grosseira acima de 90%, para quase todos os pontos de amostragem, com exceção do ponto 6 e 7 no período de seca, basicamente por uma diminuição da velocidade e a ausência de precipitação pluviométrica.

O teor de matéria orgânica no sedimento do rio é considerado baixo quando comparado a outros resultados obtidos em outras bacias da região; entretanto, não foram observadas alterações significativas em relação a outros estudos realizados anteriormente.

Com relação aos metais, as concentrações de zinco, chumbo, cádmio, níquel e ferro desempenharam papel fundamental no declínio da qualidade das águas, influenciando significativamente na classificação das águas do rio Monjolinho.

Os metais estudados na água apresentaram-se basicamente na forma suspensa, provavelmente por estarem associados a partículas suspensas de origem orgânica e inorgânica, microrganismos e sedimento.

A concentração de metais na água, tanto na forma dissolvida, quanto suspensa, foi sempre menor que nos outros compartimentos estudados; entretanto, esses valores influenciaram na qualidade das águas do rio segundo a Resolução CONAMA 20/86.

A concentração dos metais totais no sedimento foi alta tanto no período de chuva, quanto no período de seca, com poucas exceções.

As concentrações de metais disponíveis foram possivelmente função das concentrações encontradas para os metais totais, ocorrendo sempre concomitantemente, aumentando ou diminuindo em função da concentração do metal total.

Neste estudo às macrófitas demonstraram ser um excelente indicador de contaminação ambiental por metais pesados, quando comparadas com outros compartimentos, como no caso a água e os peixes, tanto no período de seca, quanto no período de chuva ou transição.

A comunidade nectônica apresentou concentrações altas de metais, principalmente ferro, zinco e manganês, em todos os períodos de estudo. O consumo humano destes peixes ao longo do tempo poderia, talvez, provocar conseqüências inesperadas principalmente pela presença dos metais cromo, cobre, níquel, chumbo e cádmio detectados nos espécimes analisados, pois tratam-se de metais cumulativos.

O zinco foi detectado na comunidade bentônica em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas na estação seca. Provavelmente a sua presença esteja associada aos resíduos de queimadas de cana-de-açúcar que ocorrem em grande intensidade neste período.

Os organismos bentônicos apresentaram estreita relação com o sedimento, estando sujeitos às ações e concentrações de metais detectados neste compartimento.

Neste estudo, desenvolvido no rio Monjolinho, observou-se para as concentrações dos vários metais estudados o seguinte comportamento:

♣ no período de seca:

água < sedimento disponível < peixe < macrófita < sedimento total < perifiton < bentos

♣ no período de chuva ou somando-se todos os períodos:

água < sedimento disponível < peixe < sedimento total < perifiton < macrófita < bentos

♣ no período de transição:

água < peixe < sedimento disponível < sedimento total < macrófita < perifiton < bentos

Quando se avalia os resultados obtidos para o cromo nos diversos compartimentos estudados em um experimento em microcosmo, constante na dissertação de mestrado (BARRETTO,

1994), observou-se o seguinte comportamento: **biomassa nanoplanctônica < biomassa microplanctônica < água < sedimento**. Correlacionando com os resultados obtidos para o cromo, neste estudo, observa-se o seguinte comportamento: **peixe < macrófita < água < perifiton < bentos < sedimento disponível < sedimento total**, logo pode se concluir que as maiores concentrações deste metal encontram-se no sedimento.

A riqueza de espécies em relação aos organismos bentônicos é pequena no rio Monjolinho.

Concentrações altas de matéria orgânica favoreceram o aparecimento e propiciaram o aumento da biomassa de espécies tolerantes a esta situação, como é o caso de Chironomidae (*Chironomus*) e Oligochaeta.

A identificação das famílias Baetidae e Gomphidae, respectivamente pertencentes a Ephemeroptera e Odonata, na nascente, indicam que estas águas apresentam boa qualidade de oxigenação.

Foram encontradas sete (7) espécies de peixes ao longo do período de estudo, sendo todas espécies consideradas tolerantes a baixas concentrações de OD, destacando-se numericamente os taxa *Poecilia* e *Astyanax scabripinnis*.

A macrófita *Heteranthera reniformis* demonstrou ser um excelente indicador de contaminação ambiental por metais pesados, quando comparada à comunidade nectônica e ao compartimento água.

8 - RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos e dificuldades encontradas recomenda-se:

Estudos de metais em compartimentos aquáticos em ambientes lóticos "in loco", precisam ser intensificados no Brasil, pois sabe-se que estes são cumulativos, aumentando assim a gravidade do problema, e a necessidade da busca de soluções para lançamento de efluentes e disposição de resíduos sólidos;

criação de uma área de preservação da nascente, com fiscalização permanente, com o intuito de garantir a manutenção da qualidade das águas neste ponto para uso como água para abastecimento público;

identificação e quantificação dos organismos perifíticos, para que se complete o inventário das comunidades no rio Monjolinho;

realização de medidas do potencial redox do sedimento, com a finalidade de verificar com propriedade as condições de oxi-redução;

quantificação dos organismos das comunidades bentônica e nectônica para o cálculo de índice de diversidade;

criação de faixa de preservação nas margens do rio, a qual poderia ser utilizada para recreação e lazer e a proibição da retirada da mata marginal das margens do rio evitando assim a erosão e o assoreamento do canal de escoamento;

proibição de lançamentos de efluentes industriais e esgoto sanitário sem tratamento nas águas do rio Monjolinho e seus afluentes, favorecendo o processo de recuperação deste ecossistema;

a proibição do lançamento de resíduos sólidos nas margens e nas águas do rio;

criação de um grupo de estudos interdisciplinar para a recuperação deste manancial, que poderia ser utilizado para recreação;

desenvolvimento de um índice geoquímico para ambientes lóticos, utilizando-se o teor de metais no sedimento e a granulometria, propiciando uma melhor classificação destes;

realização de um estudo nos pontos de amostragem deste trabalho, em perfis do sedimento, para datação baseada na atividade do ^{210}Pb em excesso, visando avaliar a extensão e intensidade do impacto antrópico, o qual depende do conhecimento da taxa de acumulação de sedimentos e conseqüentemente do poluentes industriais e domésticos neles fixados;

evitar a dragagem do sedimento do rio Monjolinho, pois este procedimento disponibilizaria os metais estudados para a biota, provocando sério risco às comunidades, e

fornecer subsídios para o desenvolvimento de um modelo simplificado de impacto de poluentes que poderá ser aplicado ao rio do Monjolinho (visto que este recebe influências antrópicas variadas), podendo também funcionar como um modelo para estudos em outras bacias, com alto grau de urbanização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION WATER AND WASTEWATER, (1995). 19ª ed.
- AYERS, R. S., WESTCOT, D. W., tradução de GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. (1991). **A qualidade da água na agricultura.** Estudos da FAO: Irrigação e drenagem, Campina Grande, v.29, 218p.
- AGUIAR, R. L. (1988). **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - SP.** São Carlos. 119p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BARRETTO, A. DOS S. (1994). **Assimilação de cromo trivalente nas biomassas nanoplantônicas e microplantônicas e sua quantificação no sedimento e sobrenadante: experimento em microcosmo.** São Carlos. 181p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BARRETTO, A. DOS S., POVINELLI, J., CALIJURI, M.C. (1996). Assimilação de cromo trivalente pelo plancton e a sua quantificação no sedimento e sobrenadante: experimento em microcosmo. In: **XXV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, México, 1996. Anais.

- BARRETTO, A. DOS S., NOUR, E.A.A., POVINELLI, J., ROCHA, O. (1997). A importância do monitoramento das variáveis físicas, químicas, meteorológicas e biológicas em estudos da mobilidade de metais em ecossistemas aquáticos. In: **Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale**, Itália, 1997. Anais.
- BARBOSA, R. M. (1996). **Absorção e translocação de cromo em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), rabanete (*Raphanus sativus*) e rúcula (*Eruca sativa*) cultivados em vermicomposto de resíduos de curtume**. São Carlos. 179p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BECK, J.N.; RAMELOW, G.J.; THOMPSON, R.S.; MUELLER, C.S.; WEBRE, C.L.; YOUNG, J.C.; LANGLEY, M.P. (1990). Heavy metal content of sediments in the Calcasieu river/lake complex, Louisiana. **Hidrobiologia (Neth)**, v.192, p.149-165.
- BECKER, E.W. Limitations of heavy metal removal from waste water by means of algae. (1983). **Water Res**, v.17, p.459-466.
- BIDONE, F.R.A. (1995). **Vermicompostagem dos resíduos sólidos de curtume, brutos e previamente lixiviados utilizando composto de lixo orgânico como substrato**. São Carlos. 184p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. (1979). **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB.
- BRANCO, S.M. (1986). **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3ª ed. São Paulo, CETESB, ASCETESB.

- BUIKEMA, Jr.A.L.; NEIDERLEHNER, B.R.; CAIRNS, Jr.J. (1982). Biological monitoring. Part IV - toxicity testing. **Water Res.**, v.16, p.239-262.
- CAMARGO, O.A. de, MONIZ, A.C., JORGE, J.A., VALADARES, J.M.A.S. (1996). Métodos de análises química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. **Boletim Técnico**, n.106, 94p, Outubro.
- CAMPOS, J.R., CARNEIRO-BRANCO, P.T.A. (1981). Caracterização de sedimentos de fundo de rios. In: **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1981. Anais.
- CAIRNS Jr, J. DICKSON, K.L. (1971). A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organism. **J.WPCF**, p.755-772, Maio.
- CETESB (1987). **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. 3ª ed., São Paulo, 150p.
- CONNELL, D.W.; MILLER, G.J. (1984). **Chemistry and ecotoxicology of pollution**. John Wiley & sons, 444p.
- CROSSEY, M.; LA POINT, T. (1988). A comparison of Periphyton community structural and functional responses to heavy metals. **Hydrobiologia (Den)**, v.162, p.109-121.
- CROWDER, A.; DUSHENKO, W.T.; GREIG, T.; POLAND, J.S. (1989). Metal contamination in sediments and biota of the Bay of Quinte, Lake Ontario, Canada. **Hydrobiologia**, v.188/189, p.337-343.
- DAHAB, O.A.; KHALIL, A.N.; HAL, M.Y. (1990). Chromium fluxes through Mex Bay inshore waters. **Mar. Pollut. Bull. (G.B.)**, v.21, n.2, p.68-73.

- DAMACENO, A.G., GOMES, A., LIMA, W.M. (1971). **Estudo da qualidade da água do córrego do Monjolinho.** São Carlos. Trabalho de Formatura - EESC, Universidade de São Paulo.
- DUZZIN, B., PAVOLI, B. DANNAZZOLO, R. (1988). Macroinvertebrate communities and sediments as pollution indicators for heavy metals in the river Adige (Italy). **Water Research**, v.21, n.2, p.1353-1363.
- ENK, M.D.; MATHIS, B.J. (1977). Distribution of cadmium and lead in stream ecosystem. **Hydrobiologia**, v.52, p.153-158.
- ESTEVES, F.A.; FERREIRA, J.R.; PASSENDO, L.C.R.; MORTATTI, J. (1981). Análises preliminares sobre o teor e a distribuição de metais em sedimentos de represas do Estado de São Paulo. In: **2º Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, p.323-346, 1981. Anais.
- ESTEVES, F.A. (1988). **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro, Interciência.
- FILIP, D.S.; PETERS, T.; ADAMS, V.D.; MIDDLEBROOKS, E.J. (1979). Residual heavy metal removal by an algae-intermittent sand filtration system. **Water Research**, v.13, p.305-313.
- FLORENCE, T.M.; BATLEY, G.E. (1980). **Chemical speciation in natural waters.** Czechoslovakia, Department of Nuclear Chem. Tech. University of Prague.
- FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. (1983). **Metal pollution in the aquatic environment.** 2ª ed., Berlin, Springer-Verlag.
- FULLER, C.C.; DAVIS, J.A.; CAIN, D.J.; LAMOTHE, P.J.; FRIES, T.L.; FERNANDEZ, G.; VARGAS, J.A.; MURILLO, M.M. (1990). Distribution and transport of sediment-bound metal contaminants in the Rio Grande De Tarcoles, Costa Rica (Central America). **Water Res. (G.B.)**, v.24, n.7, p.805-812.

- GHERARD-GOLDSTEIN, E.; BERTOTETTI, E.; ZAGATTO, P.A.; ARAÚJO, R.P.A.; RAMOS, M.L.L.C. (1990). **Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos.** São Paulo, CETESB.
- GUERESCHI, R.M. (1995). **Monitoramento biológico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho pelo uso de invertebrados bentônicos.** São Carlos. 97p. Universidade Federal de São Carlos. Relatório.
- GONÇALVES, A.R.L. (1986). **Geologia ambiental da área de São Carlos/ São Paulo.** São Paulo. 138p. Tese (doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo
- GODINHO-ORLANDI, M.J.L., BARBIERI, S.M. (1983). Observação de macrorganismos perifíticos (bactérias, protozoários e algas) na região marginal de um ecossistema aquático. In: **3º Seminário Regional de Ecologia, São Carlos, p.407-436, 1983. Anais.**
- HALL, J.C.; RAIDER, R.L.; GRAFTON, J.A. (1992). EPA's heavy metals criteria. **Water Environment & Technology, p.60-63, Março.**
- ISON, B.G. (1989). Biomonitoring. **J. Water Pollut. Control Fed., v.61, n.6, p.1117-1121.**
- JARDIM, W.F. (1994). **Variação sazonal da capacidade de complexação dos íons Cu^{2+} e Cd^{2+} no Rio Atibaia.** Campinas. 16p. Inst. de Química, Universidade de Campinas. Relatório.
- KUHN, R.; PATTARD, M.; PERNAK, K.D.; WINTER, A. (1989). Results of the harmful effects of water pollutants to *Daphnia magna* in the 21 day reproduction test. **Water Res. (G.B.), v.23, n.4, p.501-510.**

- LA POINT, T.W.; MELANCON, S.M.; MORRIS, M.K. (1984). Relationships among observed metal concentrations, criteria, and benthic community structural responses in 15 streams. **J. Water Pollut. Control Fed.**, v.56, n.9, p.1030-1038.
- LEME, F.P. (1984). **Engenharia do Saneamento Ambiental**. 2ª ed., Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos S.A.
- LYNGBY, J.F.; BRIX, H. (1989). Heavy metals in eelgrass (*Zoostera marina* L.) during growth and decomposition. **Hydrobiologia (Neth)**, v.176/177, p.189-196.
- MANUAL PARA SERVIÇOS DE HIDROMETRIA, Ministério das Minas e Energia, **DNAEE**, 1977.
- MATOS, I.DA S. (1987). **Aplicação de um modelo de balanço hídrico na bacia do rio Jacaré-Guaçú**. São Carlos. 189p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MATTHEWS, P.A.; BUIKEMA, Jr., A.L., CAIRNS, Jr., J. (1982). Biological monitoring. Part. IIA - Receiving system functional methods, relationships and indices. **Water Res. (G.B.)**, v.16, p.129-139.
- MATTOS, A. (1982). **Método de previsão de estiagens em rio perenes usando poucos dados de vazão e longas séries de precipitação**. São Carlos. 182p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- MENDES, A.J.S. (1998). **Avaliação dos impactos sobre a comunidade macrozoobentônica no Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP.)**. São Carlos. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- MERIAN, E. (1994). Metal & Aquatic - Contamination Workshop. *Environ. Sci. Technol.*, v. 28, n.3, p. 144-146a.
- METCALF & EDDY (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse*. McGraw-Hill, Inc.
- MOORE, J.W.; RAMAMOORTHY, S. (1984). *Heavy metals in nature waters. Applied monitoring and impact assessment*. Berlin, Springer-Verlag.
- MORRIS, R.J.; LAW, R.J.; ALLCHIN, C.R.; KELLY, C.A.; FILEMAN, C.F. (1989). Metals and organochlorines in dolphins and porpoises of Cardigan Bay, West Wales. *Marine Pollution Bulletin (G.B.)*, v.20, n.10, p.512-523.
- MOSS, D.; FURSE, M.T.; WRIHT, J.F.; ARMITAGE, P.D. (1987). The prediction of the macro-invertebrate fauna of unpolluted running water sites in Great Britain using environmental data. *Freshwater biology*, v.17, p. 41-52.
- NOGUEIRA, M.G. (1990). *Dinâmica de populações planctônicas e fatores físico-químicos de um sistema artificial raso*. São Carlos. 244p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PAES, J.E.S. (1996). *Distribuição horizontal e vertical de Fe, Mn, Zn, Pb e Ni no sistema Rio Alcântara - Rio Guaxindiba, Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim, Baía de Guanabara (RJ)*. Rio de Janeiro. 197p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PESSOA, C.A. & JORDÃO, E.P. (1982). *Tratamento de esgotos domésticos - volume 1 - Concepções clássicas de tratamento de esgotos*. Rio de Janeiro. ABES.
- PIVELI, R. P. & MORITA, D. M. (1996). *Caracterização de águas residuárias: Metais pesados*. 10p. Apostila.

- POVINELLI, J. (1972). **Contribuição ao estudo da "constante" de desoxigenação da equação de Demanda Química de Oxigênio.** São Carlos. Tese (Doutorado) - EESC, Universidade de São Paulo.
- POVINELLI, J. (1981). A influência da toxidez provocada por metais pesados sobre a DBO. In: **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Fortaleza. Anais.
- RAJAMANI, S.; GUPTA, S.N.; MITRA, R.B.; SCAAPMAN, J.E.; PECKMANS, H.H.A. (1993). Chrome recovery and reuse in India. **Water Environment & Technology**, p.60-63, Janeiro.
- RESOLUÇÃO nº 20 do CONAMA: Legislação Federal Brasileira, 1986.
- RIOS, L. (1993). **Estudo limnológico e fatores ecológicos em ribeirões e córregos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão (Estado de São Paulo).** São Carlos. 146p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ROBERTO, S., ABREU, R.M. (1991). Utilidade dos indicadores de qualidade das águas. **Ambiente**, v.5, n.1.
- SALAMI, L.N.B.P. (1996). **Estudo das influências climáticas e antropogênicas nas características físico-químicas no rio Monjolinho.** São Carlos. 132p. Dissertação (Mestrado) - EESC, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, H.F. (1988). **Caracterização limnológica de uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (Lagoa do Mato), com base nos teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo.** Relatório, 18p. São Carlos/SP.

- SANTOS, M.J. DOS (1993). **Estudo Limnológico dos Córregos da Água Fria e da Água Quente.** São Carlos. 291p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SÉ, J.A.S. (1992). **O Rio do Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos.** São Carlos. 392p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SOUZA, M.A.A. (1975). **"Sobre as influências no coeficiente de desoxigenação.** São Carlos. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SMILE, R.H.; LOUIT, M.W. (1982). Removal of metal from sewage in an oxidation pond system. **New Zeland Journal of Science**, v.25, p.371-376.
- STORER, I.T.; USINGER, R.L.; STEBBIINS, R.C.; NYBAKKEN, J.W. (1991). **Zoologia Geral.** São Paulo, Editora Nacional.
- STRIXINO, S.T. (1973). **A largura da cabeça na determinação das fase larvais de Chironomidae na represa do Lobo.** São Carlos. 167p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- STRIXINO, G., STRIXINO, S.T. (1982). Macrobentos da represa do Monjolinho (São Carlos - São Paulo). **Revista Brasileira de Biologia**, v.42, p.165-170.
- TALBOT, V. (1983). Lead and other trace metal in the sediments and selected biota of Princess Royal Harbour, Abany, Western Australian. **Environmental Pollution**, v.5, p.35-49.

- TEIXEIRA, D. (1993) **Caracterização limnológica dos sistemas lóticos e variação temporal e espacial de invertebrados bentônicos na Bacia do Ribeirão do Feijão (São Carlos/SP).** São Carlos. 193p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- TOLENTINO, M. (1987). **Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos.** São Carlos. 78p. Concurso de Monografias Municipais.
- VALE, C. (1989). **A importância dos sedimentos no ciclo de poluentes metálicos no meio aquático.** *Boletim SPQ*, v.38, p.49-52.
- WASTRAS, C.J.; MacFARLANE, J.; MOREL, F.M.M. (1985). **Nickel accumulation by *Scenedesmus* and *Daphnia*: food-chain transport and geochemical implications.** *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, v.42, p.724-730.
- WHITTON, B.A.; KELLY, M.G.; HARDING, J.P.C.; SAY, P.J. (1991). **Use of plants to monitor heavy metals in freshwaters: Methods for the examination of Waters and associated materials.** London: HMSO, United Kingdom, 43p.
- WHITTON, B.A. (1975). **River Ecology.** London, Blackwell Scientific Publications, p.81-169
- YEVTUSHENKO, N.Y.; BREN, N.V.; SYTNIK, Y.M. (1990). **Heavy metal contents in invertebrates of the Danube River.** *Water Sci. Technol. (G.B.)*, v.22, v.5, p.119-125.
- ZIOLI, R. L.; BARRETTO, A. DOS S.; JARDIM, W. F. (1995). **Estudo preliminar da composição da água da chuva na região de Campinas/SP. Anais da 18ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química e 7º Encontro Brasileiro de Fotoquímica e Fotobiologia.** Caxambu/MG.

ANEXO 1

TABELA 5.5: Pontos de coleta de amostras, compartimento estudado e as variáveis com as respectivas metodologias empregadas.

Variáveis	Pontos de Coleta	Compartimento	Metodologia Empregada (a)
Temperatura	1 ao 9	ar e água	----
Precipitação pluviométrica	períodos de seca, chuva e transição	----	Medição com pluviômetro (Manual DNAEE)
Vazão	1 ao 9	água	Medição direta com Molinete (Manual DNAEE)
pH	1 ao 9	água	Potenciométrico
Alcalinidade Total	1 ao 9	água	Titulação potenciométrica
Profundidade	1 ao 9	água	Medição direta
Oxigênio dissolvido	1 ao 9	água	Winkler modificado
Condutividade elétrica	1 ao 9	água	Condutivímetro
Turbidez	1 ao 9	água	Turbidímetro
Transparência	1 ao 9	água	Disco de Secchi
DQO	1 ao 9	água	Colorimétrico
DBO	1 ao 9	água	Winkler Modificado
Sulfeto	1 ao 9	água	Iodométrico
Sólidos Sedimentáveis	1 ao 9	água	Gravimétrico
Sólidos Totais, Fixos e Voláteis	1 ao 9	água	Gravimétrico
Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis	1 ao 9	água	Gravimétrico
Teor. de matéria orgânica	1 ao 9	sedimento	Gravimétrico (GUERESCHI, 1995)
Granulometria	1 ao 9	sedimento	Gravimétrico (GUERESCHI, 1995)

(a): análises realizadas segundo metodologias contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995), exceto quando especificado o autor do qual foi extraída.

TABELA 5.5: Pontos de coleta de amostras, compartimento estudado e as variáveis com as respectivas metodologias empregadas (continuação).

Variáveis	Pontos de Coleta	Compartimento	Metodologia Empregada (a)
Nitrogênio Amônia	1 ao 9	água	Titulométrico
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	1 ao 9	água e sedimento	Titulométrico
Nitrito	1 ao 9	água	Colorimétrico
Nitrato	1 ao 9	água	Colorimétrico
Fosfato Total	1 ao 9	água	Colorimétrico
Fosfato Total dissolvido	1 ao 9	água	Colorimétrico
Fosfato dissolvido inorgânico	1 ao 9	água	Colorimétrico
Metais totais	1 ao 9	água, sedimento e comunidades	Absorção atômica
Metais dissolvidos	1 ao 9	água	Absorção atômica
Metais suspensos	1 ao 9	água	Absorção atômica
Metais disponíveis	1 ao 9	sedimento	Absorção atômica

(a): análises realizadas segundo metodologias contidas no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1995), exceto quando especificado o autor do qual foi extraída.

TABELA 6.8.1 - Padrão de qualidade ambiental das águas segundo a Resolução CONAMA 20/86

VARIÁVEIS	Unidades	classe especial	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
pH	-	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
OD*	mg O ₂ L ⁻¹	-	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 2
DBO	mg O ₂ L ⁻¹	-	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
FB ₅	UNT	-	≤ 40	≤ 100	≤ 100	-
PPI	mg P L ⁻¹	-	0,025	0,025	0,025	-
NFA	mg N L ⁻¹	-	10	10	10	-
NFO	mg N L ⁻¹	-	1,0	1,0	1,0	-
STD	mg L ⁻¹	-	500	500	500	-
SUL	mg S L ⁻¹	-	0,002	0,002	0,3	-
METAIS						
Al	mg Al L ⁻¹	-	0,1	0,1	0,1	-
Cd	mg Cd L ⁻¹	-	0,001	0,001	0,01	-
Pb	mg Pb L ⁻¹	-	0,03	0,03	0,05	-
Cu	mg Cu L ⁻¹	-	0,2	0,2	0,5	-
Fe sol.	mg Fe L ⁻¹	-	0,3	0,3	5,0	-
Cr	mg Cr L ⁻¹	-	-	-	-	-
Mn	mg Mn L ⁻¹	-	0,1	0,1	0,5	-
Ni	mg Ni L ⁻¹	-	0,025	0,025	0,025	-
Zn	mg Zn L ⁻¹	-	0,18	0,18	5,0	-

TABELA 6.9 1 - Análise quantitativa da comunidade bentônica:

COMUNIDADE BENTÔNICA	Pontos de amostragem							
	1	2	3	4	5	6	7	9
Gênero: <i>Chironomus</i> sp	P	A	A	P	A	P	A	A
Gênero: <i>Polypedilum</i> sp	P	-	-	R	-	-	-	P
Gênero: <i>Chrytochironomus</i> sp	R	P	-	-	R	-	-	-
Gênero: <i>Cladopelma</i> sp	P	-	-	R	-	-	-	-
Gênero: <i>Chironomus</i> pupa	R	P	P	P	A	A	A	-
Gênero: <i>Ninborcera</i> sp	R	-	-	-	-	R	-	-
Gênero: <i>Tanytarsus</i> sp	R	R	-	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Rheotanytarsus</i> sp	-	-	-	-	-	-	-	A
Gênero: <i>Nematocera</i> sp	-	-	-	R	R	R	-	-
Gênero: <i>Nanocladius</i> sp	P	-	-	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Cricotopus</i> sp	P	-	R	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Thienemaniella</i> sp	R	R	-	-	-	-	-	P
Gênero: <i>Larsia</i> sp	R	P	P	P	R	R	-	-
Gênero: <i>Procladius</i> sp	R	-	-	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Alotanypus</i> sp	R	-	-	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Tanypus</i> sp	P	P	-	-	R	-	-	-
Família: Tabanidae	P	R	-	R	R	R	R	-
Gênero: <i>Culex</i>	-	P	P	P	P	P	R	R
Família: Dixidae	-	-	R	-	-	R	-	-
Gênero: <i>Clogua</i> sp	-	-	-	R	R	R	A	P
Família: Psychodidae (pupa)	-	P	R	-	P	P	P	-
Coleoptera (Larva)	-	R	P	P	P	P	R	-
Família: Baetidae	P	R	R	-	-	-	-	-
Gênero: <i>Aphylla</i> sp	R	R	R	-	-	-	-	-
Classe: Oligochaeta	P	A	A	A	A	A	A	A
Família: Glossiphoniidae	-	-	R	R	R	R	-	P
Família: Shaeridae	P	-	-	-	-	-	-	-
Phylum: Nematoda	-	P	R	P	P	P	R	P

OBS.: R: raro (1 a 25 organismos)
P: pouco (26 a 99 organismos)
A: abundante (≥ 100 organismos)

TABELA 6.9.1a - Análise quantitativa da comunidade nectônica:

COMUNIDADE NECTÔNICA	Pontos de Amostragem				
	1	2	3	5	9
GÊNERO: <i>Hoplias sp</i>	A	A	P	A	-
GÊNERO: <i>Pimelodus sp</i>	R	P	P	P	A
GÊNERO: <i>Poecilia sp</i>	A	A	A	P	R
ESPECIE: <i>Hipostomus tietensis</i>	R	A	P	-	A
ESPECIE: <i>Geophagus brasiliensis</i>	P	A	A	-	R
ESPECIE: <i>Corydoras nattereri</i>	R	P	P	-	A
Especie: <i>Astyanax scabripinis</i>	A	A	A	P	R
GÊNERO: <i>Poecilia reticulata</i>	A	P	A	P	-

OBS.: R: raro (1 a 5 organismos)
P: pouco (6 a 14 e organismos)
A: abundante (≥ 15 organismos)

TABELA 1: Variação da temperatura da água nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Temperatura da água (°C)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	23,0	20,0	13,0	20,0	22,0	22,5	22,0		
2	28,0	22,0	19,0	19,0	22,0	25,0	22,5		
3	28,5	22,0	20,0	22,0	23,5	24,5	23,0		
4	26,0	23,0	20,0	18,0	21,0	23,0	22,0		
5	26,0	22,0	22,0	18,5	21,0	23,0	21,0		
6	25,0	23,0	21,5	19,0	21,0	24,0	21,0		
7	25,5	25,0	23,0	18,0	20,0	22,0	22,0		
8	25,0	25,0	22,5	15,0	19,0	27,0	21,0		
9	22,5	24,0	21,0	19,0	22,0	25,0	23,0		

TABELA 2: Concentração de oxigênio dissolvido dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Oxigênio dissolvido (mg O ₂ L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	6,8	7,2	(7,4)	8,2	7,8	6,8	7,5		
2	5,7	5,8	5,9	7,1	6,1	5,8	5,6		
3	6,3	6,8	4,6	5,8	6,1	7,3	7,2		
4	6,3	6,4	6,0	7,3	6,5	6,6	6,2		
5	5,1	6,8	6,2	4,3	4,8	5,1	5,0		
6	5,8	6,4	6,2	6,8	6,0	6,2	6,2		
7	4,3	3,8	(1,4)	4,7	2,4	6,0	4,4		
8	2,4	5,8	2,2	3,1	2,9	2,7	3,9		
9	6,8	6,6	7,1	7,5	6,5	5,4	6,9		

TABELA 3: Variação do potencial hidrogeniônico (pH) dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Potencial hidrogeniônico (pH)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1	7,1	7,1	7,1	6,4	6,6	7,9	7,6
2	7,4	7,0	6,8	6,5	5,5	7,7	7,1
3	7,8	7,9	7,3	7,3	6,8	8,1	7,7
4	8,7	7,4	7,0	6,8	5,6	8,2	7,4
5	7,4	7,4	7,2	6,7	6,2	7,5	7,2
6	7,6	7,4	7,2	7,0	7,1	8,0	7,9
7	7,6	7,0	6,9	6,4	6,2	7,9	7,2
8	7,3	7,3	7,0	7,4	6,0	6,9	7,0
9	7,2	7,4	7,4	6,7	7,4	7,3	7,6

TABELA 4: Alcalinidade total nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Alcalinidade total (mg CaCO ₃ L ⁻¹)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1	16,8	15,0	13,2	9,0	24,4	15,6	11,4
2	24,6	27,0	19,6	17,1	17,6	19,9	22,7
3	158,9	101,0	82,6	106,1	97,7	107,2	93,7
4	54,3	29,0	54,0	25,2	25,8	25,6	31,2
5	56,6	53,0	49,3	56,0	59,4	51,1	48,3
6	42,0	38,0	33,3	31,1	37,2	28,4	32,7
7	59,9	65,0	78,4	44,2	59,9	25,6	62,5
8	54,3	43,0	53,8	49,3	49,0	49,7	54,0
9	40,9	47,0	46,5	51,5	56,3	48,3	46,9

TABELA 5: Condutividade elétrica nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta	8ª coleta	9ª coleta
1	32,6	27,2	24,7	24,8	33,5	35,4	28,5	33,5	35,4
2	59,8	61,8	50,0	49,0	62,9	55,3	52,1	62,9	55,3
3	372,5	296,7	260,7	304,2	228,1	285,2	25,0	228,1	285,2
4	121,7	91,2	93,6	71,6	85,9	64,0	8,6	85,9	64,0
5	178,0	148,9	141,7	147,5	157,0	146,0	12,8	157,0	146,0
6	137,7	94,8	97,3	82,0	98,7	80,2	9,2	98,7	80,2
7	197,3	192,1	264,5	135,2	167,8	91,3	18,7	167,8	91,3
8	140,4	115,8	150,5	130,4	146,0	152,1	14,0	146,0	152,1
9	112,3	107,3	140,4	140,4	140,4	132,7	13,5	140,4	132,7

TABELA 6: Demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Demanda bioquímica de oxigênio - DBO ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta	8ª coleta	9ª coleta
1	1	1	1	2	1	2	1	1	2
2	1	4	3	7	9	7	6	9	7
3	7	2	7	12	7	8	5	7	8
4	7	5	--	13	11	9	3	11	9
5	24	5	9	7	6	7	15	6	7
6	7	5	7	9	8	10	3	8	10
7	66	61	118	83	63	87	42	63	87
8	35	9	16	33	25	53	11	25	53
9	9	7	10	27	20	34	7	20	34

TABELA 7: Demanda química de oxigênio nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Demanda química de oxigênio - DQO (mg O ₂ L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	nd	20	9	nd	5	nd	4		
2	22	20	14	1	14	4	14		
3	4	22	20	12	25	nd	1		
4	nd	17	20	14	20	nd	6		
5	14	14	17	nd	30	4	14		
6	6	25	43	6	75	6	1		
7	107	126	221	73	91	30	118		
8	126	46	49	41	94	44	36		
9	20	38	33	36	55	41	22		

obs: nd - não detectável

TABELA 8: Valores de transparência da água nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Transparência da água (m)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,15	0,18	0,15	0,10	0,12	0,15	0,24		
2	0,40	0,50	0,53	0,58	0,53	0,58	0,82		
3	0,30	0,30	0,33	0,30	0,28	0,22	0,82		
4	0,40	0,35	0,66	0,40	0,36	0,70	0,81		
5	0,50	0,24	0,20	0,38	0,32	0,90	0,40		
6	0,15	0,41	0,47	0,45	0,38	0,66	0,15		
7	0,40	0,15	0,10	0,30	0,35	0,10	0,40		
8	0,30	0,30	0,30	0,50	0,40	0,13	0,30		
9	0,10	0,50	0,45	0,40	0,50	0,12	0,30		

TABELA 9: Variação da turbidez da água nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Turbidez da água (NTU)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	16	31	17	11	9	10	24		
2	39	23	10	10	29	45	21		
3	35	4	7	7	5	4	7		
4	34	18	13	9	8	35	15		
5	13	6	10	5	6	44	78		
6	32	22	10	8	9	35	24		
7	41	61	60	19	30	49	267		
8	55	46	25	23	30	63	60		
9	62	36	21	21	24	71	56		

TABELA 10: Concentração de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos sedimentáveis - S.Sed. (mL L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2		
2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0		
3	3,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0		
4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,2	0,0	0,3		
5	0,0	0,0	0,6	0,4	0,0	0,0	0,2		
6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1		
7	0,1	0,7	1,1	0,5	0,1	0,5	1,3		
8	0,5	0,1	1,4	0,5	0,6	0,9	1,0		
9	0,5	0,1	0,3	0,5	0,0	1,0	0,5		

TABELA 11: Concentração de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos suspensos totais - SST (mg L ⁻¹)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1	9	2	4	2	4	8	28
2	25	2	5	14	5	17	13
3	79	1	3	12	17	1	4
4	33	2	23	10	8	17	12
5	11	1	20	14	5	6	35
6	22	2	6	7	10	10	18
7	53	6	30	33	41	39	270
8	122	4	30	41	37	93	88
9	66	3	30	33	22	160	61

TABELA 12: Concentração de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos suspensos fixos - SSF (mg L ⁻¹)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1	6	1	2	1	2	6	24
2	19	1	2	9	2	12	9
3	63	1	1	4	12	1	3
4	25	2	10	5	3	13	7
5	4	1	7	5	3	5	19
6	15	1	2	1	6	7	14
7	17	2	30	8	20	27	217
8	90	3	10	18	16	68	71
9	56	2	20	24	14	131	51

TABELA 13: Concentração de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos suspensos voláteis - SSV (mg L ⁻¹)									
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta			
1	3	1	2	1	2	2	4			
2	6	1	3	5	3	5	4			
3	16	0	2	8	5	0	1			
4	8	0	13	5	5	4	5			
5	7	0	13	9	2	2	16			
6	7	1	4	7	4	3	4			
7	36	4	0	25	21	12	53			
8	32	1	20	23	21	25	17			
9	9	1	10	10	9	29	10			

TABELA 14: Concentração de sólidos totais nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos totais - ST (mg L ⁻¹)									
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta			
1	112	60	72	25	52	52	86			
2	57	113	123	18	76	48	94			
3	319	137	170	204	170	144	211			
4	119	70	115	500	90	56	90			
5	108	33	189	93	123	106	149			
6	127	43	16	83	102	70	105			
7	124	92	268	122	168	97	417			
8	221	18	158	135	157	199	183			
9	281	25	135	153	28	221	162			

TABELA 15: Concentração de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos totais fixos - STF (mg L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	19	0	36	0	31	3	56		
2	0	33	23	0	0	2	30		
3	140	100	113	97	21	86	95		
4	72	28	0	24	28	13	58		
5	0	0	68	0	12	48	8		
6	80	37	12	0	0	35	38		
7	9	0	15	56	12	52	250		
8	93	0	29	56	37	116	111		
9	154	0	80	25	0	94	9		

TABELA 16: Concentração de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sólidos totais voláteis - STV (mg L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	93	60	36	25	21	49	30		
2	0	80	100	18	76	46	64		
3	179	37	57	107	149	58	116		
4	47	42	115	476	62	43	32		
5	0	33	121	93	111	58	141		
6	47	6	4	83	102	35	67		
7	115	92	271	66	156	45	167		
8	128	18	129	79	120	83	72		
9	127	25	55	128	28	128	153		

TABELA 17: Concentração de sulfeto nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Sulfeto ($\text{mg S}^{2-} \text{L}^{-1}$)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	--	0,72	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	--	1,16	1,20	0,06	0,00	0,00	0,00		
3	--	1,12	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00		
4	--	0,56	0,75	0,14	0,00	0,00	0,00		
5	--	1,12	1,18	0,30	0,00	0,00	0,00		
6	--	1,20	1,26	0,70	0,00	0,00	0,00		
7	--	1,92	1,98	3,18	0,24	0,00	0,00		
8	--	1,12	1,18	3,42	0,00	0,02	0,00		
9	--	1,12	1,14	0,78	0,00	0,00	0,00		

TABELA 18: Concentração de fosfato total dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Fosfato total ($\text{mg PO}_4^{3-} \text{L}^{-1}$)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,13	0,12	0,04	0,04	0,22	0,07	0,13		
2	0,26	0,26	0,15	0,11	1,22	0,19	0,23		
3	0,71	0,11	0,99	1,62	0,82	0,23	0,20		
4	0,47	0,29	0,67	0,43	0,81	0,27	0,37		
5	0,55	0,30	1,01	0,88	1,33	0,37	0,46		
6	0,31	0,40	0,52	0,47	0,66	0,35	0,36		
7	3,09	2,27	6,17	2,19	2,32	0,59	1,38		
8	1,87	0,99	1,96	2,56	2,84	1,48	0,92		
9	1,20	0,40	1,06	1,34	1,66	1,74	0,75		

TABELA 19: Concentração de fosfato dissolvido inorgânico dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Fosfato dissolvido inorgânico (mg PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,01	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00		
2	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00		
3	0,02	0,03	0,61	0,02	0,14	0,01	0,00		
4	0,02	0,04	0,03	0,00	0,07	0,00	0,00		
5	0,01	0,09	0,28	0,08	0,21	0,01	0,05		
6	0,01	0,08	0,08	0,00	0,05	0,00	0,00		
7	0,42	1,06	1,99	0,07	0,03	0,00	0,08		
8	0,03	0,30	0,69	0,08	0,18	0,01	0,04		
9	0,03	0,12	0,30	0,07	0,11	0,00	0,00		

TABELA 20: Concentração de fosfato total dissolvido dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Fosfato total dissolvido (mg PO ₄ ³⁻ L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	--	0,12	0,02	0,03	0,00	0,00	0,03		
2	--	0,10	0,05	0,55	0,00	0,00	0,04		
3	--	0,09	0,08	0,67	0,16	0,02	0,08		
4	--	0,07	0,37	0,15	0,09	0,02	0,15		
5	--	0,15	0,35	0,39	0,24	0,04	0,32		
6	--	0,13	0,12	0,21	0,06	0,02	0,15		
7	--	1,56	2,24	0,88	0,09	0,01	0,61		
8	--	0,41	0,74	0,49	0,31	0,06	0,33		
9	--	0,15	0,30	0,32	0,15	0,04	0,16		

TABELA 21: Concentração de nitrogênio total (Kjeldhal) dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Nitrogênio total Kjeldhal - NTK (mg NH ₃ - N L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	1,8	4,4	4,0	1,2	1,7	4,5	4,7		
2	15,6	18,2	6,4	0,8	2,8	9,5	2,8		
3	13,8	20,7	8,7	8,7	9,5	8,4	6,6		
4	4,7	13,8	2,3	2,3	7,3	17,9	8,5		
5	5,6	16,3	2,3	5,2	12,9	14,0	5,7		
6	17,5	19,5	4,0	16,2	8,4	20,2	6,6		
7	21,9	25,7	13,3	9,2	9,0	14,0	13,6		
8	15,6	22,0	10,4	8,1	10,6	18,5	6,1		
9	8,7	20,7	2,3	5,8	7,3	20,7	7,1		

TABELA 22: Concentração de nitrogênio amoniacal dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Nitrogênio amoniacal (mg NH ₃ - N L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	1,40	1,09	0,29	0,29	0,84	0,56	1,53		
2	1,90	3,60	0,87	0,72	1,96	1,54	1,76		
3	5,80	2,51	2,88	3,75	2,24	1,26	1,65		
4	4,20	2,03	1,15	1,15	2,52	4,06	2,35		
5	3,40	3,13	1,59	1,59	2,24	1,82	2,00		
6	1,50	3,92	0,58	1,88	1,96	1,68	2,12		
7	5,30	4,39	6,92	2,60	2,94	2,10	5,88		
8	4,10	5,95	4,47	1,88	7,42	4,62	2,94		
9	3,00	5,17	2,02	1,59	5,74	3,08	1,88		

TABELA 22a: Concentração de nitrogênio orgânico dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Nitrogênio Orgânico (mg L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,40	3,31	3,71	0,91	0,86	3,94	3,17		
2	13,70	14,60	5,53	0,08	0,84	7,96	1,04		
3	8,00	18,19	5,82	4,95	7,26	7,14	4,95		
4	0,50	11,50	1,15	1,15	4,78	13,84	6,15		
5	2,20	17,17	0,71	3,61	10,66	12,18	3,70		
6	16,00	15,58	3,42	14,32	6,44	18,52	4,48		
7	16,60	21,31	6,38	6,60	6,06	11,90	7,72		
8	11,50	16,05	5,93	6,22	3,18	13,88	3,16		
9	5,70	15,53	0,28	7,39	1,56	17,62	5,22		

TABELA 23: Concentração de nitrato nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Nitrato (mg NO ₃ -N L ⁻¹)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	1,36	0,00	1,33	0,92	1,11	0,71	1,54		
2	1,97	0,01	0,74	0,55	0,52	1,00	1,33		
3	4,46	0,22	3,88	1,91	3,11	4,02	5,51		
4	2,08	0,04	1,96	1,13	1,29	1,42	2,40		
5	4,90	0,13	2,78	2,98	1,95	3,23	3,47		
6	1,86	0,06	1,67	1,45	1,17	1,25	2,38		
7	1,80	0,02	2,88	0,80	1,50	1,19	2,08		
8	1,17	0,06	1,20	0,84	1,19	1,28	1,10		
9	2,02	0,10	1,16	1,00	1,08	1,33	1,22		

TABELA 24: Concentração de nitrito nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Nitrito (mg NO-2 L-1)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,01	0,83	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01		
2	0,01	0,79	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01		
3	0,15	4,57	0,21	0,01	0,34	0,07	0,05		
4	0,03	1,19	0,08	0,06	0,05	0,01	0,04		
5	0,08	3,85	0,03	0,16	0,29	0,10	0,07		
6	0,01	1,76	0,05	0,08	0,10	0,02	0,07		
7	0,10	1,85	0,02	0,89	0,31	0,03	0,05		
8	0,01	1,23	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05		
9	0,03	1,15	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07		

TABELA 25: Variação da temperatura do ar nos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Temperatura do ar (°C)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	26,0	21,0	18,0	25,0	27,0	29,0	25,5		
2	29,5	28,0	21,0	21,0	27,0	29,0	27,0		
3	29,5	28,0	21,0	21,0	27,0	29,0	26,5		
4	28,0	30,0	22,0	19,5	27,0	22,0	25,5		
5	28,0	32,0	22,0	21,0	27,0	23,0	22,5		
6	26,5	30,0	25,0	22,0	27,0	23,0	20,0		
7	25,5	30,0	27,0	15,5	21,0	20,0	20,0		
8	24,5	31,0	28,0	9,0	20,0	32,0	18,5		
9	23,5	35,0	33,0	28,5	28,0	31,0	26,5		

TABELA 26: Variação da precipitação pluviométrica média durante o período de amostragem

Período	Precipitação pluviométrica média (mm)						
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª
seca			68,0	28,3	0,0		
transição						203,8	
chuva	208,0	70,4					347,6

TABELA 26a: Variação da precipitação pluviométrica média no período de dezembro de 1996 a fevereiro de 1998

Período	Precipitação pluviométrica média (mm)							
	Jan / Feb	Mar / Abr	Mai / Jun	Jul / Ago	Set / Out	Nov / Dez	/ 208	
1996								
1997	280,4 / 112,2	70,4 / 117,5	68,0 / 168,0	28,3 / 0	65,6 / 119,2	203,8 / 153,7		
1998	186,2 / 347,6							

TABELA 27: Variação da vazão média dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Vazão média (m³ s⁻¹)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1	--	0,03	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04
2	--	0,98	0,41	0,49	0,31	0,83	0,74
3	--	0,07	0,06	0,04	0,31	0,05	0,06
4	--	1,15	0,60	0,69	0,41	1,04	0,84
5	--	0,23	0,17	0,18	0,11	0,30	0,22
6	--	1,64	0,80	0,87	0,62	1,15	1,05
7	--	1,94	1,14	1,23	0,83	1,39	1,91
8	--	3,37	2,12	1,90	1,92	2,29	2,59
9	--	5,29	4,70	4,70	3,20	7,00	5,20

TABELA 28: Variação da profundidade média dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Profundidade média (m)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1	0,15	0,18	0,15	0,10	0,12	0,15	0,24		
2	0,45	0,82	0,53	0,58	0,53	0,58	0,82		
3	0,30	0,30	0,33	0,30	0,28	0,22	0,82		
4	0,65	0,73	0,68	0,40	0,38	0,70	0,81		
5	0,50	0,24	0,20	0,38	0,32	0,90	0,55		
6	0,15	0,41	0,47	0,45	0,38	0,66	0,64		
7	1,50	1,50	1,65	1,60	1,42	0,66	0,77		
8	0,80	0,74	0,58	0,50	0,84	0,60	0,80		
9	0,85	1,10	1,17	1,17	1,15	1,30	1,20		

TABELA 29: Variação do teor de matéria orgânica no sedimento dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Teor de matéria orgânica (%)								
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta		
1 (5cm)	5,21	0,42	0,21	0,58	7,65	3,24	2,62		
1 (10cm)	4,31	1,83	0,90	1,92	3,66	4,01	2,65		
1 (15cm)	--	0,62	1,82	2,25	1,16	3,69	0,78		
2	1,62	1,68	1,12	4,61	1,29	1,44	0,95		
3	0,74	0,80	0,55	1,34	3,79	1,79	1,17		
4	--	1,55	0,62	1,29	2,86	0,97	0,91		
5	--	3,55	1,61	1,99	1,50	1,23	3,24		
6	--	4,34	0,89	1,66	18,78	0,43	1,05		
7	86,79	9,32	5,98	6,49	6,84	0,86	0,55		
8	0,36	0,39	0,66	0,26	0,26	0,12	0,57		
9 (5cm)	1,81	0,95	1,67	2,04	1,54	1,43	1,39		
9 (10cm)	1,29	2,47	1,64	1,86	0,71	1,91	0,81		
9 (15cm)	1,08	1,77	0,55	2,93	1,20	2,64	1,03		

TABELA 30: Variação do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) do sedimento dos pontos de amostragem

Ponto de amostragem	Teor de nitrogênio total Kjeldhal - NTK (%)						
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta	5ª coleta	6ª coleta	7ª coleta
1 (5cm)	0,14	0,16	0,02	0,01	0,15	0,09	0,03
1 (10cm)	0,04	0,30	0,03	0,03	0,06	0,10	0,05
1 (15cm)	--	0,16	0,04	0,03	0,03	0,15	0,02
2	0,04	0,10	0,02	0,06	0,03	0,04	0,01
3	0,01	0,22	0,03	0,03	0,02	0,15	0,01
4	--	0,22	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
5	--	0,33	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02
6	--	0,17	0,03	0,02	0,34	0,01	0,01
7	1,14	0,79	0,15	0,09	0,15	0,01	0,01
8	0,02	0,44	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
9 (5cm)	0,03	0,25	0,02	0,05	0,05	0,05	0,04
9 (10cm)	0,02	0,36	0,03	0,05	0,04	0,11	0,02
9 (15cm)	0,02	0,32	0,03	0,07	0,01	0,07	0,02

TABELA 31: Granulometria do sedimento correspondente à 1ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Sifte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,88	12,16	35,98	38,57	4,65	7,76	
1 (10cm)	0,83	5,61	20,10	49,98	10,71	12,77	
1 (15cm)	--	--	--	--	--	--	
2	4,28	28,05	55,84	7,93	0,79	3,11	
3	8,83	28,95	47,28	12,76	0,43	1,75	
4	--	--	--	--	--	--	
5	--	--	--	--	--	--	
6	--	--	--	--	--	--	
7	--	--	--	--	--	--	
8	0,06	4,65	59,38	33,52	0,68	1,71	
9 (5cm)	0,00	0,07	6,14	84,54	5,08	4,17	
9 (10cm)	0,00	0,06	5,99	84,47	5,94	3,54	
9 (15cm)	0,00	0,03	2,69	81,13	10,27	5,88	

TABELA 32: Granulometria do sedimento correspondente à 2ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,88	4,88	21,57	62,60	3,78		6,31
1 (10cm)	0,31	2,59	12,52	68,00	8,38		10,20
1 (15cm)	0,82	12,29	40,63	37,59	1,98		6,69
2	8,94	30,48	39,86	12,72	1,02		6,98
3	0,10	1,09	23,48	65,88	3,19		6,26
4	1,41	9,14	47,68	32,70	2,29		6,78
5	28,69	36,64	12,85	6,00	1,95		13,87
6	4,97	19,56	37,62	23,00	5,47		9,38
7	0,05	0,99	13,19	45,09	15,82		24,86
8	0,94	9,88	31,67	47,84	2,83		6,84
9 (5cm)	0,00	0,32	14,23	72,99	5,90		6,56
9 (10cm)	0,00	0,06	8,93	67,36	10,62		13,03
9 (15cm)	0,00	0,11	7,61	79,08	5,88		7,32

TABELA 33: Granulometria do sedimento correspondente à 3ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,42	4,55	23,52	62,50	2,12		6,89
1 (10cm)	0,98	7,66	25,30	53,87	2,55		9,64
1 (15cm)	1,03	6,51	24,24	50,94	3,30		13,98
2	12,09	42,55	31,50	7,04	0,72		6,10
3	0,73	19,73	52,14	20,22	0,51		6,67
4	0,87	5,16	39,39	23,64	25,19		5,75
5	12,02	52,74	28,51	2,15	0,50		4,08
6	6,80	59,49	27,06	1,18	0,16		5,31
7	0,00	1,37	15,29	45,44	8,06		29,84
8	6,14	23,89	52,72	9,44	0,22		7,59
9 (5cm)	0,00	0,23	7,69	72,62	6,84		12,62
9 (10cm)	0,00	0,15	6,69	72,30	6,91		13,95
9 (15cm)	0,00	0,94	8,51	80,57	4,74		5,24

TABELA 34: Granulometria do sedimento correspondente à 4ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	1,42	10,30	28,67	48,52	3,60	7,49	
1 (10cm)	2,22	11,84	28,26	42,29	3,42	11,97	
1 (15cm)	0,13	8,83	24,92	48,92	7,77	9,43	
2	5,82	27,50	30,73	17,27	4,31	14,37	
3	0,16	11,50	51,80	28,59	1,79	6,16	
4	16,73	23,40	36,25	17,48	0,51	5,63	
5	44,63	32,70	12,19	3,53	0,49	6,46	
6	23,38	34,88	26,56	7,67	0,41	7,10	
7	0,00	1,78	15,67	43,56	13,98	25,01	
8	0,39	3,35	27,25	60,95	1,56	6,50	
9 (5cm)	0,00	0,28	6,99	69,35	7,65	15,73	
9 (10cm)	0,00	0,23	7,57	73,56	5,35	13,29	
9 (15cm)	0,00	0,08	1,68	55,93	10,58	31,73	

TABELA 35: Granulometria do sedimento correspondente à 5ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,64	5,86	17,24	52,93	7,10	16,23	
1 (10cm)	0,52	5,99	21,89	60,50	5,12	5,98	
1 (15cm)	0,47	5,91	22,61	59,28	4,94	6,79	
2	4,77	42,57	41,40	7,55	1,50	2,21	
3	1,00	10,79	49,68	35,23	1,87	1,43	
4	5,08	28,52	43,65	18,52	1,84	2,39	
5	2,90	34,60	45,14	13,46	1,41	2,49	
6	0,74	8,70	11,12	8,58	21,96	48,90	
7	0,32	3,31	12,01	34,48	10,98	38,90	
8	2,97	23,97	48,85	23,72	0,26	0,23	
9 (5cm)	0,03	0,17	2,00	77,62	11,54	8,64	
9 (10cm)	0,00	0,08	1,95	87,78	7,57	2,62	
9 (15cm)	0,20	2,09	12,21	72,63	10,50	2,37	

TABELA 36: Granulometria do sedimento correspondente à 6ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,63	4,59	16,78	59,54	9,18	9,28	
1 (10cm)	0,21	4,69	15,61	52,91	13,77	12,81	
1 (15cm)	0,99	9,82	23,71	50,25	7,88	7,35	
2	6,31	47,48	28,76	12,40	2,48	2,57	
3	14,68	26,74	37,46	16,40	2,67	2,05	
4	0,89	8,80	43,70	41,73	3,54	1,34	
5	3,07	30,82	42,98	18,97	2,47	1,69	
6	19,33	38,02	37,55	4,92	0,17	0,01	
7	7,45	40,50	40,88	9,96	0,74	0,47	
8	0,22	7,00	67,77	24,68	0,28	0,05	
9 (5cm)	0,03	0,19	3,13	84,92	7,92	3,81	
9 (10cm)	0,03	0,46	7,56	77,45	9,22	5,28	
9 (15cm)	0,01	0,93	8,17	76,59	8,68	5,62	

TABELA 37: Granulometria do sedimento correspondente à 7ª coleta

Ponto de amostragem	Fração granulométrica (%)						Silte + Argila
	1,000 mm	0,500 mm	0,250 mm	0,105 mm	0,053 mm		
1 (5cm)	0,06	0,92	7,51	77,78	8,78	4,95	
1 (10cm)	0,32	2,85	12,66	69,63	9,44	5,10	
1 (15cm)	1,01	4,57	19,45	68,39	4,80	1,78	
2	7,35	23,65	44,34	22,21	1,84	0,61	
3	1,89	20,65	52,48	22,62	1,67	0,69	
4	0,01	1,85	42,24	53,24	2,16	0,50	
5	10,68	45,06	35,77	6,15	1,43	0,89	
6	2,66	24,88	54,02	16,57	1,35	0,52	
7	0,86	14,42	54,37	28,38	1,50	0,47	
8	5,51	29,65	46,52	17,18	0,84	0,30	
9 (5cm)	0,02	0,62	8,31	74,92	13,02	3,11	
9 (10cm)	0,08	1,04	14,46	77,74	5,69	0,99	
9 (15cm)	0,05	0,59	10,97	80,78	6,14	1,47	

TABELA 38: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	
2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,12	0,27	0,00	0,00	
3	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,03	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	
5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,56	0,02	0,00	0,03	
6	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	
7	0,03	0,00	0,00	0,00	0,68	0,02	0,00	0,03	
8	0,04	0,00	0,00	0,00	0,42	0,12	0,00	0,00	
9	0,03	0,00	0,00	0,00	0,49	0,04	0,00	0,02	

TABELA 39: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	
2	0,06	0,00	0,00	0,00	0,24	0,05	0,00	0,00	
3	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	
4	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	
6	0,03	0,00	0,00	0,00	0,11	0,04	0,00	0,00	
7	0,03	0,00	0,00	0,00	0,22	0,06	0,00	0,00	
8	0,01	0,00	0,00	0,00	0,27	0,06	0,00	0,00	
9	0,01	0,00	0,00	0,00	0,27	0,09	0,00	0,00	

TABELA 40: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 3ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00		
2	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00		
3	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00		
4	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00		
5	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00		
6	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,04	0,03	0,00		
7	0,05	0,00	0,00	0,00	0,46	0,05	0,04	0,00		
8	0,04	0,00	0,00	0,00	0,40	0,08	0,00	0,00		
9	0,02	0,00	0,00	0,00	0,52	0,10	0,00	0,00		

TABELA 41: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00		
3	0,07	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00		
4	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00		
5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,27	0,09	0,00	0,00		
6	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00		
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00		
8	0,05	0,00	0,00	0,00	0,60	0,07	0,00	0,00		
9	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00		

TABELA 42: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,02	
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,02	
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,00	0,03	
4	0,04	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	
5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,20	0,03	0,00	0,00	0,04	
6	0,01	0,00	0,00	0,00	0,14	0,01	0,00	0,00	0,03	
7	0,10	0,00	0,00	0,00	0,67	0,05	0,00	0,00	0,05	
8	0,05	0,00	0,00	0,00	0,88	0,03	0,00	0,00	0,05	
9	0,01	0,00	0,00	0,00	0,89	0,06	0,00	0,00	0,05	

TABELA 43: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20	0,01	0,00	0,00		
2	0,08	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00		
3	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,10	0,00	0,00		
4	0,14	0,00	0,00	0,00	0,34	0,12	0,00	0,00		
5	0,06	0,00	0,00	0,00	0,28	0,02	0,00	0,00		
6	0,01	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00		
7	0,08	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00		
8	0,10	0,00	0,00	0,00	0,28	0,01	0,00	0,00		
9	0,02	0,00	0,00	0,00	0,60	0,02	0,00	0,00		

TABELA 44: Concentração de metais dissolvidos na água ao longo dos pontos do rio 7ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al	
1	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	
2	0,02	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,02	
3	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,02	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,03	
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,03	
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,04	
8	0,03	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,04	
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,00	0,00	0,00	0,04	

TABELA 45: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,30	0,00	0,00	0,00	2,99	0,00	0,00	0,00		
2	0,17	0,00	0,00	0,00	3,24	0,01	0,00	0,00		
3	0,37	0,27	0,02	0,11	1,98	0,00	0,00	0,00		
4	0,45	0,31	0,02	0,07	5,22	0,01	0,00	0,00		
5	0,39	0,24	0,01	0,09	1,29	0,00	0,00	0,00		
6	0,32	0,21	0,01	0,10	6,28	0,00	0,00	0,09		
7	0,36	0,20	0,01	0,11	3,74	0,01	0,02	0,00		
8	0,39	0,32	0,00	0,15	9,99	0,10	0,02	0,00		
9	0,36	0,13	0,00	0,07	29,99	0,23	0,04	0,00		

TABELA 46: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,07	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	
2	0,12	0,00	0,00	0,00	4,70	0,02	0,00	0,00	
3	0,08	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	
4	0,08	0,00	0,00	0,00	3,15	0,01	0,00	0,00	
5	0,07	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	
6	0,08	0,00	0,00	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	
7	0,14	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	
8	0,10	0,00	0,00	0,00	4,20	0,01	0,00	0,00	
9	0,11	0,00	0,00	0,00	4,60	0,03	0,00	0,00	

TABELA 47: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 3ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,07	0,00	0,00	0,00	2,05	0,01	0,00	0,00	
2	0,06	0,00	0,00	0,00	2,62	0,01	0,02	0,00	
3	0,09	0,00	0,00	0,00	1,14	0,01	0,02	0,00	
4	0,06	0,00	0,00	0,00	1,81	0,01	0,02	0,00	
5	0,08	0,00	0,00	0,00	1,50	0,01	0,02	0,00	
6	0,05	0,00	0,00	0,00	1,40	0,00	0,02	0,00	
7	0,18	0,00	0,00	0,00	3,62	0,02	0,04	0,00	
8	0,08	0,00	0,00	0,00	3,18	0,02	0,03	0,00	
9	0,09	0,00	0,00	0,00	4,66	0,06	0,03	0,00	

TABELA 48: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,31	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,05	0,00		
2	0,63	0,00	0,00	0,00	5,15	0,01	0,06	0,00		
3	1,85	0,21	0,01	0,14	40,00	0,64	0,16	0,00		
4	0,11	0,00	0,00	0,00	5,40	0,03	0,03	0,00		
5	0,14	0,00	0,00	0,00	4,00	0,03	0,02	0,00		
6	0,13	0,00	0,00	0,00	4,30	0,01	0,00	0,00		
7	0,20	0,00	0,00	0,00	5,75	0,05	0,05	0,00		
8	0,24	0,00	0,00	0,00	13,00	0,08	0,03	0,00		
9	1,28	0,00	0,01	0,09	8,05	0,08	0,05	0,00		

TABELA 49: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al	
1	0,10	0,00	0,00	0,00	2,34	0,00	0,00	0,00	0,02	
2	0,16	0,00	0,00	0,00	5,80	0,00	0,00	0,00	0,03	
3	0,23	0,00	0,00	0,00	7,00	0,01	0,00	0,00	0,05	
4	0,19	0,00	0,00	0,00	4,80	0,01	0,00	0,00	0,03	
5	0,19	0,00	0,00	0,00	3,35	0,00	0,00	0,00	0,05	
6	0,14	0,00	0,00	0,00	6,30	0,00	0,00	0,00	0,04	
7	0,37	0,00	0,00	0,00	7,56	0,00	0,03	0,00	0,06	
8	0,34	0,00	0,00	0,00	7,06	0,01	0,03	0,00	0,05	
9	0,27	0,00	0,00	0,00	7,60	0,02	0,02	0,00	0,05	

TABELA 50: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,23	0,00	0,00	0,00	2,25	0,02	0,03	0,00	
2	0,26	0,00	0,00	0,00	5,90	0,04	0,05	0,00	
3	0,17	0,00	0,00	0,00	1,60	0,01	0,01	0,00	
4	0,25	0,00	0,00	0,00	4,00	0,03	0,02	0,00	
5	0,21	0,00	0,00	0,00	5,10	0,03	0,03	0,00	
6	0,32	0,00	0,00	0,00	5,56	0,05	0,01	0,00	
7	0,42	0,00	0,00	0,00	11,00	0,04	0,02	0,00	
8	0,34	0,00	0,00	0,00	13,00	0,14	0,03	0,00	
9	0,29	0,00	0,00	0,00	40,00	0,26	0,04	0,00	

TABELA 51: Concentração de metais suspensos na água ao longo dos pontos do rio 7ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al
1	0,34	0,00	0,00	0,00	5,15	0,04	0,00	0,04	0,02
2	0,65	0,00	0,00	0,00	4,54	0,06	0,00	0,01	0,04
3	0,40	0,00	0,00	0,00	2,26	0,02	0,00	0,00	0,05
4	0,34	0,00	0,00	0,00	4,30	0,07	0,00	0,00	0,03
5	0,39	0,00	0,00	0,00	6,50	0,08	0,03	0,04	0,05
6	0,25	0,00	0,00	0,00	4,40	0,06	0,00	0,00	0,05
7	0,39	0,00	0,00	0,00	51,00	0,14	0,08	0,04	0,06
8	0,30	0,00	0,00	0,00	15,00	0,24	0,02	0,00	0,04
9	0,35	0,00	0,00	0,00	20,00	0,20	0,03	0,00	0,04

TABELA 52: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 1ª coleta *maio*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,36	0,00	0,00	0,00	3,02	0,03	0,00	0,00		
2	0,20	0,00	0,00	0,00	3,36	0,28	0,00	0,00		
3	0,38	0,27	0,02	0,11	1,98	0,05	0,00	0,03		
4	0,45	0,31	0,02	0,07	5,23	0,03	0,00	0,00		
5	0,45	0,24	0,01	0,09	1,85	0,02	0,00	0,03		
6	0,35	0,21	0,01	0,10	6,32	0,02	0,00	0,09		
7	0,39	0,20	0,01	0,11	4,42	0,03	0,02	0,03		
8	0,43	0,32	0,00	0,15	10,41	0,22	0,02	0,00		
9	0,39	0,13	0,00	0,07	30,48	0,27	0,04	0,02		

TABELA 53: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 2ª coleta *junho*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,07	0,00	0,00	0,00	2,01	0,02	0,00	0,00		
2	0,18	0,00	0,00	0,00	4,94	0,07	0,00	0,00		
3	0,12	0,00	0,00	0,00	0,75	0,03	0,00	0,00		
4	0,10	0,00	0,00	0,00	3,18	0,05	0,00	0,00		
5	0,07	0,00	0,00	0,00	1,23	0,03	0,00	0,00		
6	0,11	0,00	0,00	0,00	2,71	0,04	0,00	0,00		
7	0,17	0,00	0,00	0,00	2,72	0,06	0,00	0,00		
8	0,11	0,00	0,00	0,00	4,47	0,07	0,00	0,00		
9	0,12	0,00	0,00	0,00	4,87	0,12	0,00	0,00		

TABELA 54: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 3ª coleta *Agosto*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,09 x	0,00	0,00	0,00	2,15	0,01	0,00	0,00		
2	0,12	0,00	0,00	0,00	2,65	0,03	0,02	0,00		
3	0,12	0,00	0,00	0,00	1,19	0,04	0,02	0,00		
4	0,09	0,00	0,00	0,00	1,81	0,05	0,02	0,00		
5	0,12	0,00	0,00	0,00	1,50	0,06	0,02	0,00		
6	0,07	0,00	0,00	0,00	1,47	0,04	0,05	0,00		
7	0,23	0,00	0,00	0,00	4,08	0,07	0,08	0,00		
8	0,12 x	0,00	0,00	0,00	3,58	0,10	0,03 x	0,00		
9	0,11 x	0,00	0,00	0,00	5,20	0,16	0,03 x	0,00		

TABELA 55: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 4ª coleta *maio*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,31	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,05	0,00		
2	0,63	0,00	0,00	0,00	5,22	0,02	0,06	0,00		
3	1,92	0,21	0,01	0,14	40,05	0,69	0,16	0,00		
4	0,13	0,00	0,00	0,00	5,48	0,04	0,03	0,00		
5	0,20	0,00	0,00	0,00	4,27	0,12	0,02	0,00		
6	0,14	0,00	0,00	0,00	4,37	0,02	0,00	0,00		
7	0,20	0,00	0,00	0,00	5,77	0,06	0,05	0,00		
8	0,29	0,00	0,00	0,00	13,60	0,15	0,03	0,00		
9	1,33	0,00	0,01	0,09	8,05	0,15	0,05	0,00		

TABELA 56: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 5ª coleta *duz*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al	
1	0,10	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,04	
2	0,16	0,00	0,00	0,00	5,84	0,00	0,00	0,00	0,05	
3	0,23	0,00	0,00	0,00	7,03	0,03	0,00	0,00	0,08	
4	0,23	0,00	0,00	0,00	4,93	0,01	0,00	0,00	0,05	
5	0,25	0,00	0,00	0,00	3,55	0,03	0,00	0,00	0,09	
6	0,15	0,00	0,00	0,00	6,44	0,01	0,00	0,00	0,07	
7	0,47	0,00	0,00	0,00	8,23	0,05	0,03	0,00	0,11	
8	0,39	0,00	0,00	0,00	7,94	0,04	0,03	0,00	0,10	
9	0,28	0,00	0,00	0,00	8,49	0,08	0,02	0,00	0,10	

TABELA 57: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 6ª coleta *lew*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,28	0,00	0,00	0,00	2,45	0,03	0,03	0,00		
2	0,34	0,00	0,00	0,00	6,05	0,04	0,05	0,00		
3	0,19	0,00	0,00	0,00	1,63	0,02	0,01	0,00		
4	0,39	0,00	0,00	0,00	4,34	0,15	0,02	0,00		
5	0,27	0,00	0,00	0,00	5,38	0,05	0,03	0,00		
6	0,33	0,00	0,00	0,00	5,72	0,05	0,01	0,00		
7	0,50	0,00	0,00	0,00	11,15	0,04	0,02	0,00		
8	0,44	0,00	0,00	0,00	13,28	0,15	0,03	0,00		
9	0,31	0,00	0,00	0,00	40,60	0,28	0,04	0,00		

TABELA 58: Concentração de metais totais na água ao longo dos pontos do rio 7ª coleta *MARÇO*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg L ⁻¹)										
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	Al		
1	0,35 γ	0,00	0,00	0,00	5,15	0,04	0,00	0,04 \times	0,03		
2	0,67	0,00	0,00	0,00	4,69	0,06	0,00	0,01	0,04		
3	0,41	0,00	0,00	0,00	2,26	0,02	0,00	0,00	0,07		
4	0,34	0,00	0,00	0,00	4,43	0,07	0,00	0,00	0,05		
5	0,39	0,00	0,00	0,00	6,68	0,08	0,03	0,04	0,05		
6	0,25	0,00	0,00	0,00	4,55	0,06	0,00	0,00	0,08		
7	0,39	0,00	0,00	0,00	51,26	0,14	0,08	0,04	0,10		
8	0,33 \times	0,00	0,00	0,00	15,34	0,24	0,02 \times	0,00	0,08		
9	0,35 \times	0,00	0,00	0,00	20,61	0,20	0,03 \times	0,00	0,08		

TABELA 59: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1 (5cm)	1,30	0,00	0,00	0,00	720,40	24,50	1,40			
1 (10cm)	0,50	0,00	0,00	0,00	375,10	11,10	1,30			
1 (15cm)										
2	8,90	0,00	0,00	0,50	1.185,20	18,50	5,20	4,10		
3	7,70	0,00	0,00	0,00	530,70	15,20	3,50	1,30		
4										
5										
6										
7	27,60	0,00	0,00	0,00	1.188,30	11,10	6,50	3,70		
(8)	9,60	0,00	0,00	1,00	247,70	5,40	1,30	0,80		
(9) (5cm)	18,40	0,00	0,00	2,20	3.473,80	42,10	4,40	2,20		
9 (10cm)	17,50	0,00	0,00	0,00	2.052,10	37,70	4,40	2,10		
9 (15cm)	15,50	0,00	0,00	1,50	1.807,80	33,40	3,80	2,10		

TABELA 60: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1 (5cm)	0,30	0,00	0,00	0,00	139,10	5,80				
1 (10cm)	0,50	0,00	0,00	0,00	272,20	17,00				
1 (15cm)	0,50	0,00	0,00	0,00	249,20	10,00				
2	7,80	2,40	0,00	0,30	1.303,10	21,00	6,20	3,70		
3	7,30	2,40	0,00	0,00	582,40	7,30	3,40	0,90		
4	11,30	2,40	0,00	0,20	1.562,50	42,50	5,20	2,00		
5	31,10	6,70	0,00	0,70	2.206,40	64,00	13,60	2,00		
6	13,90	3,50	0,00	0,30	920,10	40,00	7,50	2,00		
7	108,50	17,90	0,20	3,90	4.344,40	70,10	23,00	9,00		
8	4,80	0,00	0,00	0,10	468,20	10,00	1,70	0,40		
9 (5cm)	10,00	2,90	1,00	0,70	1.148,20	28,30	3,10	1,10		
9 (10cm)	16,70	3,00	0,60	1,50	2.749,40	44,50	6,20	2,10		
9 (15cm)	12,70	2,10	0,00	1,20	1.635,70	35,30	4,30	1,40		

TABELA 61: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 3ª coleta Agosto

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	0,70	0,00	0,00	0,00	121,10	1,70	0,20	0,20	
1 (10cm)	0,50	0,00	0,00	0,00	337,90	6,60	0,60	0,30	
1 (15cm)	0,60	0,00	0,00	0,00	630,10	16,60	1,00	0,60	
2	6,40	1,70	0,00	0,00	1.696,10	10,90	4,40	2,60	
3	8,00	0,00	0,00	0,00	500,30	5,50	2,70	0,60	
4	7,60	2,10	0,00	0,00	915,70	14,80	4,00	1,60	
5	197,20	5,40	0,00	0,30	2.071,00	36,70	7,10	2,20	
6	6,90	1,90	0,00	0,00	1.159,50	10,60	20,30	1,20	
7	43,30	10,50	0,00	1,10	1.920,30	17,30	13,20	5,00	
8	9,40	0,80	0,00	1,70	1.173,70	18,00	3,40	1,10	
9 (5cm)	16,90	3,50	0,00	2,00	2.643,20	67,00	5,00	2,30	
9 (10cm)	21,60	5,20	0,00	2,40	3.120,30	99,00	6,20	3,00	
9 (15cm)	8,50	0,00	0,00	0,70	1.545,00	32,00	2,60	2,00	

TABELA 62: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	1,00	1,10	0,00	0,00	307,00	14,20	1,00	0,30	
1 (10cm)	3,90	1,10	0,00	0,00	1.127,00	17,00	2,00	1,00	
1 (15cm)	1,00	0,00	0,00	0,00	1.600,00	20,60	3,00	1,00	
2	19,00	0,00	0,00	0,20	3.361,00	50,10	13,00	0,30	
3	18,00	2,00	0,00	1,00	756,00	11,50	6,00	1,00	
4	13,00	3,00	0,00	1,00	1.890,00	36,00	7,00	3,00	
5	39,00	5,00	0,00	1,00	1.138,00	64,00	12,00	2,00	
6	17,00	2,00	0,00	1,00	4.024,00	23,60	9,00	2,00	
7	60,80	12,00	0,10	2,00	4.484,00	25,00	19,00	7,00	
8	6,00	0,00	0,00	1,00	927,00	10,00	2,00	1,00	
9 (5cm)	35,00	4,00	0,00	3,00	5.967,00	57,00	7,00	3,00	
9 (10cm)	31,70	3,00	0,00	3,00	4.487,00	59,00	8,00	2,00	
9 (15cm)	30,80	5,00	0,00	3,00	2.707,00	62,00	9,00	4,00	

TABELA 63: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	4,60	1,60	0,00	0,30	1.646,20	1,30	2,70	1,00	
1 (10cm)	2,00	0,70	0,00	0,10	1.366,30	9,00	1,30	0,60	
1 (15cm)	1,30	0,70	0,00	0,00	948,70	9,70	1,40	0,60	
2	6,80	1,70	0,00	0,40	3.096,00	8,80	3,80	3,10	
3	15,70	2,60	0,00	0,30	930,60	7,00	3,70	1,30	
4	17,10	3,20	0,00	0,60	2.760,00	22,10	8,30	3,10	
5	22,30	3,30	0,00	0,60	2.653,00	19,90	6,80	1,50	
6	139,90	13,10	0,40	3,40	18.678,10	107,20	34,00	18,50	
7	46,40	11,80	0,00	1,40	5.543,40	12,40	16,80	4,80	
8	10,60	0,30	0,00	0,70	727,30	6,10	1,70	0,90	
9 (5cm)	15,50	2,40	1,00	1,20	2.366,30	24,20	4,50	2,10	
9 (10cm)	10,00	1,20	0,00	0,80	1.603,00	17,30	2,60	1,30	
9 (15cm)	2,30	0,50	0,00	0,30	2.013,70	38,60	3,80	0,70	

TABELA 64: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	4,20	0,00	0,00	0,00	1.480,90	4,60	2,00	0,00	
1 (10cm)	5,20	0,20	0,00	0,00	2.197,90	8,00	2,60	0,00	
1 (15cm)	3,60	0,00	0,00	0,00	1.694,70	7,80	2,00	0,00	
2	18,60	2,70	0,00	0,60	5.208,90	18,70	6,90	5,30	
3	65,70	6,10	0,00	0,70	1.857,00	21,70	12,10	0,00	
4	15,40	2,50	0,00	0,00	1.770,00	49,90	6,90	1,10	
5	68,40	5,60	0,00	0,70	2.013,10	21,50	14,60	0,80	
6	14,50	1,00	0,00	0,00	1.960,90	10,50	18,20	0,00	
7	35,40	2,30	0,00	1,60	2.094,20	22,30	8,20	2,70	
8	11,10	0,00	0,00	0,70	324,80	2,90	1,60	0,00	
9 (5cm)	25,90	4,20	0,00	2,00	4.155,60	38,60	6,40	0,00	
9 (10cm)	43,70	0,69	0,00	3,10	5.649,80	58,60	8,10	2,90	
9 (15cm)	55,50	9,30	0,00	4,10	5.572,60	73,40	9,90	4,60	

TABELA 65: Concentração de metais disponíveis no sedimento ao longo dos pontos do rio 7ª coleta *Março*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1(5cm)	5,10	0,10	0,00	0,70	1.475,30	10,20	1,80			
1 (10cm)	0,80	0,00	0,00	0,00	501,00	1,20	0,30			
1 (15cm)	1,30	0,80	0,00	0,00	3.602,30	7,50	1,70			
2	7,40	1,80	0,00	0,30	887,00	7,70	3,70	1,40		
3	7,90	1,30	0,00	0,00	1.751,60	7,30	4,70	6,80		
4	30,70	4,00	0,00	1,00	4.126,80	22,70	7,30	2,80		
5	11,40	3,10	0,00	0,80	2.217,20	22,90	3,00	1,30		
6	15,30	1,70	0,00	1,30	4.397,70	22,60	3,90	1,90		
7	17,20	0,40	0,00	1,40	1.557,40	158,00	4,10	1,50		
(8)	9,80	1,80	0,00	0,00	1.406,80	19,30	4,30	2,00		
(9) (5cm)	22,40	3,00	0,00	0,10	1.742,50	9,60	5,90	3,60		
9 (10cm)	2,50	1,10	0,00	0,00	3.213,90	8,40	1,40	1,10		
9 (15cm)	10,40	1,60	0,00	0,00	1.830,20	8,50	3,30	1,60		

TABELA 66: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1 (5cm)	18,40	0,00	0,00	8,00	21.188,00	34,40	9,60			
1 (10cm)	10,80	0,00	0,00	2,90	12.229,20	22,30	6,80			
1 (15cm)										
2	38,00	0,00	0,00	1,00	18.985,00	41,00	16,10	24,00		
3	22,00	0,00	0,00	0,00	10.985,00	29,00	11,00	10,00		
4										
5										
6										
7	266,40	0,00	0,00	0,00	8.485,00	23,00	13,00	15,00		
8	33,00	0,00	0,00	1,00	6.985,00	32,00	8,00	8,00		
9 (5cm)	50,00	0,00	0,00	4,00	12.485,00	62,00	16,00	11,00		
9 (10cm)	40,00	0,00	0,00	0,00	7.985,00	40,00	9,00	12,00		
9 (15cm)	32,00	0,00	0,00	10,00	10.985,00	39,00	11,00	13,00		

TABELA 67: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	54,30				43.396,70	157,60			
1 (10cm)	4,50				12.726,30	20,80			
1 (15cm)	4,50				8.926,80	20,70			
2	12,00	8,00	0,00	1,70	15.868,10	29,10	20,60		11,40
3	10,60	15,10	2,00	9,10	10.578,90	25,20	12,60		17,10
4	15,30	15,90	1,60	10,10	22.316,20	54,00	33,90		12,70
5	44,50	20,80	1,20	12,50	28.655,80	70,00	46,30		17,80
6	32,60	15,20	0,50	8,20	33.476,20	81,00	34,20		14,70
7	112,60	29,60	2,40	20,10	40.935,20	78,20	49,20		24,90
8	11,30	0,00	0,00	0,60	8.730,70	21,40	21,40		2,40
9 (5cm)	14,30	9,20	1,00	6,60	11.837,10	41,40	28,10		2,60
9 (10cm)	746,00	24,30	0,60	9,30	20.924,20	59,00			30,10
9 (15cm)	16,00	4,10	0,00	2,40	11.531,90	48,50	14,80		3,60

TABELA 68: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 3ª coleta *Agosto*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
(1) (5cm)	2,80	3,10	0,00	0,00	7.647,40	12,20	3,50		4,10
1 (10cm)	3,60	0,00	0,00	0,00	4.511,70	8,80	1,40		8,50
1 (15cm)	12,20	5,60	0,00	0,00	7.085,20	31,40	7,00		4,50
2	13,20	7,30	0,00	2,70	15.552,60	19,30	15,60		21,50
3	12,00	0,00	0,00	0,00	10.501,10	12,50	7,20		10,00
4	14,00	2,10	0,30	2,60	14.165,90	22,60	10,40		12,50
5	201,50	8,30	0,00	5,10	17.611,70	36,80	19,20		11,80
6	15,70	2,10	0,00	0,00	10.047,50	13,80	20,80		10,00
7	263,60	21,60	0,30	6,60	26.586,20	19,60	30,00		11,00
(8)	23,00	2,10	0,00	4,20	13.153,40	27,20	15,60		3,90
(9) (5cm)	46,10	10,10	0,00	5,40	17.631,70	81,70	16,40		8,50
9 (10cm)	49,00	12,00	0,00	7,70	37.579,10	13,23	18,60		7,90
9 (15cm)	8,80	0,00	0,00	8,00	5.086,20	87,60	2,90		2,10

TABELA 69: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	3,40	1,30	0,00	2,00	19.695,00	17,70	2,00	4,00	
1 (10cm)	4,00	3,10	0,00	5,00	24.759,00	18,20	3,00	13,00	
1 (15cm)	2,30	0,00	0,00	0,00	2.191,00	27,60	3,30	10,10	
2	2,20	0,00	0,00	0,50	6.939,00	65,60	18,00	6,00	
3	29,70	4,50	0,00	4,00	30.207,00	29,70	12,00	4,00	
4	15,50	4,00	0,00	3,50	8.458,00	53,00	9,00	3,90	
5	40,30	5,50	0,00	2,60	4.807,00	68,40	17,00	4,40	
6	20,00	4,80	0,00	2,60	40.922,00	36,10	16,00	6,00	
7	60,90	30,30	7,00	15,10		65,30	45,00	19,00	
8	11,00	0,00	0,00	2,00	17.071,00	27,90	6,00	5,00	
9 (5cm)	41,30	5,00	0,00	9,00	36.502,00	88,40	19,00	3,30	
9 (10cm)	33,00	3,40	0,00	7,00	38.525,00	65,80	14,00	3,80	
9 (15cm)	49,40	16,00	0,00	13,00	44.797,00	63,00	27,00	4,70	

TABELA 70: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1 (5cm)	9,40	9,70	0,00	3,20	15.147,60	13,60	6,80	12,00	
1 (10cm)	2,10	2,70	0,00	0,90	5.111,60	9,10	2,00	5,60	
1 (15cm)	2,10	2,50	0,00	0,80	6.037,40	9,90	1,40	7,40	
2	10,00	3,60	0,00	1,20	10.304,20	8,90	7,20	9,70	
3	18,70	2,70	0,00	0,30	4.809,60	0,72	5,90	4,50	
4	21,70	6,00	0,00	2,50	24.283,10	29,90	13,60	10,10	
5	24,40	5,90	0,00	2,20	23.198,50	22,20	22,20	5,30	
6	218,00	28,90	14,40	15,30	76.919,20	108,70	72,50	39,80	
7	64,20	87,00	0,00	7,10	53.658,50	12,90	27,50	17,40	
8	12,00	1,70	0,00	1,10	3.634,30	6,50	3,70	2,00	
9 (5cm)	18,10	3,30	2,10	2,30	8.193,60	29,10	7,90	2,70	
9 (10cm)	16,30	3,00	0,00	2,10	7.994,90	21,30	7,70	3,10	
9 (15cm)	14,70	3,00	0,00	3,10	9.420,60	46,10	17,70	3,60	

TABELA 71: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1 (5cm)	6,00	0,00	0,00	0,00	5.304,20	6,40	5,10	2,70		
1 (10cm)	9,80	5,00	0,00	25,20	11.815,20	10,10	7,10	12,60		
1 (15cm)	9,50	0,00	0,00	0,00	5.777,00	20,60	12,60	0,00		
2	28,20	3,30	0,00	0,60	13.162,20	19,90	11,50	14,20		
3	94,30	7,90	0,00	2,20	11.222,60	25,50	35,20	0,00		
4	21,60	2,90	0,00	0,00	10.220,60	88,90	12,30	2,60		
5	70,70	6,00	0,00	2,60	29.232,30	22,10	20,20	4,70		
6	25,90	2,70	0,00	1,30	12.131,90	11,00	18,60	24,00		
7	40,60	7,40	0,00	2,70	21.400,60	28,30	17,40	8,70		
8	34,80	0,00	0,00	0,80	5.647,80	8,70	7,00	0,00		
9 (5cm)	72,30	8,80	0,00	2,10	13.778,30	38,80	17,10	0,00		
9 (10cm)	64,90	14,20	0,00	7,40	27.164,70	64,80	21,90	5,00		
9 (15cm)	77,00	16,90	0,00	7,20	43.793,00	76,10	25,00	4,90		

TABELA 72: Concentração de metais totais no sedimento ao longo dos pontos do rio 7ª coleta *Arco*

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/kg - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
(1) (5cm)	5,60	6,40	0,00	5,50	37.133,70	10,90	3,70			
1 (10cm)	5,40	4,70	0,00	4,40	28.074,40	6,60	3,50			
1 (15cm)	3,10	3,50	0,00	0,00	8.788,40	8,10	1,90			
2	15,00	5,10	0,00	3,90	24.527,90	8,80	9,30	29,60		
3	16,80	5,30	0,30	3,50	21.867,20	10,80	10,10	9,30		
4	91,20	6,40	0,60	3,90	32.199,50	24,80	11,50	13,00		
5	58,80	14,30	0,90	6,30	45.400,70	28,60	20,90	10,70		
6	18,10	3,40	0,00	1,30	13.092,00	28,00	7,20	3,90		
7	19,70	11,90	7,00	3,90	26.223,70	191,20	10,10	13,50		
(8)	11,20	1,80	0,00	2,80	10.956,10	28,30	5,50	2,50		
(9) (5cm)	24,50	13,00	1,10	6,50	30.101,20	27,70	11,50	5,10		
9 (10cm)	13,30	2,50	0,00	3,30	11.854,10	11,90	5,80	3,10		
9 (15cm)	12,30	2,00	0,00	1,90	9.569,50	9,00	5,40	1,90		

TABELA 82: Concentração de metais totais na comunidade neotônica ao longo dos pontos do rio 3ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	1,470	0,008	0,000	0,011	5,098	0,134	0,021	0,000
2	0,677	0,026	0,000	0,019	22,109	0,275	0,038	0,082
3	1,340	0,012	0,000	0,000		0,107	0,030	0,021
5	0,239	0,000	0,000	0,002	0,713	0,089	0,018	0,000
9	0,216	0,016	0,000	0,006	3,883	0,075	0,014	0,011

TABELA 83: Concentração de metais totais na comunidade neotônica ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,212	0,011	0,003	0,006	9,772	0,037	0,005	0,000
2	0,763	0,000	0,000	0,000	0,973	0,015	0,008	0,000
3	0,162	0,000	0,000	0,000	6,914	0,000	0,000	0,000
5	0,205	0,000	0,000	0,000	9,084	0,055	0,018	0,000
9	0,167	0,007	0,002	0,002	0,102	0,045	0,004	0,001

TABELA 84: Concentração de metais totais na comunidade neotônica ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,216	0,002	0,000	0,002	3,679	0,009	0,003	0,005
2	0,279	0,000	0,000	0,000	3,675	0,016	0,016	0,007
3	0,533	0,000	0,000	0,000	6,526	0,054	0,016	0,014
5	0,156	0,007	0,002	0,005	0,349	0,016	0,005	0,007
9	0,029	0,001	0,000	0,001	0,021	0,002	0,001	0,002

TABELA 85: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,059	0,001	0,000	0,001	0,709	0,005	0,002	0,000
2	0,669	0,000	0,000	0,000	0,201	0,005	0,002	0,000
3	3,857	0,004	0,000	0,011	2,529	0,055	0,042	0,000
5	0,033	0,000	0,000	0,001	0,039	0,001	0,002	0,000
9								

TABELA 86: Concentração de metais totais na comunidade nectônica ao longo dos pontos do rio 7ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,207	0,022	0,010	0,008	2,636	0,271	0,005	0,002
2	0,172	0,042	0,007	0,000	0,457	0,139	0,007	0,000
3	0,236	0,034	0,038	0,011	0,849	0,112	0,010	0,000
5	0,265	0,005	0,003	0,002	2,557	0,199	0,010	0,004
9	0,193	0,034	0,043	0,000	2,361	0,321	0,013	0,000

TABELA 87 : Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	0,068	0,036	0,000	0,054	10,541	1,072	0,091	0,073
2	2,567	0,074	0,000	0,140	5,086	2,886	0,418	0,091
3	0,835	0,182	0,000	0,115	4,558	1,440	0,244	0,127
4								
5								
6								
7								
8								
9	2,214	0,061	0,000	0,224	7,385	7,469	0,265	0,075

TABELA 88 : Concentração de metais totais no perfiton ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1		1,107	0,058	0,874		21,816	0,262	1,573
2	1,000	0,270	0,016	0,206	23,219	3,476	0,270	0,794
3	1,881	0,418	0,030	0,224	16,310	1,925	0,090	0,209
4	3,802	0,660	0,019	0,406	54,649	6,217	0,840	1,292
5	0,383	0,025	0,000	0,033	10,491	1,999	0,055	0,055
6	0,811	0,110	0,003	0,104	13,939	0,353	0,181	
7								
8								
9	1,859	0,512	0,015	0,483	52,578	21,937	0,702	0,702

TABELA 89 : Concentração de metais totais no perfiton ao longo dos pontos do rio 3ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)							
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr
1	1,002	1,070	0,102	0,680	69,845	5,097	0,901	1,138
2	2,386	0,502	0,026	0,264	37,598	2,115	0,767	0,846
3	0,936	0,032	0,000	0,000	15,636	6,528	0,260	0,000
4	3,204	0,524	0,034	0,228	92,779	5,700	0,821	0,881
5	6,840	0,722	0,000	0,201	88,012		0,883	0,000
6	1,258	0,206	0,000	0,000	72,928	4,415	0,366	0,114
7								
8	1,266	0,394	0,000	0,215	91,835	0,851	0,494	0,142
9	1,615	0,445	0,000	0,203	84,721	4,219	0,418	0,153

TABELA 90 : Concentração de metais totais no perfiton ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,257	0,000	0,000	0,000	1,423	0,047	0,045	0,000	
2	1,657	0,000	0,000	0,012	10,244	0,700	0,239	0,214	
3	0,726	0,000	0,000	0,004	3,316	0,528	0,120	0,000	
4	0,853	0,000	0,000	0,000	5,323	0,279	0,142	0,046	
5	0,838	0,080	0,000	0,030	8,041	1,647	0,129	0,027	
6	5,226	0,106	0,000	0,000	6,999	0,665	0,239	0,000	
7	0,412	0,064	0,001	0,044	9,414	0,114	0,114	0,065	
8	0,244	0,019	0,000	0,028	6,029	0,311	0,102	0,043	
9	1,127	0,041	0,000	0,000	2,069	0,501	0,068	0,000	

TABELA 91 : Concentração de metais totais no perfiton ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,271	0,029	0,002	0,018	5,113	0,064	0,022	0,038	
2	0,950	0,000	0,000	0,032	7,417	0,915	0,086	0,144	
3	0,530	0,080	0,003	0,026	5,663	0,387	0,101	0,041	
4	0,613	0,044	0,000	0,000	5,661	0,227	0,115	0,115	
5	0,915	0,030	0,000	0,000	1,074	0,359	0,148	0,007	
6	0,362	0,046	0,003	0,025	5,074	0,257	0,086	0,082	
7									
8	0,344	0,068	0,000	0,036	7,244	0,099	0,080	0,043	
9	0,370	0,073	0,000	0,047	4,388	0,907	0,069	0,041	

TABELA 92: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,114	0,061	0,005	0,046	17,161	0,106	0,061	0,072	
2	0,531	0,096	0,006	0,072	17,091		0,191	0,397	
3	0,675	0,023	0,000	0,008	2,174	0,332	0,047	0,000	
4	3,063	0,153	0,010	0,078	51,036	1,700	0,294	0,175	
5	3,746	0,358	0,007	0,130	78,140	1,397	0,547	0,182	
6	0,252	0,023	0,000	0,012	4,055	0,429	0,044	0,030	
7									
8	1,594	0,063	0,000	0,044	8,753	0,121	0,108	0,047	
9	0,755	0,055	0,000	0,031	3,864	0,514	0,060	0,034	

TABELA 93: Concentração de metais totais no perifiton ao longo dos pontos do rio 7ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1									
2	0,229	0,040	0,021	0,032	8,805	0,805	0,066	0,090	
3	0,567	0,072	0,021	0,023	7,701	0,192	0,098	0,020	
4	0,340	0,048	0,023	0,027	8,603	0,571	0,073	0,045	
5	0,465	0,060	0,021	0,026	11,276	0,267	0,090	0,018	
6	0,137	0,035	0,011	0,014	4,422	0,137	0,055	0,015	
7									
8	0,080	0,026	0,011	0,013	7,163	0,201	0,036	0,013	
9	0,192	0,034	0,013	0,021	8,886	0,894	0,052	0,017	

TABELA 94: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 1ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	2,32	0,02	0,03	0,00		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
4										
5										
6										
7	0,58	4,39	0,00	0,00	12,11	0,05	0,75	0,02		
8										
9	0,50	0,75	0,00	0,00	36,29	0,22	0,87	0,03		

TABELA 95 : Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 2ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00		
2	0,00	0,00	0,00	0,00	3,13	0,00	0,00	0,00		
3										
4										
5	0,00	0,00	0,00	0,00	4,04	0,03	0,01	0,00		
6										
7	0,23	0,21	0,00	0,00	60,32	0,18	0,11	0,00		
8	0,00	0,06	0,01	0,04	1,05	0,03	0,00	0,00		
9	0,00	0,10	0,00	0,12	29,08	0,70	0,04	0,00		

TABELA 96 : Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 3ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,07	0,00	0,00	0,00	20,95	0,38	0,01		0,00
2	0,08	1,26	0,00	0,00	33,46	0,10	0,05		0,03
3	0,30	0,75	0,00	0,00	25,41	0,16	0,06		0,01
4	0,09	0,00	0,00	0,00	20,65	0,08	0,04		0,01
5	0,36	0,08	0,00	0,00	46,02	0,31	0,09		0,00
6	0,07	0,03	0,01	0,02	21,02	0,20	0,04		0,03
7	0,23	0,07	0,01	0,04	71,35	0,05	0,07		0,10
8									
9	0,22	0,00	0,00	0,00	32,36	0,43	0,06		0,00

TABELA 97: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 4ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,36	0,00	0,00	0,00	49,36	0,00	0,00		0,00
2	0,89	0,00	0,00	0,00	367,97	0,79	0,43		1,20
3	24,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00		0,00
4	0,66	0,00	0,00	0,00	135,20	0,36	0,33		0,00
5	0,71	0,00	0,00	0,00	89,38	0,29	0,13		0,00
6	0,74	0,00	0,00	0,00	131,16	1,02	0,74		0,00
7	1,43	0,00	0,00	0,00	183,07	0,41	0,45		0,16
8									
9	0,83	0,00	0,00	0,00	36,57	0,00	0,00		0,00

TABELA 98: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 5ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,54	0,00	0,00	0,00	39,46	0,08	0,31		0,00
2	0,63	0,27	0,00	0,06	137,79	0,23	0,20		0,03
3	0,91	0,39	0,06	0,17	130,11	2,01	0,26		0,31
4	2,15	0,33	0,00	0,00	209,04	0,63	0,13		0,00
5	1,22	0,08	0,00	0,00	99,30	0,29	0,08		0,00
6	4,17	6,06	0,28	0,79		4,68	2,41		2,55
7	0,42	0,00	0,00	0,00	4,98	0,02	0,02		0,00
8									
9	2,54	0,00	0,00	0,00	280,76	1,19	0,25		0,00

TABELA 99 : Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 6ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)								
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	158,53	0,27	0,08		0,00
2	0,09	0,00	0,00	0,00	12,34	0,01	0,06		0,00
3	2,37	0,24	0,00	0,00	225,00	0,47	0,52		0,04
4	2,02	0,00	0,00	0,05		1,83	1,09		0,00
5	0,50	0,00	0,00	0,00	90,90	0,12	0,21		0,00
6	3,75	0,00	0,00	0,00		1,82	3,01		1,48
7	0,47	0,00	0,00	0,00	204,74	0,37	0,26		0,00
8									
9	0,04	0,00	0,00	0,00	4,49	0,03	0,02		0,00

TABELA 100: Concentração de metais totais na comunidade bentônica ao longo dos pontos do rio 7ª coleta

Ponto de Coleta	Metais (concentração em mg/g - PS)									
	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn	Cu	Cr		
1	0,22	0,00	0,00	0,00	23,79	0,55	0,02	0,00		
2	0,65	0,00	0,00	0,00	1,85	0,37	0,00	0,00		
3	0,36	0,00	0,00	0,00	11,90	0,63	0,09	0,00		
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00		
5	0,52	0,00	0,00	0,00	32,33	0,61	0,13	0,05		
6	1,33	0,00	0,00	0,00	43,77	0,57	0,06	0,00		
7	0,24	0,00	0,00	0,00	113,84	1,34	0,05	0,04		
8										
9	0,07	0,00	0,00	0,00	5,82	0,98	0,01	0,00		

TABELA 1.1 - Variação média da temperatura da água nos pontos de amostragem (°C)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	21,7	1,5	2,3	18,3	4,7	22,3
2	24,2	3,3	11,1	20,0	1,7	3,0
3	24,5	3,5	12,3	21,8	1,8	3,1
4	23,7	2,1	4,3	19,7	1,5	2,3
5	23,0	2,6	7,0	20,5	1,8	3,3
6	23,0	2,0	4,0	20,5	1,3	1,8
7	24,2	1,9	3,6	20,3	2,5	6,3
8	23,7	2,3	5,3	18,8	3,8	14,1
9	23,2	0,8	0,6	20,7	1,5	2,3

TABELA 2.1 - Concentração média de oxigênio dissolvido nos pontos de amostragem (mg O₂ L⁻¹)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	7,2	0,3	0,1	7,8	0,4	0,2
2	5,7	0,1	0,0	6,4	0,7	0,4
3	6,8	0,5	0,2	5,5	0,8	0,6
4	6,3	0,1	0,0	6,6	0,7	0,4
5	5,6	1,0	1,0	5,1	1,0	0,9
6	6,1	0,3	0,1	6,3	0,4	0,2
7	4,2	0,3	0,1	2,8	1,7	2,9
8	4,0	1,7	2,9	2,7	0,5	0,2
9	6,8	0,2	0,0	7,0	0,5	0,3

TABELA 3.1 - Variação média de pH nos pontos de amostragem

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	7,3	0,3	0,1	6,7	0,4	0,1
2	7,2	0,2	0,0	6,3	0,7	0,5
3	7,8	0,1	0,0	7,1	0,3	0,1
4	7,8	0,8	0,6	6,5	0,8	0,6
5	7,3	0,1	0,0	6,7	0,5	0,3
6	7,6	0,3	0,1	7,1	0,1	0,0
7	7,3	0,3	0,1	6,5	0,4	0,1
8	7,2	0,2	0,0	6,8	0,7	0,5
9	7,4	0,2	0,0	7,2	0,4	0,2

TABELA 4.1 - Concentração média da alcalinidade total nos pontos de amostragem ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	14,4	2,8	7,7	15,5	8,0	63,5
2	24,8	2,1	4,6	18,1	1,3	1,8
3	117,9	35,7	1275,6	95,5	11,9	141,8
4	38,2	14,0	196,5	35,0	16,5	271,6
5	52,6	4,2	17,3	54,9	5,1	26,5
6	37,6	4,7	22,0	33,9	3,1	9,5
7	62,5	2,5	6,5	60,8	17,1	293,1
8	50,4	6,4	41,4	50,7	2,7	7,1
9	44,9	3,5	12,2	51,4	4,9	24,1

TABELA 5.1 - Variação média da condutividade elétrica nos pontos de amostragem ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	29,4	2,8	7,9	27,7	5,1	25,5
2	57,9	5,1	26,2	54,0	7,8	60,1
3	231,4	182,7	33387,1	264,3	38,2	1457,7
4	73,8	58,5	3424,1	83,7	11,2	125,0
5	113,2	88,2	7776,8	148,7	7,7	59,7
6	80,6	65,4	4280,0	92,7	9,3	85,8
7	136,0	101,6	10332,1	189,2	67,2	4522,0
8	90,1	67,0	4490,9	142,3	10,5	111,3
9	77,7	55,7	3097,5	140,4	0,0	0,0

TABELA 6.1 - Concentração média da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de amostragem ($\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	1	0	0	1	1	0
2	4	3	6	6	3	9
3	5	3	6	9	3	8
4	5	2	4	12	1	2
5	15	10	90	7	2	2
6	5	2	4	8	1	1
7	56	13	160	88	28	775
8	18	14	209	25	9	72
9	8	1	1	19	9	73

TABELA 7.1 - Concentração média da demanda química de oxigênio nos pontos de amostragem ($\text{mg O}_2 \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	12	11	122	7	3	8
2	19	4	18	10	8	58
3	9	12	134	19	7	42
4	12	8	61	18	3	11
5	14	0	0	24	9	87
6	11	13	157	41	35	1199
7	117	9	87	128	81	6518
8	69	49	2408	61	28	810
9	27	10	102	41	12	148

TABELA 8.1 - Valores médios da transparência da água nos pontos de amostragem (m)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,19	0,05	0,00	0,12	0,03	0,00
2	0,57	0,22	0,05	0,55	0,03	0,00
3	0,47	0,30	0,09	0,30	0,03	0,00
4	0,52	0,25	0,06	0,49	0,17	0,03
5	0,38	0,13	0,02	0,30	0,09	0,01
6	0,24	0,15	0,02	0,43	0,05	0,00
7	0,32	0,14	0,02	0,25	0,13	0,02
8	0,30	0,00	0,00	0,40	0,10	0,01
9	0,30	0,36	0,13	0,45	0,05	0,00

TABELA 9.1 - Variação média da turbidez nos pontos de amostragem (NTU)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	24	7	53	12	4	17
2	28	10	97	16	11	120
3	15	17	289	6	2	2
4	22	10	103	10	3	8
5	32	40	1570	7	3	7
6	26	5	28	9	1	1
7	123	125	15683	36	21	450
8	54	7	54	26	4	13
9	51	14	187	22	2	3

TABELA 10.1 - Concentração média de sólidos sedimentáveis nos pontos de amostragem (mL L⁻¹)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
3	1,0	1,7	3,0	0,1	0,2	0,0
4	0,3	0,2	0,0	0,4	0,2	0,0
5	0,1	0,1	0,0	0,3	0,3	0,1
6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
7	0,7	0,6	0,4	0,6	0,5	0,3
8	0,5	0,5	0,2	0,8	0,5	0,2
9	0,4	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1

TABELA 11.1 - Concentração média de sólidos suspensos totais nos pontos de amostragem (mg L⁻¹)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	13	14	185	3	1	2
2	13	11	126	8	5	27
3	28	44	1929	10	7	48
4	16	16	244	14	8	64
5	16	17	305	13	8	57
6	14	11	111	8	2	5
7	110	141	19799	35	6	32
8	71	61	3692	36	6	32
9	43	35	1237	28	6	31

TABELA 12.1 - Concentração média de sólidos suspensos fixos nos pontos de amostragem (mg L⁻¹)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	10	12	145	2	1	0
2	10	9	80	4	4	17
3	22	35	1224	5	5	29
4	11	12	148	6	4	13
5	8	10	91	5	2	4
6	10	8	60	3	3	7
7	79	120	14379	19	11	121
8	55	46	2106	15	4	17
9	36	30	896	19	5	25

TABELA 13.1 - Concentração média de sólidos suspensos voláteis nos pontos de amostragem (mg L^{-1})

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	2	1	1	2	1	0
2	4	2	3	3	1	1
3	5	6	34	5	3	8
4	6	4	16	8	5	21
5	7	6	37	8	5	30
6	4	2	4	5	1	2
7	22	19	345	15	13	180
8	20	9	90	21	2	3
9	11	9	73	9	1	1

TABELA 14.1 - Concentração média de sólidos totais nos pontos de amostragem (mg L^{-1})

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	86	26	676	50	24	556
2	88	28	811	72	52	2750
3	222	92	8377	181	20	385
4	93	25	607	235	230	52825
5	97	59	3460	135	49	2412
6	92	44	1897	67	45	2041
7	211	179	32083	186	75	5572
8	141	108	11646	150	13	169
9	156	128	16411	105	68	4566

TABELA 15.1 - Concentração média de sólidos totais fixos nos pontos de amostragem (mg L^{-1})

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	25	28	811	22	20	380
2	21	18	333	8	13	176
3	112	25	608	77	49	2416
4	53	22	505	17	15	229
5	3	5	21	27	36	1317
6	52	25	602	4	7	48
7	86	142	20110	28	25	604
8	68	60	3549	41	14	192
9	54	86	7470	35	41	1675

TABELA 16.1 - Concentração média de sólidos totais voláteis nos pontos de amostragem (mg L^{-1})

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s^2	M	s	s^2
1	61	32	993	27	8	60
2	48	42	1792	65	42	1777
3	111	71	5062	104	46	2121
4	40	8	58	218	225	50754
5	58	74	5439	108	14	201
6	40	31	967	63	52	2701
7	125	38	1476	164	103	10558
8	73	55	3025	109	27	710
9	102	68	4577	70	52	2676

TABELA 17.1 - Concentração média de sulfetos nos pontos de amostragem ($\text{mg S}^{2-} \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s^2	M	s	s^2
1	0,36	0,51	0,26	0,27	0,46	0,21
2	0,58	0,82	0,67	0,42	0,68	0,46
3	0,56	0,79	0,63	0,39	0,68	0,46
4	0,28	0,40	0,16	0,30	0,40	0,16
5	0,56	0,79	0,63	0,49	0,61	0,38
6	0,60	0,85	0,72	0,65	0,63	0,40
7	0,96	1,36	1,84	1,80	1,48	2,19
8	0,56	0,79	0,63	1,53	1,74	3,02
9	0,56	0,79	0,63	0,64	0,58	0,34

TABELA 18.1 - Concentração média de fosfato total nos pontos de amostragem ($\text{mg PO}_4^{3-} \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s^2	M	s	s^2
1	0,12	0,01	0,00	0,10	0,10	0,01
2	0,25	0,02	0,00	0,49	0,63	0,40
3	0,34	0,33	0,11	1,14	0,42	0,18
4	0,38	0,09	0,01	0,64	0,19	0,04
5	0,44	0,13	0,02	1,07	0,23	0,05
6	0,36	0,05	0,00	0,55	0,10	0,01
7	2,24	0,85	0,73	3,56	2,26	5,11
8	1,26	0,53	0,28	2,45	0,45	0,20
9	0,78	0,40	0,16	1,35	0,30	0,09

TABELA 19.1 - Concentração média de fosfato dissolvido inorgânico nos pontos de amostragem ($\text{mg PO}_4^{3-} \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,04	0,05	0,00	0,00	0,01	0,00
2	0,02	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00
3	0,01	0,01	0,00	0,26	0,31	0,10
4	0,02	0,02	0,00	0,03	0,04	0,00
5	0,05	0,04	0,00	0,19	0,10	0,01
6	0,03	0,05	0,00	0,04	0,04	0,00
7	0,52	0,50	0,25	0,70	1,12	1,25
8	0,12	0,16	0,02	0,32	0,33	0,11
9	0,05	0,07	0,00	0,16	0,12	0,01

TABELA 20.1 - Concentração média de fosfato total dissolvido nos pontos de amostragem ($\text{mg PO}_4^{3-} \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,07	0,06	0,00	0,02	0,02	0,00
2	0,07	0,04	0,00	0,20	0,30	0,09
3	0,08	0,01	0,00	0,30	0,32	0,10
4	0,11	0,05	0,00	0,20	0,15	0,02
5	0,23	0,12	0,01	0,33	0,08	0,01
6	0,14	0,02	0,00	0,13	0,08	0,01
7	1,09	0,67	0,45	1,07	1,09	1,18
8	0,37	0,06	0,00	0,51	0,22	0,05
9	0,16	0,01	0,00	0,26	0,09	0,01

TABELA 21.1 - Concentração média de NTK nos pontos de amostragem ($\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	3,63	1,59	2,54	2,29	1,54	2,37
2	12,20	8,24	67,90	3,31	2,82	7,98
3	13,70	7,05	49,71	8,93	0,49	0,24
4	9,00	4,57	20,89	3,97	2,88	8,30
5	9,20	6,15	37,81	6,80	5,48	29,98
6	14,52	6,93	47,96	9,53	6,13	37,62
7	20,41	6,20	38,40	10,49	2,41	5,83
8	14,55	7,98	63,71	9,70	1,41	2,00
9	12,17	7,43	55,25	5,12	2,55	6,49

TABELA 22.1 - Concentração média de nitrogênio amoniacal nos pontos de amostragem ($\text{NH}_3\text{-N L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	1,34	0,23	0,05	0,47	0,32	0,10
2	2,42	1,02	1,05	1,18	0,68	0,46
3	3,32	2,19	4,80	2,96	0,76	0,57
4	2,86	1,17	1,37	1,61	0,79	0,63
5	2,84	0,74	0,55	1,81	0,38	0,14
6	2,51	1,26	1,58	1,47	0,77	0,60
7	5,19	0,75	0,56	4,15	2,40	5,77
8	4,33	1,52	2,30	4,59	2,77	7,68
9	3,35	1,67	2,80	3,12	2,28	5,21

TABELA 23.1 - Concentração média de nitrato nos pontos de amostragem ($\text{mg NO}_3^- \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,97	0,84	0,71	1,12	0,21	0,04
2	1,11	1,00	1,00	0,60	0,12	0,01
3	3,40	2,80	7,85	2,97	0,99	0,99
4	1,51	1,28	1,64	1,46	0,44	0,19
5	2,83	2,45	5,99	2,57	0,55	0,30
6	1,43	1,22	1,48	1,43	0,25	0,06
7	1,30	1,12	1,25	1,73	1,06	1,12
8	0,78	0,63	0,39	1,08	0,21	0,04
9	1,11	0,96	0,93	1,08	0,08	0,01

TABELA 24.1 - Concentração média de nitrito nos pontos de amostragem ($\text{mg NO}_2^- \text{L}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,28	0,47	0,22	0,02	0,02	0,00
2	0,27	0,45	0,20	0,01	0,01	0,00
3	1,59	2,58	6,66	0,19	0,17	0,03
4	0,42	0,67	0,45	0,06	0,02	0,00
5	1,33	2,18	4,75	0,16	0,13	0,02
6	0,61	0,99	0,98	0,08	0,03	0,00
7	0,67	1,03	1,05	0,41	0,44	0,20
8	0,43	0,69	0,48	0,04	0,01	0,00
9	0,42	0,63	0,40	0,07	0,01	0,00

TABELA 25.1 - Variação média da temperatura do ar nos pontos de amostragem ($^{\circ}\text{C}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	24,2	2,8	7,6	23,3	4,7	22,3
2	28,2	1,3	1,6	23,0	3,5	12,0
3	28,0	1,5	2,3	23,0	3,5	12,0
4	27,8	2,3	5,1	22,8	3,8	14,6
5	27,5	4,8	22,8	23,3	3,2	10,3
6	25,5	5,1	25,8	24,7	2,5	6,3
7	25,2	5,0	25,1	21,2	5,8	33,1
8	24,7	6,3	39,1	19,0	9,5	91,0
9	28,3	6,0	35,6	29,8	2,8	7,6

TABELA 27.1 - Variação média da vazão nos pontos de amostragem ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00
2	0,86	0,17	0,03	0,40	0,09	0,01
3	0,07	0,00	0,00	0,14	0,15	0,02
4	1,00	0,22	0,05	0,57	0,14	0,02
5	0,22	0,01	0,00	0,15	0,04	0,00
6	1,35	0,42	0,17	0,76	0,13	0,02
7	1,93	0,02	0,00	1,06	0,21	0,04
8	2,98	0,55	0,31	1,98	0,12	0,01
9	5,25	0,07	0,00	4,20	0,87	0,75

TABELA 28.1 - Variação média da profundidade nos pontos de amostragem (m)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1	0,19	0,05	0,00	0,12	0,03	0,00
2	0,70	0,21	0,05	0,55	0,03	0,00
3	0,47	0,30	0,09	0,30	0,03	0,00
4	0,73	0,08	0,01	0,49	0,17	0,03
5	0,43	0,17	0,03	0,30	0,09	0,01
6	0,40	0,25	0,06	0,43	0,05	0,00
7	1,26	0,42	0,18	1,56	0,12	0,01
8	0,78	0,03	0,00	0,64	0,18	0,03
9	1,05	0,18	0,03	1,16	0,01	0,00

TABELA 29.1 - Variação média do teor de matéria orgânica no sedimento dos pontos de amostragem (%)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1 (5 cm)	2,75	2,40	5,75	2,81	4,19	17,58
1 (10 cm)	2,93	1,26	1,60	2,16	1,40	1,95
1 (15 cm)	0,70	0,11	0,01	1,74	0,55	0,30
2	1,42	0,41	0,16	2,34	1,97	3,87
3	0,90	0,23	0,05	1,89	1,69	2,85
4	1,23	0,45	0,20	1,66	1,07	1,14
5	3,40	0,22	0,05	1,70	0,26	0,07
6	2,70	2,33	5,41	7,11	10,11	102,29
7	32,22	47,46	2252,64	6,44	0,43	0,19
8	0,44	0,11	0,01	0,39	0,23	0,05
9 (5 cm)	1,38	0,43	0,18	1,75	0,26	0,07
9 (10 cm)	1,52	0,85	0,73	1,40	0,61	0,37
9 (15 cm)	1,29	0,41	0,17	1,56	1,23	1,51

TABELA 30.1 - Variação média do teor de nitrogênio total (Kjeldhal) no sedimento dos pontos de amostragem (%)

Pontos de Amostragem	CHUVA			SECA		
	M	s	s ²	M	s	s ²
1 (5 cm)	0,11	0,07	0,00	0,06	0,08	0,01
1 (10 cm)	0,13	0,15	0,02	0,04	0,02	0,00
1 (15 cm)	0,09	0,10	0,01	0,04	0,00	0,00
2	0,05	0,05	0,00	0,04	0,02	0,00
3	0,08	0,12	0,01	0,03	0,01	0,00
4	0,12	0,15	0,02	0,01	0,01	0,00
5	0,18	0,22	0,05	0,02	0,01	0,00
6	0,09	0,11	0,01	0,13	0,18	0,03
7	0,65	0,58	0,33	0,13	0,03	0,00
8	0,16	0,25	0,06	0,01	0,00	0,00
9 (5 cm)	0,11	0,12	0,02	0,04	0,02	0,00
9 (10 cm)	0,13	0,20	0,04	0,04	0,01	0,00
9 (15 cm)	0,12	0,17	0,03	0,04	0,03	0,00