

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS**

**AMANDA BALDOCHI SOUZA**

**“AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL NAS NASCENTES DO  
RIO MONJOLINHO NA PORÇÃO À MONTANTE DA ESTAÇÃO DE  
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO ESPRAIADO, SÃO CARLOS - SP”**

**São Carlos - SP  
2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS**

**AMANDA BALDOCHI SOUZA**

**“AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL NAS NASCENTES DO  
RIO MONJOLINHO NA PORÇÃO À MONTANTE DA ESTAÇÃO DE  
CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO ESPRAIADO, SÃO CARLOS - SP”**

**Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Ecologia e Recursos  
Naturais como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ecologia e  
Recursos Naturais.**

**Orientadora:** Profa. Dra. Odete Rocha

**São Carlos - SP  
2011**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S729aq

Souza, Amanda Baldochi.

Avaliação da qualidade ambiental nas nascentes do Rio Monjolinho na porção à montante da Estação de Captação de Água do Espraiado, São Carlos - SP/ Amanda Baldochi Souza. -- São Carlos : UFSCar, 2011.  
182 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ecologia. 2. Manancial. 3. Toxicidade. 4. Macroinvertebrados aquáticos. 5. Diatomáceas. 6. Impacto ambiental. I. Título.

CDD: 574.5 (20<sup>a</sup>)

Amanda Baldochi Souza

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL NAS NASCENTES DO RIO  
MONJOLINHO NA PORÇÃO À MONTANTE DA ESTAÇÃO DE CAPTAÇÃO  
DE ÁGUA DO ESPRAIADO, SÃO CARLOS - SP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

**Aprovada** em 01 de junho de 2011

BANCA EXAMINADORA

Presidente

*Odete Rocha*

Profª. Dra. Odete Rocha  
(Orientadora)

1º Examinador

*Alaide Ap. F. Gessner*

Profª. Dra. Alaide Ap. Fonseca Gessner  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador

*Eny Maria Vieira*

Profª. Dra. Eny Maria Vieira  
USP/São Carlos-SP

## **DEDICATÓRIA**

*Aos meus pais, as pessoas mais importantes da minha vida, e aos meus amigos, que tanto me ajudaram e colaboraram para a elaboração desse trabalho, pelas palavras de carinho e estímulo, por todo o apoio.*

## **Agradecimentos**

À minha orientadora, Profa. Dra. Odete Rocha, que me ensinou, acima de tudo, que o amor e a dedicação ao que se faz é essencial para se tornar um bom profissional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Programa de Pós graduação em Ecologia e Recursos Naturais, pela formação acadêmica e apoio para o desenvolvimento do programa de Mestrado;

A todos os funcionários do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, em especial aos técnicos e amigos Luís, Zé, e Alcídio pelo suporte durante o árduo trabalho de campo.

Ao Dr. José Valdecir de Lucca, à Dra. Mercedes Marchese, à Dra. Maria José Delamanno, ao MSc. Fábio Toshio e ao MSc. Taurai Bere pelas colaborações no trabalho de identificação taxonômica dos macroinvertebrados e algas.

Ao Thiago, por me ensinar a confeccionar os mapas e pela ajuda a triar as inúmeras amostras de bentos.

Aos meus amigos Tosh, Thiago, Zé, Dani, Pavel e Marcos pela inestimável ajuda em várias etapas deste trabalho.

Ao Coordenador de Meio Ambiente de São Carlos, Paulo Mancini, pelo interesse e disseminação do meu projeto de mestrado pela coordenação, bem como à sua equipe, em especial ao Ismael e à Ellen, pela ajuda durante a organização do evento de Compensação de Emissões de gases de Efeito Estufa do Programa “Bayer Jovens Embaixadores Ambientais 2010”.

À Sandra do SAAE e ao Dirceu pelo fornecimento da imagem de satélite do local de estudo.

Às minhas grandes amigas de todas as horas, Bianca, Babi, Raquel e Marisa por estarem sempre ao meu lado quando precisei e principalmente à Mari, por me acolher em sua casa e por me ajudar tanto e de tantas maneiras.

A todos os amigos do DEBE pelo companheirismo e por não me deixarem desanimar nunca: Fer, Denise, Érika, Edna, Laura, Andressa, Natália, Lidiane e Renata.

À Jussara e à Cíntia pela inestimável ajuda na qualificação!

Ao pessoal da Bayer, em especial ao Leandro, Luciana, Danielle e Ana pelo privilégio de participar do Programa “Bayer Jovens Embaixadores Ambientais” e aos demais BYEEs, Amanda, Daniel, Emanuel, Samuel, por terem compartilhado essa experiência comigo.

Aos meus pais e ao meu irmão, por todo apoio e carinho em todos os momentos da minha vida e por sempre me ensinarem tanto.

Ao Juan Pablo, por sempre alegrar os meus dias.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram na realização desse trabalho.

## Resumo

O crescimento desordenado das cidades contribui fortemente para a degradação dos recursos hídricos, comprometendo a qualidade da água e a integridade desses ambientes. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade ambiental das nascentes do rio Monjolinho situadas à montante da Estação de Captação de água do Espraiado. Para isso, foram feitas coletas nos córregos afluentes e no rio Monjolinho, em dois períodos climáticos contrastantes: chuvoso e seco entre 2009 e 2010. Foram feitas análises físicas e químicas da água e do sedimento e testes ecotoxicológicos com *Ceriodaphnia silvestrii* e *Hyalella meinerti* nesses dois compartimentos. As comunidades de macroinvertebrados bentônicos e de diatomáceas foram analisadas visando avaliar a qualidade ambiental de todos os pontos de coleta. Esses dados foram utilizados para compor diversas abordagens: índices de diversidade, o índice biótico BMWP, análises multivariadas, e a Tríade de Qualidade Ambiental. A água do Córrego São Rafael e o sedimento dos córregos Cascavel, Monjolinho médio, Ponte de Tábua e São Rafael em diferentes pontos e períodos foram tóxicos à biota aquática. As comunidades de macroinvertebrados bentônicos e de diatomáceas evidenciaram diferenças marcantes na qualidade ambiental entre as nascentes e afluentes das margens direita e esquerda do rio Monjolinho em decorrência da remoção da mata ciliar ou dos tipos de ocupação do solo: urbanização ou agro-pecuária. As ações de recuperação da nascente do Córrego São Rafael empreendidas pela Prefeitura Municipal de São Carlos não resultaram em maior qualidade ambiental, evidenciando ainda um elevado grau de contaminação. Além deste ponto, as nascentes dos córregos Belvedere e Ponte de Tábua, bem como a foz desse último córrego foram os locais onde se registrou maior grau de impacto, porém toda a sub-bacia necessita de especial atenção do poder público, devido às intensas pressões antrópicas nesses mananciais e da baixa qualidade de suas águas, exceto a do Córrego do Espraiado.

**Palavras-chave:** Qualidade ambiental, manancial, toxicidade, macroinvertebrados, diatomáceas.

## Abstract

The unplanned development of urban communities strongly contributes to degradation of water resources, jeopardizing the quality of the water and the integrity of aquatic environments. The objective of the present study was to evaluate the environmental quality of the water sources of River Monjolinho, located upstream the Water Pumping Station of Espraiado. Samplings were carried out in springs and affluent streams to Monjolinho River during two opposite climatic seasons, the rainy and the dry periods between 2009 and 2010. Physical and chemical analyses of water and sediment, ecotoxicological tests with *Ceriodaphnia silvestrii* and *Hyalella meinerti* were performed for these two compartments. The benthic macroinvertebrates and diatom communities were analysed in order to evaluate the environmental quality of all these sites. These data were used in different approaches: diversity indices, the biotic index BMWP, multivariate analyses and the Environmental Quality Triad. The water from São Rafael Stream, and the sediments of Cascavel, Middle Monjolinho, Ponte de Tábua and São Rafael streams collected at different sites and sampling periods were toxic to the aquatic biota. The benthic macroinvertebrates community and diatoms analyses evidenced that there are strong differences in the environmental quality between springs and affluents from left margin and those from right margin of Monjolinho River as a result of riparian forest removal or due to the type of soil use: urbanization or agriculture. Restoration measures in the headwaters of São Rafael Stream started by the Municipal Prefecture of São Carlos did not result in better environment quality and rather evidenced a strong contamination. Besides this site, the springs of Belvedere and Ponte de Tábua streams are the river stretches where the strongest impacts were verified, however, all springs and streams upstream the Espraiado Water Supply Pumping Station need special attention from local government due to the low quality of its waters, exception of the Espraiado Stream.

**Key words:** Environmental quality, water source, toxicity, macroinvertebrates, diatoms.

## Lista de Figuras

Figura 1. Localização da área de estudo no Brasil e no estado de São Paulo, e mapa da sub-bacia do rio .....	30
Figura 2: Vista geral do dafinídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> . Fonte: Denise T. Okumura, 2009, com permissão. ....	34
Figura 3. Foto do experimento de teste de toxicidade aguda da água dos 16 pontos de coleta ao cladóceros <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> . ....	36
Figura 4. A: Juvenil de <i>Hyalella meinerti</i> . B: Becker de cultivo, contendo rede de náilon e indivíduos de <i>Hyalella meinerti</i> . ....	37
Figura 5. Teste de toxicidade aguda do sedimento dos 16 pontos de coleta com <i>Hyalella meinerti</i> . A: Medição da concentração de Oxigênio dissolvido. B: Medição de pH (à esquerda) e de condutividade elétrica da água (à direita).....	40
Figura 6. Imagem gerada pelo programa AutoCAD: caracterização do uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Monjolinho a montante da estação de Captação do Espraiado, São Carlos – SP e localização dos 16 pontos de coleta. ....	46
Figura 7. Porcentagem de área para diferentes usos e ocupações do solo na sub-bacia do rio Monjolinho à montante da estação de Captação do Espraiado, São Carlos - SP. ....	50
Figura 8: Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos “Monjolinho superior” (8 A) e Jatobá (8 B).....	51
Figura 9: Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Douradinho (9 A) e São Rafael (9 B).....	51
Figura 10: Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Ponte de Tábua (10 A) e Belvedere (10 B).....	52
Figura 11: Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Cascavel (11A) e Martinha (11B).....	52

Figura 12: Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem do córrego Espreado (12A) e em áreas que drenam direto para a rio Monjolinho (12B). .....	53
Figura 13. Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e pH registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, no período chuvoso .....	56
Figura 14. Concentração dos compostos de nitrogênio – nitrito, nitrato, amônio e nitrogênio total, em $\mu\text{g L}^{-1}$ , e dos compostos de fósforo – fostato total, fosfato inorgânico, fosfato orgânico e fósforo total, em $\mu\text{g L}^{-1}$ registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	57
Figura 15. Concentrações de nitrogênio total registradas na água dos pontos situados nos afluentes da margem esquerda e nos pontos situados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010.. ....	58
Figura 16: Concentrações de fósforo particulado e fostato dissolvido no pontos situados nos afluentes da margem esquerda e nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho, São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. Os dois valores correspondem aos valores de fósforo total nas amostras de água.....	59
Figura 17. Valores médios da concentração de silicato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, no período seco (hachurado) e no período chuvoso (em preto) de 2010. ....	60
Figura 18: Concentração de material em suspensão orgânico e inorgânico (em $\text{mg L}^{-1}$ ) nos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e no período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	60
Figura 19. Análise de Componentes Principais (PCA) feitas nos 16 pontos de coleta para o período chuvoso (C) e seco (S) com as variáveis ambientais concentração de oxigênio dissolvido (OD), fósforo total na água (PT), Material em suspensão total (MST), condutividade elétrica (Cond), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID). ....	62

Figura 20: Composição granulométrica do sedimento: porcentagem de argila, silte e areia no sedimento dos 16 pontos de coleta, na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (março) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.....	64
Figura 21. Concentração de nitrogênio total (em mg kg <sup>-1</sup> ) e fósforo total no sedimento (em mg kg <sup>-1</sup> ) nos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	66
Figura 22. - Faixa de sensibilidade de <i>Hyaella meinerti</i> ao CuSO <sub>4</sub> – valores de CL50/96h para cada teste: a linha sólida representa o valor médio das CL50/96h e as linhas pontilhadas representam os limites inferior e superior da faixa de sensibilidade.....	70
Figura 23. Curvas de ranqueamento de abundâncias e riqueza da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos 15 pontos amostrados, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010) .....	78
Figura 24. Curvas de ranqueamento de abundâncias e riquezas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos 15 pontos amostrados na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, durante o período seco (agosto/setembro) de 2010.....	79
Figura 25. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho superior, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).....	80
Figura 26. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Jatobá, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).....	81
Figura 27. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Douradinho, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). ....	81
Figura 28. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).....	82

Figura 29. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	82
Figura 30. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho médio, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	83
Figura 31. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Cascavel, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	83
Figura 32. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	84
Figura 33. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	84
Figura 34. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Martinha, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	85
Figura 35. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	85
Figura 36. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	86

Figura 37. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho inferior, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	86
Figura 38. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espreado I, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010). .....	87
Figura 39. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espreado II, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).....	87
Figura 40. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Captação, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).	88
Figura 41. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho superior, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	88
Figura 42. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Jatobá, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	89
Figura 43. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Douradinho, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	89
Figura 44. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	90
Figura 45. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael foz, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).....	90

Figura 46. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho médio, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	91
Figura 47. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Cascavel, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).....	91
Figura 48. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).....	92
Figura 49. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	92
Figura 50. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Martinha, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).....	93
Figura 51. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	93
Figura 52. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	94
Figura 53. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho inferior, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	94
Figura 54. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espreado I, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	95

Figura 55. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espreado II, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).....	95
Figura 56. Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Captação, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	96
Figura 57. Relação entre abundância total de macroinvertebrados bentônicos nos diferentes pontos de coleta durante o período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e precipitação acumulada 24 horas e 7 dias antes das coletas.....	97
Figura 58: Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os pontos de coleta, as variáveis ambientais: condutividade elétrica (cond), pH, Velocidade da água (vel), concentração de Oxigênio Dissolvido na água (OD), fósforo total na água (PT), fósforo total no sedimento (PTsed), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amônio ( $\text{NH}_3^+$ ) e matéria orgânica do sedimento (MOsed) (Figura 59 A) e os grupos taxonômicos encontrados nos 15 pontos de coleta (Figura 59 B), na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.....	99
Figura 59. Áreas de integração dos componentes da Tríade da qualidade ambiental: Variáveis físicas e químicas (nutrientes), Toxicidade e Alteração da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, para os 16 pontos da sub-bacia do rio Monjolinho avaliados no período chuvoso (novembro de 2009 a março 2010).....	101
Figura 60. Áreas de integração dos componentes da Tríade da qualidade ambiental – Variáveis físicas e químicas (nutrientes), Toxicidade e Alteração da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, para os 16 pontos da sub-bacia do rio Monjolinho avaliados no período seco (agosto e setembro de 2010).....	105
Figura 61. Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os pontos de coleta, as variáveis ambientais: nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), pH, fósforo total na água (PT), matéria orgânica do sedimento (MOsed) e silicato (Sili) e os grupos taxonômicos da comunidade de diatomáceas encontradas nos 16 pontos de coleta, na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e no período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	124

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Localização, características do entorno e vista geral dos pontos de coleta localizados na porção superior da Bacia hidrográfica do rio Monjolinho - São Carlos, SP. ....	47
Tabela 2. Pontuações obtidas para os pontos de amostragem por meio do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) modificado por Callisto et al. (2002) e respectivas classificações: I = Impactado; A = Alterado; N = Natural. ....	54
Tabela 3. Valores de velocidade da água ( $m s^{-1}$ ), profundidade (m), largura (m) e vazão média ( $m^3 s^{-1}$ ) nos 15 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	55
Tabela 4. Porcentagem de matéria inorgânica e matéria orgânica presente no sedimento dos 16 pontos de coleta, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	63
Tabela 5. Valores obtidos nos testes de toxicidade aguda realizados com as amostras de água dos 16 pontos de coleta. Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> ; imobilidade por réplica, imobilidade total, % de imobilidade, resultado do teste, valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica ( $\mu S cm^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $mg L^{-1}$ ) e dureza ( $mg CaCO_3 L^{-1}$ ) das amostras ambientais. Período chuvoso - março de 2010. ....	68
Tabela 6. Valores obtidos nos testes de toxicidade aguda realizados com as amostras de água dos 16 pontos de coleta. Organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> ; imobilidade por réplica, imobilidade total, % de imobilidade, resultado do teste, valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica ( $\mu S cm^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $mg L^{-1}$ ) e dureza ( $mg CaCO_3 L^{-1}$ ) das amostras ambientais. Período seco – agosto/ setembro de 2010. ....	69
Tabela 7. Resultado dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos da bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso de 2010, utilizando-se como organismo-teste a espécie <i>Hyaella meinerti</i> . Mortalidade por réplica, número total, porcentagem de mortalidade e efeito observado. ....	72
Tabela 8. Resultados dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos da bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período seco de 2010, utilizando-se como organismo-teste a espécie <i>Hyaella meinerti</i> . Mortalidade por réplica, número total, porcentagem de mortalidade e efeito observado. ....	73

Tabela 9. Valores da abundância total dos táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos encontrados 16 pontos amostrados, no período chuvoso (C) (novembro 2009 – fevereiro 2010). .....	75
Tabela 10. Valores da abundância total dos táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos encontrados 16 pontos amostrados, no período seco (S) (agosto/setembro de 2010). .....	76
Tabela 11. Valores de Riqueza, abundância, dominância e diversidade de Shannon Wiener obtidos para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados nos 16 pontos amostragem, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010) e período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	77
Tabela 12. Valores dos vértices de cada componente da Tríade da Qualidade Ambiental: Macroinvertebrados, toxicidade e nutrientes, para os períodos seco e chuvoso. Cinza claro: alteração leve; cinza médio: alteração moderada, cinza escuro: forte alteração. ....	100
Tabela 13. Valores do índice BMWP e sua respectiva classificação de qualidade de água e valores calculados da área delimitada pelos vértices da Tríade da Qualidade Ambiental e a proporção entre as magnitudes dos índices (quantas vezes o índice em um ponto foi maior do que o do ponto de referência Espreado II) para o período chuvoso (novembro de 2009 a março de 2010). .....	102
Tabela 14. Valores do índice BMWP e sua respectiva classificação de qualidade de água e valores calculados da área delimitada pelos vértices da Tríade da Qualidade Ambiental e a proporção entre as magnitudes dos índices (quantas vezes o índice em um ponto foi maior do que o do ponto de referência Espreado II) para o período de seca (agosto/setembro de 2010). .....	107
Tabela 15. Abundância relativa de cada táxon encontrado nos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (novembro 2009 - fevereiro 2010). .....	110
Tabela 16. Abundância relativa (porcentagem) de cada táxon encontrado nos 16 pontos amostrados, no período seco (agosto/setembro de 2010). .....	115
Tabela 17. Valores de Riqueza, Dominância, Diversidade de Shannon Wiener e Equitabilidade obtidos para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados nos 16	

pontos amostragem, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010) e período seco (agosto/setembro) de 2010. ....	120
Tabela 18. Classificação das espécies de diatomáceas encontradas nos 16 pontos de coleta situados na sub-bacia do rio Monjolinho quanto ao grau de trofia dos ambientes onde ocorrem e tolerância à poluição. Baseada em Taylor et al. (2007), Lobo et al. (2004).....	125
Tabela 19. Uso e ocupação do solo na parte superior da Bacia do rio Monjolinho: % de agropecuária, % de área urbana, % de áreas naturais da área de drenagem de cada córrego afluente e % total da sub-bacia. ....	155
Tabela 20. Dia e horário da coleta, temperatura, valores de pH, condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e temperatura da água medidas por meio do multissensor “Water Checker – Modelo Horiba U-10” no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	155
Tabela 21. Concentração de nitrito, nitrato, amônio e nitrogênio total, (em $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.....	156
Tabela 22. Concentração de fósforo total, fosfato inorgânico, fosfato orgânico, fósforo total (em $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	156
Tabela 23. Concentração de material em suspensão total e seus constituintes matéria inorgânica e matéria orgânica (em $\text{mg L}^{-1}$ ) coletados na água dos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	157
Tabela 24. Porcentagem de areia, silte e argila do sedimento dos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	157
Tabela 25. Concentração de nitrogênio total (em $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Fósforo total (em $\text{mg kg}^{-1}$ ) no sedimento dos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	158
Tabela 26. Testes de sensibilidade: porcentagem de imobilidade e valores de CE50-48h para o dafnídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de NaCl, e valores de pH e dureza monitorados no início e final dos testes.....	159

Tabela 27. Percentagem de imobilidade e valores de CE50-96h para o anfípoda <i>Hyalella meinerti</i> expostos à CuSO <sub>4</sub> e valores de pH e dureza monitorados durante os testes de sensibilidade. ....	160
Tabela 28. Valores de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) da durante a realização dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos de coleta. Coleta referente ao período chuvoso (março de 2010). ....	164
Tabela 29. Valores de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ) da durante a realização dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos de coleta. Coleta referente ao período seco (agosto/setembro de 2010). ....	167
Tabela 30. Valores médios de pH , Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura da água e precipitação acumulada 24 horas e 7 dias antes da coleta de macroinvertebrados bentônicos realizada no período chuvoso (novembro de 2009/ fevereiro 2010). ....	170
Tabela 31. Cálculo da 1ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: nutrientes, composta pela média dos valores de nitrato, amônio, fósforo total, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido (OD) e material em suspensão total (MST) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espirado II (RTR) para o período chuvoso (março/2010). ....	171
Tabela 32. Cálculo da 2ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: toxicidade, composta pelas porcentagens de sobrevivência de <i>H. meinerti</i> nos testes de toxicidade com sedimento, normalizados pela mortalidade registrada no controle, para o período chuvoso (março/2010). ....	172
Tabela 33. Cálculo da 3ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: comunidade de macroinvertebrados bentônicos, composta pela média das métricas riqueza, abundância, índice BMWP, índice de Wiederholm (O/(O+C)) e porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espirado II (RTR) para o período chuvoso (março/2010). ....	173

Tabela 34. Cálculo da 1ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental, composta pela média dos valores de nitrato, amônio, fósforo total, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido (OD), material em suspensão total (MST) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espraiado II (RTR) para o período seco (agosto/setembro de 2010).....	174
Tabela 35. Cálculo da 2ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: toxicidade, composta pelas porcentagens de sobrevivência de <i>H. meinerti</i> nos testes de toxicidade com sedimento, normalizados pela mortalidade registrada no controle, para o período seco (agosto/setembro de 2010). .....	175
Tabela 36. Cálculo da 3ª componente da Tríade da Qualidade do Sedimento: comunidade de macroinvertebrados bentônicos, composta pela média das métricas riqueza, abundância, índice BMWP, índice de Wiederholm (O/(O+C)) e porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espraiado II (RTR) para o período período seco (agosto/setembro de 2010). .....	176
Tabela 37. Abundância numérica das espécies de diatomáceas amostradas 16 pontos amostrados, no período chuvoso (novembro 2009 – fevereiro 2010) e seco (agosto/setembro) de 2010. ....	177

# Sumário

1. Introdução.....	22
2. Hipóteses e objetivos.....	27
3. Materiais e métodos.....	29
3.1 Localização da área de estudo.....	29
3.2 Variáveis Climáticas e Hidrológicas.....	31
3.3. Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ambiental.....	31
3.4. Amostragens.....	31
3.5 Análises químicas da água.....	32
3.6 Análises do sedimento.....	33
3.6.1 Composição granulométrica e conteúdo de matéria orgânica do sedimento.....	33
3.6.2 Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo no sedimento.....	33
3.7 Testes de Toxicidade - água.....	33
3.7.1 Cultivo do dafnídeo <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Crustacea, Cladocera).....	33
3.7.2 Testes preliminares- Testes de sensibilidade.....	35
3.7.3 Testes Definitivos com as amostras ambientais - água.....	36
3.8 Teste de toxicidade – sedimento.....	37
3.8.1 Cultivo e manutenção do organismo-teste <i>Hyalella meinerti</i> (Crustacea, Amphipoda).....	37
3.8.2 Testes Preliminares - Testes de sensibilidade de <i>Hyalella meinerti</i> .....	38
3.8.3 Testes Definitivos de Toxicidade do Sedimento.....	39
3.9 Comunidade Bentônica.....	40
3.9.1 Amostragem, coleta e identificação.....	40
3.10 Índices Bióticos.....	41
3.10.1 Biological Monitoring Working Party (BMWP).....	41
3.10.2 Tríade da Qualidade Ambiental.....	41
3.11 Comunidade Perifítica - Diatomáceas.....	43

3.11. 1 Amostragem, coleta e identificação.....	43
3.12 Análises Estatísticas .....	44
3.12.1 Variáveis Físicas e Químicas da Água: Análise de Componentes Principais (PCA).....	44
3.12.2 Comunidade Bentônica: Análise de Correspondência Canônica (CCA) .....	44
3.12.3 Comunidade de diatomáceas: Análise de Correspondência Canônica (CCA) .....	45
4. Resultados.....	45
4.1 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo .....	45
4.1.2 Variáveis Hidrológicas para a Sub-Bacia do Rio Monjolinho .....	54
4.2 Variáveis Físicas e Químicas da Água .....	55
4.2.1 Variáveis físicas: pH, condutividade e concentração de oxigênio dissolvido .....	55
4.2.2 Compostos de nitrogênio e fósforo.....	56
4.2.3 Silicato .....	59
4.2.4 Material em Suspensão Total .....	60
4.3 Análise estatística: Análise de Componentes Principais - PCA.....	61
4.4. Análises químicas do sedimento .....	62
4.4.1 Concentração de matéria orgânica e inorgânica no sedimento.....	62
4.4.2 Granulometria.....	63
4.5 Testes de Toxicidade da Água.....	66
4.5.1 Testes de sensibilidade de <i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Cladocera, Crustacea).....	66
4.5.2 Testes de Toxicidade Aguda da Água .....	67
4.6. Teste de toxicidade do sedimento.....	70
4.6.1 Testes de sensibilidade de <i>Hyaella meinerti</i> (Amphipoda, Crustacea) .....	70
4.6.2 Testes de Toxicidade Aguda do Sedimento .....	70
4.7 Estrutura da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos .....	74
4.7.1 Composição Taxonômica e Abundância Numérica .....	74
4.7.2. Curvas dos Componente Dominância e Riqueza da Diversidade .....	78

4.7.3 Abundância Numérica dos Grupos Dominantes .....	80
4.7.4 Relação entre Abundância de Organismos e a Precipitação Pluviométrica .....	96
4.7.5 Análise de Correspondência Canônica (CCA) .....	97
4.8 – Índices Biológicos na Avaliação da Qualidade Ambiental .....	100
4.8.1 Tríade da Qualidade Ambiental e BMWP .....	100
4.8.1.1 Período Chuvoso – 1ª coleta .....	100
4.8.1.2 Período Seco - 2ª coleta .....	104
4.9 Estrutura da Comunidade Perifítica .....	108
4.9.1- Composição Taxonômica e Abundância Relativa das Diatomáceas .....	108
4.9.2 Riqueza, Dominância, Equitabilidade e Diversidade das Diatomáceas na Sub-bacia do Rio Monjolinho .....	120
4.9.3. Análise de Correspondência Canônica .....	122
5. Discussão .....	127
6. Conclusões .....	141
7. Considerações finais .....	142
8. Referências .....	143
Apêndices .....	155
Anexo A – Elaboração de água reconstituída .....	182

# 1. Introdução

---

Apesar da grande importância que os recursos hídricos possuem, os ecossistemas de água interiores são alvos de grandes impactos antrópicos como: excessiva captação de água, despejo de efluentes sanitários e industriais sem tratamento prévio, introdução e dispersão de espécies invasoras, alterações hidrológicas, degradação ambiental e super-exploração de recursos (ALLAN; CASTILLO, 2007). Como consequência dessas pressões é comum a ocorrência de acelerado processo de eutrofização, aumento do custo de tratamento de água, perda da qualidade cênica e desaparecimento de inúmeras espécies aquáticas (AZEVEDO, 2002; TUNDISI, 2003).

Um fator que contribui fortemente para a degradação dos recursos hídricos é a urbanização desordenada. A falta de planejamento do crescimento das cidades resulta na ocupação, pela população de baixa renda, de áreas de risco como encostas, topos de morros e áreas de várzea, locais pouco valorizados pelo mercado imobiliário (MAIN; WILLIAM, 1994). A ocupação dessas áreas altera a drenagem das bacias hidrográficas e propicia o surgimento de problemas de saúde pública, além de outros impactos como enchentes, deslizamentos e desastres causados pelo desequilíbrio no escoamento das águas (TUNDISI, 2003). De acordo com cálculos feitos pela Divisão de Ciências Básicas e Engenharia da UNESCO, para cada 100 dólares gastos pela comunidade internacional para atender desastres hidrológicos, US\$ 96 são gastos em auxílios emergenciais e reconstrução e apenas US\$ 4 são gastos em prevenção (MENDIONDO, 2005).

A não incorporação de valores de serviços naturais em decisões sobre o uso e manejo de áreas de drenagem de bacias hidrográficas vem reduzindo os benefícios que a sociedade recebe dessas áreas (POSTEL; THOMPSON Jr., 2005). Alterações do uso e ocupação do solo – de áreas naturais a áreas agrícolas ou urbanas - diminuem a efetividade da bacia hidrográfica em desempenhar suas funções ecológicas como regular os fluxos de água e purificar fontes que serão necessárias para diversos usos, entre eles o abastecimento humano. Postel e Thompson Jr. (2005), ao analisar 27 fornecedores de água nos Estados Unidos mostraram que os custos para o tratamento de água potável provenientes de bacias hidrográficas com 30% de sua área coberta por florestas são o dobro daqueles em que a água é captada de bacias que possuem até 60% de florestas e três vezes maior para água proveniente

de bacias hidrográficas com apenas 10% de vegetação. Muitas comunidades têm que recorrer a outras fontes de água após a contaminação excessiva das fontes usuais, porém alterar os locais de captação de água gera novos e elevados custos devido à construção de uma nova área de captação, além de todo o sistema de transporte e distribuição de água.

As características físicas e químicas das águas dos rios têm sido relacionadas ao tipo de solo que estes atravessam em suas bacias de drenagem, à cobertura vegetal (SIOLI, 1975) e ao uso e ocupação do solo da área em que estão inseridos (PEDROSO et al., 1988). Devido a esse fato, a bacia hidrográfica foi instituída como unidade de gestão dos recursos hídricos pela lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

Quase toda a área urbana da cidade de São Carlos, estado de São Paulo, Brasil, localiza-se na sub-bacia Hidrográfica do rio Monjolinho, bacia do rio Tietê-Jacaré. Essa sub-bacia possui apenas 26,3% de vegetação remanescente, dos quais somente 17,5% são fragmentos de vegetação natural (VIANA, 2005). O restante da vegetação (73,7%) é composta basicamente por plantações de cana-de-açúcar e pastagens (SILVA, et al., 2000).

O sistema de captação de água do rio Monjolinho, construído entre 1958 e 1960, era composto inicialmente por duas estações de captação: uma na confluência do rio Monjolinho com o córrego Espraiado, conhecida como captação do Espraiado, e outra próxima à desembocadura do Córrego Santa Maria do Leme, conhecida como captação do Galdino (SAAE, 2011). Porém, essa última teve que ser desativada pois a grande urbanização em toda a sua área de drenagem impactou de tal forma a qualidade da água que seu tratamento para o abastecimento público tornou-se inviável. Outras fontes de água tiveram então que ser encontradas para suprir a crescente demanda de água do município. Em 1969 iniciou-se a captação de água subterrânea proveniente do aquífero Guarani, e em 1971 foi inaugurada a captação de água do Ribeirão do Feijão, localizado em uma área mais preservada, porém muito mais afastada da cidade de São Carlos. Atualmente a Estação de Captação de Água do Espraiado fornece água para 15 % da população, o equivalente a 50.000 habitantes (LEME; LEME, 2008). Trinta e cinco por cento da população é abastecida pela sub-bacia do Ribeirão do Feijão, e os demais 50% é suprido por meio de poços artesanais que retiram água do aquífero Guarani (SÃO CARLOS, 2007).

Devido à grande proximidade da cidade de São Carlos dos mananciais da sub-bacia do Monjolinho, a expansão de suas áreas urbanas tem ocorrido ao longo desses corpos hídricos, principalmente dos afluentes localizados na margem esquerda do rio. Para controlar esse

problema, a prefeitura instituiu a lei municipal nº 13.944, de 12 de dezembro de 2006, que determina a criação de Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais (APREMs) (SÃO CARLOS, 2006). Essas áreas correspondem aos dois mananciais de água superficial utilizados para abastecimento público de água – ribeirão do Feijão e rio Monjolinho – cuja captação é realizada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). A criação dessas APREMs teve como objetivo preservar parte dos recursos hídricos superficiais, bem como diminuir a exploração de águas subterrâneas (SÃO CARLOS, 2006).

Com o intuito de melhorar a qualidade e aumentar a quantidade de água na região, bem como minimizar problemas de saúde pública, a prefeitura do município de São Carlos – SP, vem implementando um projeto de recuperação ambiental dos córregos na APREM do rio Monjolinho (LEME; LEME, 2008). Uma das medidas tomadas pela prefeitura da cidade foi a recuperação das nascentes do córrego São Rafael, localizado em área urbana degradada. Dentre os objetivos das medidas corretivas incluem-se a retificação do córrego, a recuperação de mata ciliar, a proteção e contenção da erosão de suas margens e a da área de recarga do lençol freático (LEME; LEME, 2008).

A restauração de habitats é atualmente um dos maiores focos na área de ciências ambientais e geralmente se refere ao re-estabelecimento de processos e funções de ligações biológicas, físicas e químicas entre ecossistemas aquáticos, ripários e terrestres associados (KAUFFMAN et al., 1997). Dada a importância do tema, os projetos de recuperação vêm desempenhando um papel cada vez maior no gerenciamento e manejo ambientais e em decisões políticas (PALMER, 2004). Quando bem sucedidos, esses projetos podem resultar na recuperação de espécies, melhorias na qualidade das águas continentais e aumento na diversidade de ecossistemas para a manutenção de espécies nativas (BERNHARDT et al., 2005).

Segundo Meybeck e Helmer (1992), a qualidade de um ambiente aquático está fortemente relacionada com a presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes concentrações e também com a composição e estrutura da biota do corpo hídrico. De acordo com o autor, é possível determinar a qualidade desses ecossistemas por meio de avaliações físicas e químicas da água e do sedimento e testes de toxicidade com organismos - medidas quantitativas- ou através de índices bióticos, inventário de espécies, etc. - medidas semiquantitativas e qualitativas.

As avaliações de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são realizadas geralmente por meio de análises de variáveis físicas e químicas (SURIANO et al., 2010). Porém, por serem medidas instantâneas realizadas em uma sistema onde mudanças na hidrologia são rápidas e difíceis de estimar (LI et al., 2010) seus valores podem sub ou superestimar os impactos detectados. Mesmo monitoramentos constantes dessas variáveis podem não levar em conta eventos que alteram severamente a comunidade biológica, e conseqüentemente, todo o ecossistema aquático, como interações e sinergismos entre diferentes substâncias químicas e seus efeitos na biota (STEVENSON et al., 1996).

A inclusão de comunidades biológicas em programas de monitoramento tem sido uma ferramenta importante na busca de informações sobre a integridade dos ecossistemas (KARR, 1991; ROSENBERG; RESH, 1993) pois, além de empregar processos rápidos e de baixo custo (SURIANO et al., 2010), fornece registros contínuos da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, uma vez que refletem o grau de impacto a que determinada área está sendo submetida (STEVENSON et al., 1996). Se mudanças antropogênicas afetam a qualidade da água, pode ocorrer diminuição e por fim desaparecimento local das espécies sensíveis a tais modificações, enquanto, por outro lado, ocorre um aumento na abundância de indivíduos de táxons tolerantes a essas alterações (MEGAN et al., 2007).

Enquanto as variáveis físicas e químicas fornecem informações sobre as possíveis causas dos impactos (MUGNAI et al., 2010), os organismos bioindicadores oferecem uma visão ecológica da atual situação de rios e riachos (LI et al., 2010). Dessa forma, a análise das variáveis físicas e químicas em conjunto com as comunidades biológicas constituem a base para uma avaliação mais precisa da qualidade ambiental dos ecossistemas lóticos (LOBO; CALLEGARO, 2000). Dentre essas comunidades, as mais utilizadas para o biomonitoramento de rios são os macroinvertebrados bentônicos, o perifíton e os peixes (LI et al., 2010).

Algumas características importantes das comunidades de macroinvertebrados bentônicos são: os organismos apresentam locomoção reduzida; a amostragem é simples, de baixo custo e causa um baixo impacto na comunidade; são organismos relativamente fáceis de serem identificados até o nível taxonômico de família; podem ser extremamente ricas até em rios de pequeno porte; respondem rapidamente a distúrbios, além de serem compostos por uma grande quantidade de táxons que respondem diferentemente aos níveis de poluição, podendo, portanto, indicar gradientes de impactos (BUSS et al., 2003). Devido a todas essas

características, os macroinvertebrados bentônicos vem sendo amplamente utilizados para biomonitoramento em diversas partes do mundo, especialmente na Austrália, Estados Unidos e muito países europeus (SURIANO et al., 2010).

No Brasil, diversas agências ambientais incluíram a amostragem da comunidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental, como a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a FEEMA no Rio de Janeiro e o Instituto ambiental do Paraná e o CETEC, de Minas Gerais, fazendo adaptações regionais de diversos índices como o BMWP (PARESQUI, 2008).

Além dos macroinvertebrados, as diatomáceas, um dos principais integrantes da comunidade perifítica, desempenham um importante papel ecológico nos ambientes lóticos como constituintes do primeiro nível trófico por serem produtores primários, atuando no fluxo e transferência de energia como alimento para os demais níveis em diversas cadeias alimentares desses ambientes (ROCHA et al., 1992), e por purificarem a água por meio da absorção de impurezas, como nutrientes e metais potencialmente tóxicos (BERE; TUNDISI, 2010a).

Pelo fato das diatomáceas responderem rapidamente mesmo a pequenas alterações ambientais, resultando em mudanças na sua composição taxonômica e biomassa (ROCHA, 1992) essa comunidade é também muito útil para programas de biomonitoramento (ROUND, 1991), tendo sido cada vez mais utilizada (LOBO et al., 2004; SALOMONI et al., 2006 ; BERE; TUNDISI, 2010).

De acordo com Karr e Dudley (1981), a integridade biológica é definida como a capacidade de um ecossistema em manter uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptativa, que apresente uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparável ao de habitats naturais na região.

São muitas as abordagens utilizadas no biomonitoramento de ecossistemas de águas continentais, desenvolvidas na tentativa de melhor avaliar as reais condições ecológicas dos corpos de água. Dentre elas se destacam: os índices de diversidade, compostos basicamente por três componentes estruturais das comunidades: riqueza, equitabilidade e abundância; índices bióticos, baseados na presença/ausência ou abundância relativa e sensibilidade de táxons a alguma alteração ambiental, como o índice Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), e abordagens multivariadas, que adotam análises estatísticas para

predizer, entre outras coisas a distribuição da fauna entre os pontos analisados e sua relação com as variáveis ambientais (LI et al., 2010).

Uma outra abordagem, proposta por Chapman (1990) para a avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos consiste na Tríade de Qualidade de Sedimentos, composta por: análises químicas e físicas, testes de toxicidade e levantamento da fauna residente. A tríade resultante da associação das características físicas e químicas da água, do resultado das avaliações ecotoxicológicas e da bioindicação por meio das comunidades fornece uma boa análise da qualidade ambiental, uma vez que integra as características ambientais com as respostas das comunidades.

O presente estudo consiste na aplicação destas abordagens visando obter informações relevantes e consistentes sobre a qualidade ambiental das nascentes da sub-bacia do rio Monjolinho a montante da Estação de Captação de Água do Espraiado, na cidade de São Carlos, e buscando gerar informações relevantes que possam subsidiar futuras tomadas de decisão por parte dos órgãos públicos responsáveis pela melhoria da qualidade ambiental dos mananciais e garantia do fornecimento de água de qualidade para a população de São Carlos.

## *2. Hipóteses e objetivos*

---

### **Hipótese geral:**

O modelo de expansão urbana de parte da cidade de São Carlos está interferindo negativamente na integridade ecológica dos córregos localizados à montante da Estação de Captação de Água do Espraiado.

### **Objetivo Geral:**

Avaliar a qualidade ambiental das nascentes e afluentes da região superior da sub-bacia do rio Monjolinho e o grau de impacto antrópico na área de drenagem dessa sub-bacia na porção à montante da estação de captação do Espraiado.

**Hipóteses:**

- a) Na porção a montante de captação de água do Espraiado, a carga de nutrientes da água e do sedimento nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho é maior do que nos afluentes da margem direita;
- b) Os índices bióticos de poluição evidenciam maior comprometimento da qualidade da água nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho;

**Objetivos Específicos**

- Caracterizar o uso e a ocupação do solo na região superior da sub-bacia do rio Monjolinho a montante da Estação de Captação de água do Espraiado;
- Caracterizar física e quimicamente a água e o sedimento dos riachos afluentes do rio Monjolinho na região em estudo e da água não tratada na captação do Espraiado, comparando principalmente os afluentes da área urbana (margem esquerda) com os afluentes da área predominantemente rural (margem direita);
- Avaliar a existência ou não de toxicidade aguda da água e/ou do sedimento das nascentes aos organismos-teste *Ceriodaphnia silvestrii* e *Hyaella meinerti*;
- Comparar os instrumentos de coleta da comunidade de macroinvertebrados bentônicos: rede em D e draga de Van Veen para avaliar qual é o mais eficiente;
- Analisar as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e de diatomáceas perifíticas visando, por meio de índices bióticos e abordagens multivariadas, utilizá-los como indicadores da qualidade ambiental nas diferentes localidades estudadas na região superior da bacia hidrográfica do rio Monjolinho;
- Avaliar por meio da abordagem da Tríade (Variáveis abióticas, Testes ecotoxicológicos e Comunidades biológicas) a qualidade ambiental da sub-bacia do rio Monjolinho a montante da Estação de Captação de água do Espraiado.

## ***3. Materiais e métodos***

---

### **3.1 Localização da área de estudo**

O município de São Carlos está inserido em duas grandes bacias do Estado de São Paulo, sendo 2/3 de sua área localizada na Bacia do rio Mogi-Guaçu e 1/3 na bacia Tietê-Jacaré; esta última é formada por 5 sub-bacias: Chibarro, o Monjolinho, Feijão, Pântano e Jacaré-Guaçu (SÃO CARLOS, 2007). A área de estudo situa-se na região superior da sub-bacia do Monjolinho, em área de nascentes com altitudes variando de 700 a 800 m, e solos do tipo latossolo vermelho-amarelo (SÃO CARLOS, 2007).

A sub-bacia hidrográfica do rio Monjolinho localiza-se na região centro-norte do Estado de São Paulo, entre os paralelos 21° 57' e 22° 06' S e 47° 50' e 48° 05' W (IBGE, 1971). Desde 1991 essa área faz parte do 6º Grupo de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHi) do Estado de São Paulo, situando-se na 13ª Bacia Hidrográfica, denominada Tietê/Jacaré (ALONSO, 1995).

Ao longo do rio Monjolinho, na região à montante da Estação de Captação de Água do Espraiado, deságuam 9 afluentes, sendo os da margem direita, os córregos: Jatobá, Dois Portões, Cascavel, Martinha e Espraiado, e os da margem esquerda, Douradinho, São Rafael, Ponte de Tábua e Belvedere. As estações de amostragem foram definidas de acordo com as características geomorfológicas dos cursos d'água (corredeiras, planos, etc.), influências antrópicas (mancha urbana, cultivos agrícolas, etc.) e grau de dificuldade de acesso aos locais. Procurou-se amostrar dois pontos em cada córrego afluente, sendo uma das estações próxima à nascente do córrego e a outra perto de sua confluência com o rio Monjolinho. Além disso, foram feitas coletas em três pontos desse rio, Monjolinho superior, Monjolinho médio e Monjolinho inferior, e na estação de captação de água do Espraiado. Os pontos de coleta foram geo referenciados com GPS Garmin ETREX®. A área de estudo, bem como os pontos de coleta estão esquematizados no Figura 1.

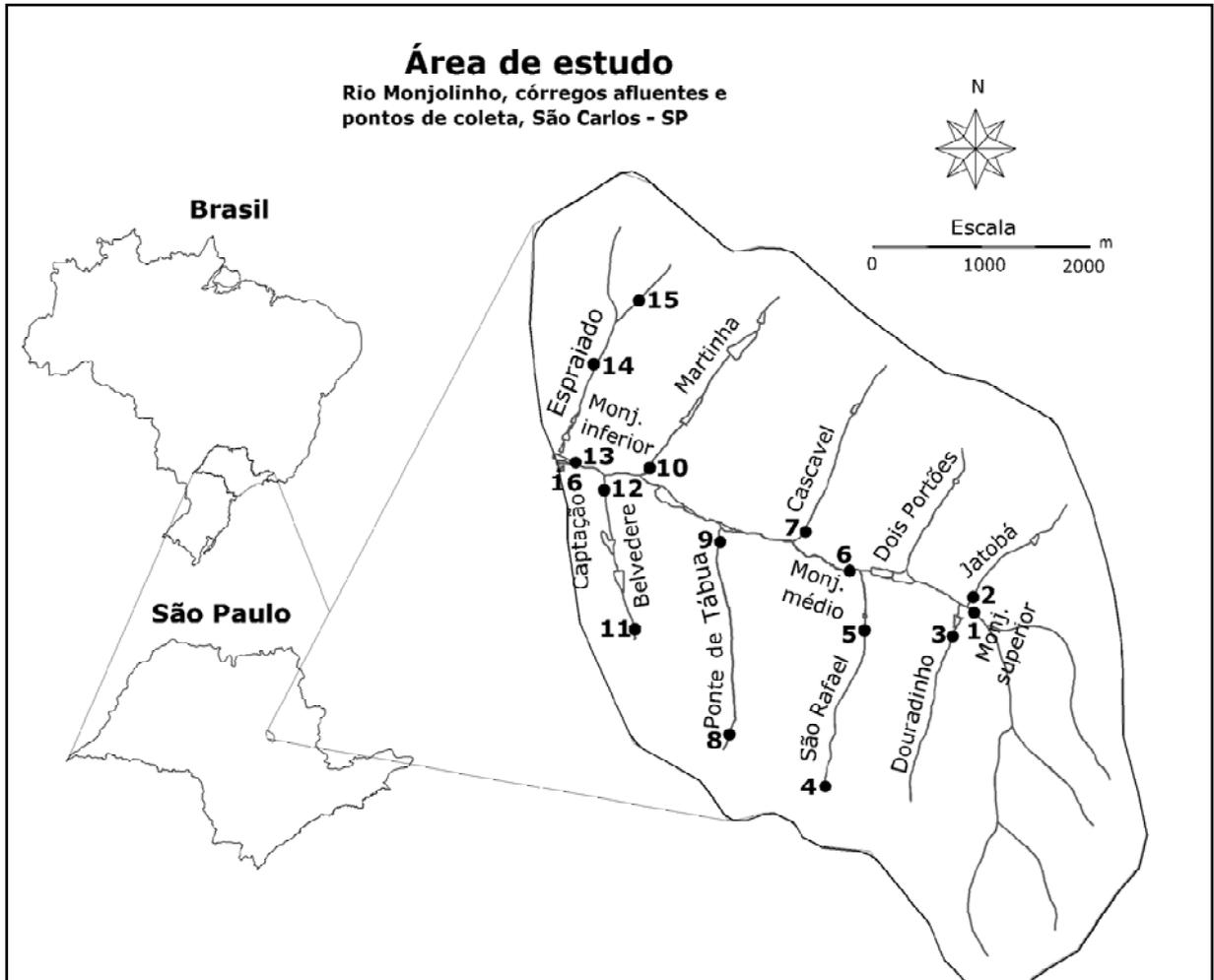


Figura 1. Localização da área de estudo no Brasil e no estado de São Paulo, e mapa da sub-bacia do rio Monjolino a montante da Captação do Espraiado, São Carlos - SP, indicando os córregos e os pontos de coleta.

A partir de uma imagem de satélite da sub-bacia de 2008 fornecida pelo SAAE e por meio do programa AutoCAD, calculou-se a área de ocupação de cada uso do solo, para toda a sub-bacia analisada e para a sub-bacia de cada córrego afluente.

## **3.2 Variáveis Climáticas e Hidrológicas**

Os valores de precipitação pluviométrica foram obtidos no site do Instituto Nacional de Meteorologia: dados da Estação Automática de São Carlos. (INMET, 2010).

A largura e profundidade dos córregos foram determinadas fazendo-se três medidas ao longo do canal do rio, próximo ao ponto de coleta e calculando-se o valor médio. A velocidade da corrente foi aferida calculando-se o valor médio de três medidas da velocidade da corrente, determinada medindo-se o tempo gasto por um objeto para percorrer um trecho de comprimento determinado (PORTO, 2006). Tentou-se usar um fluxômetro, porém alguns córregos eram rasos demais, e a coluna d'água não cobria toda a hélice, impedindo a determinação da velocidade.

## **3.3. Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ambiental**

Para auxiliar na caracterização dos pontos de coleta, foi aplicado em cada ponto o Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ambiental desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio, EUA (EPA, 1987) e modificado por Callisto et al. (2002), que avalia um conjunto de variáveis relacionadas à ocupação antrópica próxima aos corpos d'águas, características do sedimento, da coluna d'água, presença de mata ciliar, entre outros. Esses parâmetros são descritos em categorias e pontuados. O valor final do protocolo é obtido a partir da soma dos valores atribuídos a cada parâmetro. As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos dos córregos analisados: uma pontuação de 0 a 40 indica trechos “impactados”; de 41 a 60, os trechos são classificados como “alterados” e acima de 61 pontos, como “naturais”, ou íntegros.

## **3.4. Amostragens**

As coletas foram feitas em dois períodos: as coletas referentes ao período chuvoso foram realizadas nos dias 10 e 11 de março de 2010 e as referentes ao período seco, nos dias 24 e 27 de agosto e 01 de setembro de 2010. As variáveis físicas e químicas: pH, condutividade elétrica da água, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água

foram medidas *in situ* no momento da coleta de água e sedimento, por meio do multisensor “Water Quality Checker – Modelo Horiba U-10”.

As amostras de água sub-superficial foram coletadas em duplicata – uma para a realização dos testes ecotoxicológicos e outra para as análises químicas da água - e armazenadas em garrafas não tóxicas de plástico de 300 mL. Já as coletas de sedimento foram feitas utilizando-se uma draga do tipo Van Veen, com três repetições de amostragem para cada ponto de coleta, visando a obtenção de uma amostra mais representativa do sedimento de cada local. As amostras foram homogeneizadas e armazenadas em potes não tóxicos de 1 L para a realização dos testes de toxicidade, e em potes de 500 mL para análises químicas e de granulometria do sedimento. O material foi transportado até o laboratório em caixas térmicas contendo gelo. No laboratório as amostras de água foram congeladas em freezer a uma temperatura de -20 °C e as amostras de sedimento, mantidas em geladeira a 4 °C até serem utilizadas para as análises.

### **3.5 Análises químicas da água**

Para as análises dos compostos de nitrogênio e fósforo da água, uma parte das amostras foi filtrada em filtros de microfibras de vidro GF/C da marca Whatman, com 47 mm de diâmetro e 1,2 µm de porosidade, para reter o material particulado.

As variáveis químicas que foram determinadas nas amostras de água e os métodos empregados para a determinação das mesmas foram: concentração de fósforo e nitrogênio total (VALDERRAMA, 1981), nitrito (BENDCHREIDER; ROBINSON, 1952), *apud* GOLTERMAN et al., 1978), nitrato (MACKERETH et al., 1978), amônio (KOROLEFF, 1976 *apud* MACKERETH et al., 1978), fosfato total dissolvido, fosfato orgânico e fosfato inorgânico (STRICKLAND; PARSONS, 1960) e silicatos (SiO<sub>2</sub>) (GOLTERMAN et al., 1978). Para a determinação dessas variáveis foram utilizados métodos espectrofotométricos.

As concentrações de material em suspensão, expressas em mg L<sup>-1</sup> (matéria orgânica e inorgânica) foram determinadas em cada ponto de coleta filtrando-se um volume de água em filtros de fibra de vidro GF/C, da marca Whatman (47 mm) e 1,2 µm de porosidade, previamente calcinados a 480°C por uma hora, de acordo com os procedimentos descritos em Teixeira et al. (1965).

## **3.6 Análises do sedimento**

### **3.6.1 Composição granulométrica e conteúdo de matéria orgânica do sedimento**

Após a coleta, as amostras de sedimento foram secas à temperatura ambiente em local aberto. Depois de secas, foram destorroadas com martelo de madeira e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para a remoção de materiais grosseiros tais como fragmentos de vegetais, pedregulhos, entre outros materiais indesejáveis, conforme sugerido por Trindade (1980).

O conteúdo de matéria orgânica do sedimento foi determinado segundo a metodologia descrita por Buchman e Brady (1979), por meio da digestão completa com peróxido de hidrogênio. A composição granulométrica do sedimento foi determinada segundo os procedimentos descritos por Suguio (1973), sendo que a contribuição relativa das diferentes frações de areia foi determinada pelo método de peneiramento e o conteúdo de silte e argila (frações mais finas) por meio da técnica de pipetagem.

### **3.6.2 Determinação das concentrações de nitrogênio e fósforo no sedimento**

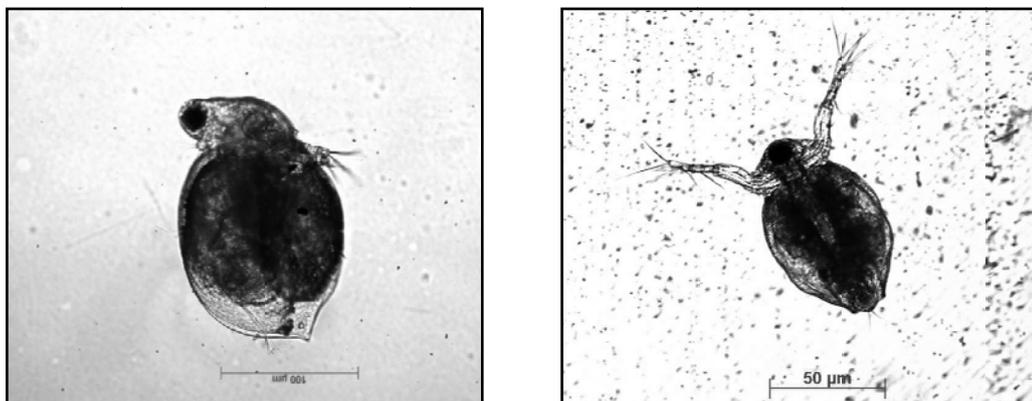
Para a determinação do fósforo total no sedimento foi utilizado o método de Andersen (1976) e a concentração de nitrogênio total no sedimento foi determinada pelo método Kjeldahl (APHA, 1999).

## **3.7 Testes de Toxicidade - água**

### **3.7.1 Cultivo do dafinídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera)**

O dafinídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Figura 2) é cultivado por mais de uma década no Laboratório de Cultivo e Ecotoxicologia, DEBE/UFSCar, São Carlos (SP). A partir desses

cultivos, foram iniciados novos cultivos estoque, seguindo-se as normas da ABNT (2004, 2005) para o preparo da água de cultivo, alimentação dos indivíduos e condições de manutenção desses organismos.



**Figura 2:** Vista geral do dafinídeo *Ceriodaphnia silvestrii*. Fonte: Denise T. Okumura, 2009, com permissão.

Os organismos foram cultivados em água reconstituída (Anexo A), com pH variando entre 7,0 e 7,6 e dureza total entre 40 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> e 48 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (ABNT, 2005).

As fêmeas ovígeras de *Ceriodaphnia silvestrii* foram cultivadas em béqueres com capacidade para 2L, mantidas sob condições controladas em incubadora a 25°C ± 1 °C de temperatura e fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro. As renovações de água reconstituída nos cultivos estoque foram realizadas três vezes por semana, sendo duas trocas parciais (50% do volume de água substituído) e uma total (100% do volume de água substituído). Com o objetivo de evitar interferências causadas pela superpopulação, foram mantidos no máximo 120 indivíduos em cada béquer. Durante as trocas do meio, os indivíduos foram colhidos e separados com o auxílio de uma pipeta Pasteur com diâmetro adequado para não ferir os organismos.

Após a troca da água, os organismos eram alimentados com uma suspensão da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* na densidade de 5x10<sup>5</sup> cél mL<sup>-1</sup>, acrescida de 1 mL L<sup>-1</sup> de alimento composto, que consiste em uma mistura em partes iguais de levedura, fermento biológico seco Fleishmann® dissolvido em água destilada (0,25g em 50 mL) e ração de peixe fermentada Tetramin® (5 g em 1000 mL), de acordo com a norma da ABNT (2004).

A alga *Pseudokirchneriella subcapitata* foi cultivada em meio CHU-12 sob aeração e fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro constantes, durante 1 semana. Após esse período a alga foi colhida, mantida na geladeira para decantação por mais uma semana, e o sobrenadante, contendo os nutrientes não aproveitados pela alga e os seus metabólitos, foi descartado. O material sedimentado foi novamente ressuspense em água de cultivo e utilizado como alimento para o cultivo do organismo-teste *C. silvestrii*. A densidade algal foi determinada a partir de contagens do número de células em hemacitômetro em Câmara de Neubauer, com o auxílio de um microscópio óptico.

### 3.7.2 Testes preliminares- Testes de sensibilidade

Os testes de sensibilidade são testes de toxicidade aguda, realizados de acordo com os procedimentos indicados nas normas técnicas padronizadas (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006; ABNT, 2005). Tais análises permitem maior confiabilidade e precisão nos resultados a serem alcançados por indicarem se os organismos-teste encontram-se saudáveis, uma vez que é preciso ter certeza que a mortalidade (ou imobilidade) dos organismos se deve a algum poluente presente nas amostras de água e não a uma fragilidade dos organismos testados. Esses testes foram montados concomitantemente aos testes de toxicidade da água, utilizando, portanto, neonatas de mesma idade e mesmas condições de cultivo. A substância de referência utilizada foi o cloreto de sódio.

Para a realização destes testes, cinco neonatas, com idade inferior a 24 horas, foram colocadas em frascos plásticos atóxicos contendo 10 mL de solução de cloreto de sódio (NaCl) nas seguintes concentrações: 0,0 (controle, contendo somente água reconstituída); 0,6; 1,0; 1,3; 1,6; 2,2 g L<sup>-1</sup>, em quatro réplicas. Os organismos permaneceram durante 48 h em uma câmara climática a (25 ± 1) °C, sem iluminação e sem alimentação.

Após o período de 48h foram contados os indivíduos imóveis para o cálculo da CE50-48h para NaCl, isto é, a concentração efetiva mediana que causa efeito agudo (imobilidade) em 50% dos organismos no tempo de exposição de 48h (ABNT, 2004; 2005). Os organismos foram considerados adequados para serem utilizados nos testes de toxicidade quando o valor da CE50-48h permaneceu dentro de uma faixa de sensibilidade previamente estabelecida pelo Laboratório de Cultivo e Ecotoxicologia: 0,76 – 1,46 g L<sup>-1</sup> NaCl. Se a porcentagem de organismos imóveis no controle excedesse 10%, o resultado era invalidado. Neste caso, os testes eram repetidos.

Para o cálculo da CE50-48h utilizou-se o programa estatístico Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et al., 1977). No início e no fim dos testes de sensibilidade foram realizadas medidas de pH e de dureza (apenas no início, devido ao volume insuficiente das soluções para a medição da dureza final) para as diferentes concentrações de cloreto de sódio.

### 3.7.3 Testes Definitivos com as amostras ambientais - água

Os experimentos foram efetuados de acordo com as recomendações da CETESB (1992) e ABNT (2004). As amostras ambientais de água foram descongeladas até atingir a temperatura ambiente, homogeneizadas, e então, utilizadas nos testes. Cinco neonatas (indivíduos com menos de 24 horas) de *Ceriodaphnia silvestrii* foram expostas em 10 mL da água coletada nos rios ou córregos sem diluição, ou seja, 100%. Para cada ponto de coleta foram feitas 4 réplicas (Figura 3). No controle foram adicionados 10 mL de água reconstituída em cada uma das réplicas.

Os experimentos foram mantidos durante 48 horas em estufa incubadora a  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro e sem alimentação. As variáveis pH, condutividade, dureza e concentração de oxigênio dissolvido foram medidas no início e no final dos testes de toxicidade aguda. Ao final dos testes foram contados os organismos imóveis em cada tratamento e no controle. Os testes foram descartados nos casos em que a mortalidade dos organismos no controle fosse maior que 10%.

Para a análise dos resultados, utilizou-se o teste de Fisher do programa Toxstat, que compara a mortalidade em cada ponto com a mortalidade do controle (nível de significância menor ou igual a 0,05).



**Figura 3.** Foto do experimento de teste de toxicidade aguda da água dos 16 pontos de coleta ao cladócera *Ceriodaphnia silvestrii*.

### 3.8 Teste de toxicidade – sedimento

#### 3.8.1 Cultivo e manutenção do organismo-teste *Hyaella meinerti* (Crustacea, Amphipoda)

O cultivo do anfípoda *Hyaella meinerti* (Figura 4A) foi feito de acordo com recomendações da ABNT (2007) e USEPA (2000). Os cultivos-estoque desses organismos foram provenientes de uma população mantida em tanques de cultivo na Reserva Experimental do Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, da Universidade Federal de São Carlos. Esses organismos foram mantidos sob condições controladas em incubadora, a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  de temperatura e fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro em béqueres de 2L, inicialmente com água do local de coleta. Diariamente,  $\frac{1}{4}$  do volume de água era substituído por água reconstituída para aclimação dos organismos à água de cultivo. Nos béqueres foi adicionado um pequeno pedaço de rede de náilon com abertura de 2 mm e macrófitas para servirem de substrato (Figura 4B).



**Figura 4. A: Juvenil de *Hyaella meinerti*. B: Becker de cultivo, contendo rede de náilon e indivíduos de *Hyaella meinerti*.**

Os organismos eram alimentados diariamente com 0,025 mL de alimento composto por indivíduo (semelhante ao utilizado no cultivo de *C. silvestrii* – ABNT, 2007) e três vezes por semana com suspensão da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* na densidade de  $5 \times 10^5$  cél mL<sup>-1</sup>.

A separação dos adultos e das neonatas era feita filtrando-se todo o volume do cultivo do Becker em duas redes de diferentes malhas, uma com abertura de 500  $\mu\text{m}$ , que permite a passagem das neonatas e retém os adultos, e outra com abertura de malha de 60  $\mu\text{m}$ , onde as neonatas ficavam retidas. As neonatas eram então mantidas em béqueres separados até que atingissem a idade apropriada para início dos testes (de 7 a 14 dias).

### **3.8.2 Testes Preliminares - Testes de sensibilidade de *Hyaella meinerti***

Os testes de sensibilidade foram feitos de acordo com a metodologia descrita pelas normas da ABNT (2007). A substância de referência utilizada para os testes de sensibilidade com *Hyaella meinerti* foi sulfato de cobre –  $\text{CuSO}_4$ . Para a determinação da faixa de sensibilidade foi realizado primeiramente um teste preliminar de 48 horas de duração, utilizando-se seis concentrações além do controle (0,01; 0,1; 1; 3; 10 e 30  $\mu\text{g L}^{-1}$  de  $\text{CuSO}_4$ ), visando obter a menor concentração da solução-teste que causa mortalidade a 100% dos organismos teste e a maior concentração na qual não é observado mortalidade (ABNT, 2007). Para cada teste foram estabelecidas 10 réplicas por concentração, adicionando-se um volume de 20 mL de solução teste e um juvenil de *H. meinerti* em cada réplica. Do intervalo entre essas duas concentrações obtidas, foram determinadas as 5 concentrações permanentes para a realização dos testes de sensibilidade, sendo elas: 0,1; 0,5; 1; 1,5 e 3  $\mu\text{g L}^{-1}$  de  $\text{CuSO}_4$ . Foram feitos 8 testes de sensibilidade para se determinar a CE50-96h, isto é, a concentração efetiva mediana de  $\text{CuSO}_4$  que causa letalidade (toxicidade aguda) a 50% dos organismos testados após 96 horas do início dos testes. A partir desses valores, calculou-se a faixa de sensibilidade de *H. meinerti* ao  $\text{CuSO}_4$ , que corresponde a  $\pm 2$  desvios-padrão em relação aos valores médios de CE50-96h. Para o cálculo da CE50-96h utilizou-se a análise estatística Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON et al., 1977).

Esses testes foram realizados concomitantemente aos testes de toxicidade da água, utilizando, portanto, neonatas de mesma idade e sob as mesmas condições de cultivo. Os experimentos foram mantidos em estufa incubadora a  $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ , fotoperíodo de 12h:12h claro:escuro, alimentados após 48 horas do início dos testes. As variáveis químicas pH e dureza da água foram medidas no início e no final dos testes de sensibilidade. Ao fim dos testes foram contados os organismos imóveis em cada tratamento e no controle.

### 3.8.3 Testes Definitivos de Toxicidade do Sedimento

As amostras de sedimento foram previamente homogeneizadas e 100 mL de sedimento foram adicionados em copos plásticos atóxicos de 400 mL, em cada uma das 4 réplicas estabelecidas para cada local de coleta. Após isso, 175 mL de água reconstituída foi adicionada com muito cuidado para evitar a suspensão do sedimento (ABNT, 2007). No controle, foram adicionados 275 mL de água reconstituída e tela de náilon de 2 mm de abertura de malha, apenas para servir de substrato.

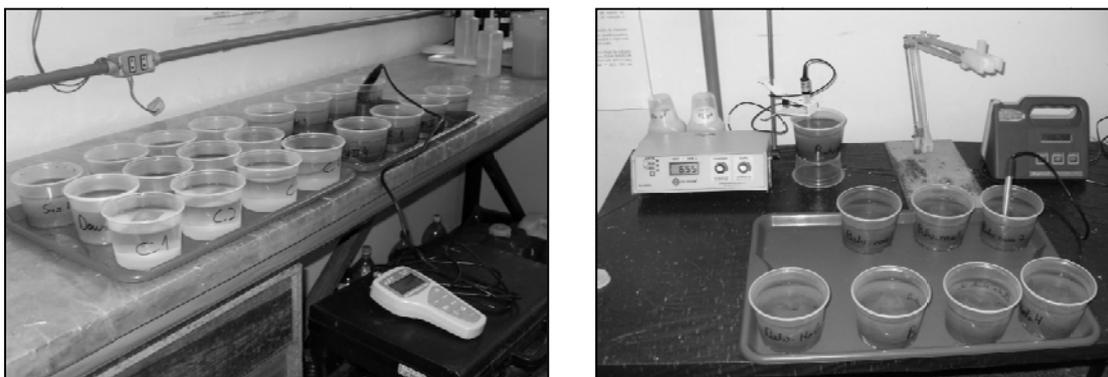
Os recipientes-teste foram cobertos e mantidos em repouso por 24 horas. Após esse período, o pH, a condutividade elétrica e a concentração de oxigênio dissolvido na solução-teste foram medidos em cada um dos recipientes. Utilizou-se o oxímetro da marca Cole-Parmer<sup>®</sup>, modelo 53012 para aferir os valores de OD (Figura 5A); os valores de pH foram determinados por meio de um pHmetro marca Quimis<sup>®</sup>, modelo Q 400 A e a condutividade, por meio de um condutivímetro da marca Digimed<sup>®</sup>, modelo DM3 (Figura 5B). Em seguida 10 juvenis de *Hyalella meinerti* (entre 7 e 14 dias) foram adicionados em cada um dos recipientes-testes, e alimentados com 1 mL de alimento composto, marcando o início do experimento.

A cada 2 ou 3 dias era feita a renovação de 2/3 da água, para impedir que a concentração de oxigênio dissolvido da água diminuísse drasticamente e que os metabólitos excretados pelos organismos pudessem causar-lhes toxicidade ou contribuir para a toxicidade de contaminantes presentes no sedimento (USEPA, 2000). De acordo com a United States Environmental Protection Agency, apesar da redução na concentração de contaminantes na água em testes com renovação de água, os organismos em contato direto com o sedimento geralmente recebem uma quantidade substancial de doses de contaminantes (USEPA, 2000). Nos dias de renovação parcial da água, os organismos eram alimentados com 1 mL de alimento composto. Essa renovação era feita por meio do sifonamento superficial de 2/3 do volume da água, evitando-se a ressuspensão do sedimento e impedindo a perda de organismos. Volumes correspondentes de água eram adicionados, mantendo-se o volume inicial de água em cada réplica (ABNT, 2007).

Diariamente a concentração de oxigênio dissolvido foi medida, visando que esta não atingisse valores menores que 2,5 mg L<sup>-1</sup>. Nos dias de renovação parcial, uma amostra contendo uma alíquota de água de cada recipiente-teste era utilizada para medidas das

variáveis pH, condutividade, dureza e concentração de oxigênio dissolvido em cada ponto. Os experimentos eram encerrados no 10º dia. No último dia essas variáveis foram medidas em cada réplica de cada ponto.

A mortalidade total registrada para cada ponto de coleta foi estatisticamente comparada com os resultados obtidos para o controle por meio do teste de Fisher. As amostras foram consideradas tóxicas quando  $\alpha \leq 0,05$ .



**Figura 5.** Teste de toxicidade aguda do sedimento dos 16 pontos de coleta com *Hyaella meinerti*. A: Medição da concentração de Oxigênio dissolvido. B: Medição de pH (à esquerda) e de condutividade elétrica da água (à direita).

## 3.9 Comunidade Bentônica

### 3.9.1 Amostragem, coleta e identificação

A comunidade bentônica foi coletada no período chuvoso, de novembro de 2009 a fevereiro de 2010, e no período seco, agosto e setembro de 2010. Nas coletas de sedimento para análise da comunidade bentônica foi utilizada uma draga do tipo Van Veen, com 435 cm<sup>2</sup> de área amostral. As amostras foram coletadas em triplicata, em cada ponto de coleta. Para melhor representar a comunidade bentônica, foi feita uma varredura com o amostrador rede em D de 0,5 mm de abertura de malha durante 30 segundos.

As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, fixadas com formol 8% e coradas com rosa Bengala, que facilita a visualização dos organismos, no próprio local de coleta. No laboratório, essas amostras foram lavadas em duas peneiras, a primeira com 1,00 mm e a segunda com 0,21mm de abertura de malha para retirar o excesso de sedimento. Após isso, o

sedimento era colocado em bandejas transluminadas, onde os organismos eram cuidadosamente triados.

A identificação taxonômica foi feita utilizando-se microscópios estereoscópico e óptico. Todos os indivíduos coletados foram contados e identificados: os insetos até o nível taxonômico Família; já os outros grupos foram identificados até Ordem ou Classe. As chaves utilizadas na identificação dos organismos bentônicos foram: Calor (2007), Costa et al. (2004), Lecci e Froelich (2007), Mariano (2007), Pes et al. (2005), Pinho (2007) e Pereira et al. (2007).

## **3.10 Índices Bióticos**

### **3.10.1 Biological Monitoring Working Party (BMWP)**

Utilizou-se uma adaptação regional dos *scores* do índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) adaptado por Peláez-Rodríguez (2001). Esse índice pontua as famílias das comunidades bentônicas em 9 classes, atribuindo-lhes valores que variam de 1 a 10. Tais valores baseiam-se na sensibilidade dos organismos à poluição orgânica: quanto mais sensível, maior a pontuação.

### **3.10.2 Tríade da Qualidade Ambiental**

A avaliação de impacto ambiental em cada localidade estudada baseou-se na Tríade da Qualidade do Sedimento proposta por Chapman (1990), que consiste em determinar a contaminação do sedimento por meio de três componentes: o primeiro refere-se às características físicas e químicas do sedimento; o segundo, aos aspectos ecotoxicológicos e o terceiro às características das comunidades biológicas.

#### **3.10.2.1 Componente 1: análises físicas e químicas**

A Tríade da qualidade do sedimento sugere que o primeiro componente seja baseado nas características químicas do sedimento, porém, neste estudo, fez-se uma adaptação e para compor a componente 1 da Tríade foram utilizados variáveis normalmente utilizadas que indicam poluição orgânica da água: concentração de oxigênio dissolvido na água,

condutividade elétrica, material em suspensão total, concentrações de nitrato, amônio e fósforo total.

### **3.10.2.2 Componente 2: bioensaios – testes de toxicidade aguda**

Foram utilizados os valores de sobrevivência de anfípodos da espécie nativa *Hyalella meinerti*, que vive no sedimento dos corpos de água da região estudada, submetidos a testes de toxicidade aguda de 10 dias de duração com as amostras de sedimento dos pontos estudados.

### **3.10.2.3 Componente 3: alterações *in situ* – comunidade de macroinvertebrados bentônicos**

As variáveis relacionadas à comunidade de macroinvertebrados bentônicos utilizadas para formar o terceiro componente da tríade foram baseadas nos parâmetros riqueza e abundância, utilizados por Chapman (1987) e nos índices BMWP e porcentagem de EPTs, métricas consideradas boas indicadores por Suriano et al., (2010) ao qual foi somado um valor de 0,1 para retirar os valores iguais a 0, que impossibilitam o cálculo das taxas de referência. Além destes, foi utilizado o índice de Wiederholm  $O/(O+C)$ , que indica o grau de poluição orgânica devido às alterações na proporção desses organismos em ambientes com poluição orgânica.

Conforme sugerido por Chapman et al. (1987), fez-se uma normalização de todas as variáveis utilizadas para compor cada componente da Tríade dividindo-se os valores encontrados para cada parâmetro pelo valor obtido no ponto de referência Espreado II, convertendo assim esses valores em razões de referência (“ratio to reference” RTR), que puderam ser combinados para gerar um perfil de cada unidade amostral, permitindo que esses perfis fossem comparados mais facilmente. Os valores de RTR de cada componente da Tríade foram considerados vértices de triângulos com uma origem comum (0,0) e dessa forma, uma medida relativa da degradação pode ser calculada a partir da área formada pela junção dos valores dos vetores para cada ponto amostral (Chapman, 1990). Quanto maior a área do triângulo, mais impactado encontra-se o local.

## 3.11 Comunidade Perifítica - Diatomáceas

### 3.11.1 Amostragem, coleta e identificação

Pedras foram utilizadas como substrato artificial para a colonização e obtenção de diatomáceas epilíticas nas localidades estudadas. Essas foram coletadas em um riacho de fundo pedregoso localizado no município de Ibaté, SP. Procurou-se retirar pedras do mesmo tipo, com tamanho e formato similares, para evitar outras interferências na posterior amostragem das algas, embora de acordo com Round (1993) o efeito dos diferentes tipos de pedras parece não influenciar na composição das espécies de diatomáceas.

Essas pedras foram lavadas com bucha e água corrente, embaladas em papel alumínio e autoclavadas. Após isso, foram deixadas de molho em água sanitária durante 24 horas, para garantir a total esterilização das pedras, e então, lavadas repetidas vezes com água corrente visando a remoção completa dos resíduos químicos. A esses substratos foram colados pitões fechados com Durepox®. Utilizou-se linha de pesca de nylon de 1 mm de diâmetro para prender as pedras submersas em árvores que se encontravam na margem e que pudessem servir de referência para a posterior coleta das pedras, que ficaram submersas por um período de 4 a 5 semanas. Três pedras foram colocadas em cada ponto de amostragem, o mais distante possível uma da outra. Esta metodologia é similar à descrita por Souza (2002).

Devido às intensas chuvas que ocorreram ao longo da primeira campanha de amostragem, muitas das pedras foram arrancadas pela força da água e tiveram que ser repostas. Tentando diminuir este problema, estacas de bambu foram firmemente presas ao chão, às quais foram amarradas as linhas de pesca presas às pedras.

Após esse período, as amostras foram obtidas por meio da raspagem, com o auxílio de uma escova de dente, de toda a parte superior da pedra, para amostragens diatomáceas que colonizaram as pedras. O material retirado foi armazenado em potes opacos e fixado com formol 4%. Sub-amostras do material fixado foram oxidadas com ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio para a remoção de toda matéria orgânica presa as valvas. Depois de oxidadas, foram montadas lâminas permanentes com Naphrax (Northern Biological supplies Ltd. UK. Índice de refração =1,74), conforme metodologia descrita em Biggs e Kilroy (2000). Contou-se uma lâmina de cada amostra, utilizando-se microscópio de contraste de fase (1000 X). As diatomáceas foram identificadas pelo doutorando MSc. Taurai Bere (PPGERN-

UFSCar), com base nos estudos de Metzeltin et al. (2005), Bicudo e Menezes (2006) e Metzeltin e Lange-Bertalot (2007).

Para calcular a abundância das espécies em cada ponto, fez-se a média do número encontrado para cada espécie nas réplicas de cada ponto, somando a abundância obtida de cada espécie em cada pedra (réplica) e dividindo pelo número de pedras recuperadas no local.

A classificação das espécies de diatomáceas segundo o grau de trofia dos ambientes em que ocorrem e a tolerância à poluição foi baseada nas classificações propostas por Taylor et al. (2007), Lobo et al. (2004) e Van Dam et al. (2004).

## **3.12 Análises Estatísticas**

### **3.12.1 Variáveis Físicas e Químicas da Água: Análise de Componentes Principais (PCA)**

Foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) visando determinar quais variáveis ambientais mais influenciaram na ordenação dos pontos de coleta, como estes se distribuíram e com quais locais de coleta o ponto São Rafael nascente está mais relacionado (a locais com ou sem influência antrópica). As variáveis incluídas nesta análise foram: material em suspensão total, fósforo total, nitrogênio inorgânico dissolvido, concentração de oxigênio dissolvido na água e condutividade e os 16 pontos de coleta no período seco e chuvoso. As variáveis ambientais foram padronizadas (valores subtraídos pela média e então, divididos pelo desvio padrão) para diminuir a influência das diferentes unidades.

### **3.12.2 Comunidade Bentônica: Análise de Correspondência Canônica (CCA)**

Fez-se uma CCA para examinar quais pontos de coleta apresentaram maior similaridade com relação à comunidade de macroinvertebrados bentônicos, bem como as relações entre os táxons encontrados e parâmetros ambientais relevantes, dos quais se utilizou: condutividade elétrica, pH, Velocidade da água, concentração de oxigênio dissolvido na água, fósforo total na água, fósforo total no sedimento, nitrato, amônio e matéria orgânica do

sedimento. As variáveis ambientais foram padronizadas para diminuir a influência das diferentes unidades. Para a matriz de abundâncias, foram utilizados os 15 pontos de coleta feitas em ambientes lóticos para ambos períodos, seco e chuvoso. Decidiu-se retirar o ponto captação da análise por ser um ambiente lêntico, que responde a variáveis ambientais muito diferentes das que atuam nos sistemas lóticos. Além disso, foram excluídos das análises os táxons que ocorreram em apenas um ponto, o que poderia trazer ruído a análise. Esses dados então foram transformados por  $\log(x+1)$  para diminuir a influência de valores iguais a zero.

### **3.12.3 Comunidade de diatomáceas: Análise de Correspondência Canônica (CCA)**

A análise de correspondência canônica (CCA) foi utilizada para avaliar as relações entre as variáveis abióticas – preditoras - e o padrão de distribuição das espécies de diatomáceas encontradas nos 16 pontos de coleta, nas estações chuvosa e seca de 2010. Aplicou-se o teste de permutação de Monte Carlo (999 permutações irrestritas,  $p < 0,05\%$ ) para avaliar a significância das variáveis ambientais como preditoras da distribuição da comunidade perifítica. Como variável-resposta, utilizou-se a abundância relativa dos táxons presentes em pelo menos 2 pontos de coleta, cujo valor alcançasse no mínimo 5% em pelo menos uma amostra (BERE; TUNDISI, 2010).

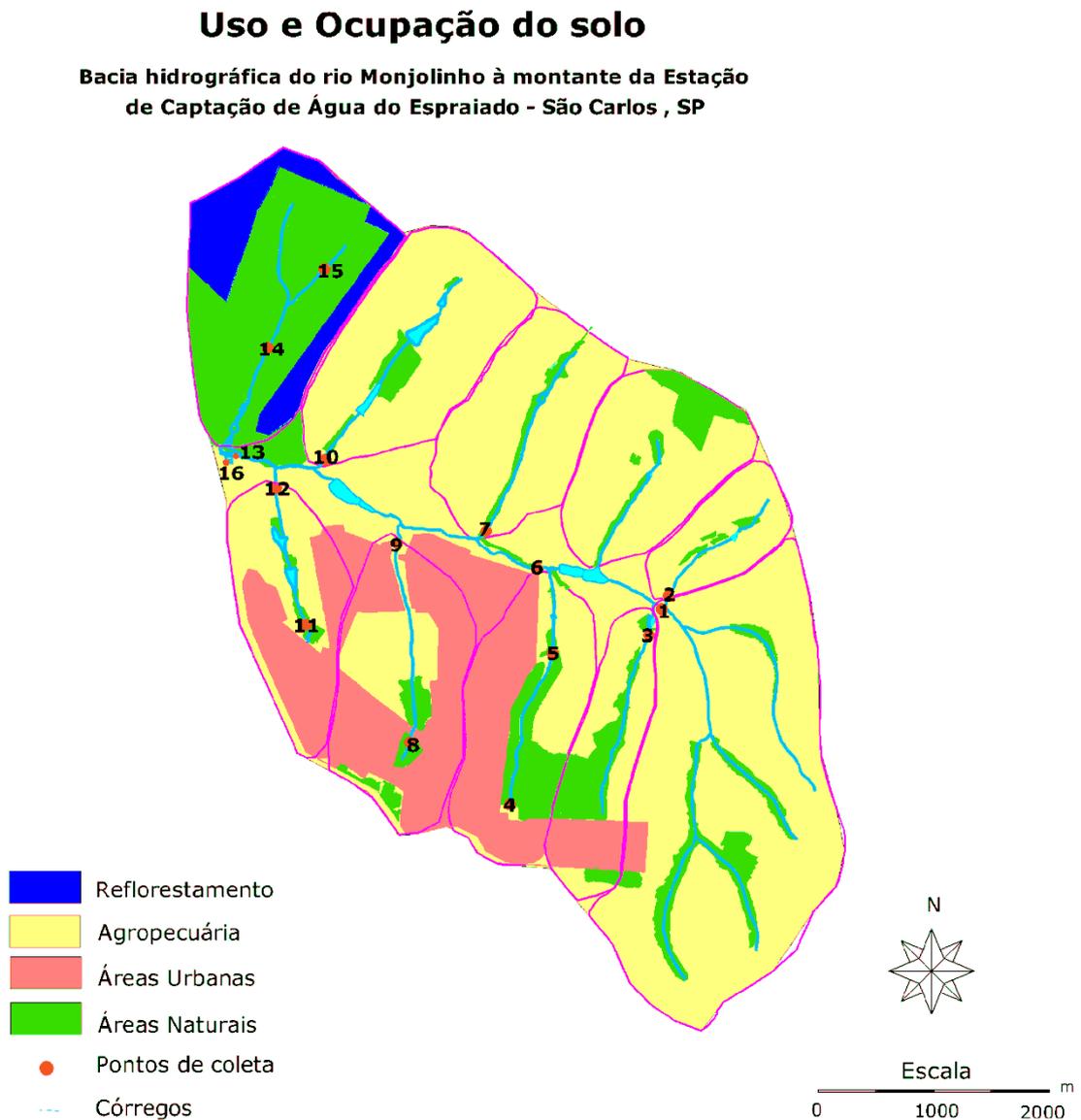
## ***4. Resultados***

---

### **4.1 Avaliação do Uso e Ocupação do Solo**

De acordo com os dados de área obtidos por meio do programa AutoCAD, a área de estudo, parte superior da sub-bacia hidrográfica do Monjolinho à montante da Estação de Captação de Água do Espriado, obteve-se uma área total de 26.467.740 m<sup>2</sup> para esta parte da sub-bacia de drenagem. A agropecuária é desenvolvida em 60,1 % desta área (Figura 6). Especialmente na margem direita do rio Monjolinho há várias fazendas, cujas atividades envolvem plantações de cana-de-açúcar e pecuária havendo também hortas comerciais e

criação de frangos de corte. A margem esquerda já apresenta ocupação urbana devido à expansão da cidade de São Carlos, muito próxima aos córregos afluentes.



**Figura 6. Imagem gerada pelo programa AutoCAD: caracterização do uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Monjolinho a montante da estação de Captação do Espraiado, São Carlos – SP e localização dos 16 pontos de coleta.**

Na Tabela 1 são apresentadas as principais características de cada ponto de amostragem, bem como uma vista do local de coleta. Observa-se que em todos os pontos amostrados os córregos são rasos e estreitos. Na maior parte dos pontos há ausência de mata ciliar.

**Tabela 1. Localização, características do entorno e vista geral dos pontos de coleta localizados na porção superior da Bacia hidrográfica do rio Monjolinho - São Carlos, SP.**

Ponto	Características principais	Imagem
1	<p><b>Monjolinho superior:</b> Trecho de cabeceira do rio Monjolinho, onde se encontram suas principais nascentes. Suas margens ainda possuem um pouco de mata ciliar, porém grande parte do entorno é ocupado por áreas agrícolas, com extensas plantações de cana de açúcar e áreas de pastagem. Por haver uma estrada muito próxima deste ponto de coleta, muitas pessoas jogam lixo, principalmente de origem orgânica, no local.</p> <p>Coordenadas geográficas: S 21°59'55.5" O 47°50'25.9"; Altitude: 843</p>	
2	<p><b>Jatobá:</b> Localiza-se dentro da fazenda Jatobá, onde há granjas, cultivo de hortaliças e criação de gado. Há também três represas dentro da fazenda. Perto de sua confluência com o rio Monjolinho este córrego encontra-se bastante assoreado, sem nenhuma mata ciliar e com um fluxo de água bem pequeno.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'53.6" O 47°50'22.6"; Altitude 846</p>	 <p>Margem Direita</p>
3	<p><b>Douradinho:</b> Bem próximo à nascente desse córrego localiza-se o bairro residencial Parque Douradinho, que impacta fortemente o manancial: o local encontra-se tomado por lixo, que é despejado pela população em suas margens, atingindo o córrego pelo escoamento superficial da água da chuva. Após esse bairro, o córrego Douradinho passa dentro da fazenda Santa Joana, que possui um grande fragmento vegetal. A coleta foi feita após esse fragmento, em uma área sem mata ciliar (facilidade de acesso).</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 22°00'3.7" O 47°50'28.3" ; Altitude: 825</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
4	<p><b>São Rafael nascente:</b> Próximo às nascentes desse córrego estão localizados os bairros residenciais Jardim Tangará e São Rafael. A topografia acentuada da área, somada à ocupação urbana resultou em grande erosão, soterrando as nascentes. A prefeitura municipal de São Carlos realizou em 2006, nesse trecho, obras para a recuperação desse manancial.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 22°00'52" O 47°51'9.4"; Altitude: 859</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
5	<p><b>São Rafael foz:</b> A confluência do córrego São Rafael com o Monjolinho ocorre dentro da fazenda Dois Portões. Como não foi permitida a entrada nesta fazenda, a coleta foi feita logo antes do córrego entrar na fazenda, em um local perto de uma estrada. Nessa área, parte do rio está sendo canalizado, e não havia mata ciliar em volta - as margens encontram-se tomadas por gramíneas.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 22°00'2.6" O 47°30'19.8"; Altitude: 822</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
6	<p><b>Monjolinho Médio:</b> Este ponto de coleta se situa em uma área cuja mata ciliar vem sendo recuperada pela prefeitura. O local foi cercado e há várias placas solicitando à população não jogar lixo na área. Porém, a proximidade desta área com o bairro Residencial Itamarary a torna de fácil acesso. Neste ponto, o rio Monjolinho já recebeu os seguintes tributários: Douradinho, Jatobá, Dois Portões e São Rafael. Além disso, próximo ao local de coleta há encanamento de esgoto, que ocasionalmente se rompe, fazendo com que o esgoto deságue no rio. É comum encontrar animais pastando em suas margens.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°35'39.7" O 47°30'21.4"; Altitude: 797</p>	

Tabela 1. Continuação.

Ponto	Características principais	Imagem
7	<p><b>Cascavel:</b> Esse córrego nasce na fazenda Canchim, pertencente à Embrapa Pecuária Sudeste, que desenvolve, na área de drenagem deste córrego, pecuária e cultivo de cana-de-açúcar. Deságua no rio Monjolinho em uma área pertencente à fazenda Chácara dos Coqueiros, local onde foi feita a coleta, cujas atividades principais são: produção de frango de corte e cultivo de cana. Após a confluência, localiza-se o bairro residencial Astolpho Luiz do Prado.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'21.4" O 47°51'14.2" ; Altitude: 838</p>	 <p>Margem Direita</p>
8	<p><b>Ponte de Tábua Nascente:</b> O córrego Ponte de Tábua nasce atrás do Parque Sabará, condomínio de alto padrão situado a 160 m de distância da margem direita. A 90 m da margem esquerda, encontra-se o bairro Residencial Américo Margarido. O bairro Jardim Veneza está localizado a 128 m do córrego e está se expandindo para perto desse manancial. No local de coleta havia trechos com mata ciliar, e o local aparentava estar pouco impactado.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 22°00'32,1" O 47°51'38,8"; Altitude 882 m</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
9	<p><b>Ponte de Tábua foz:</b> Ao longo desse rio, a cerca de 200 m, localizam-se os bairros Jardim Veneza e Jardim Munique. Próximo à sua confluência com o Monjolinho localizam-se os bairros populares Jardim dos Coqueiros e Residencial Astolpho Luis do Prado, ambos muito próximos do rio (cerca de 80 m e 130 m, respectivamente). É visível o impacto desses bairros no córrego. Há ausência de mata ciliar e presença de rede de esgotos dentro do rio, que apresenta vazamentos frequentes. Além disso, as galerias fluviais carregam lixo e muitos sedimentos provenientes das construções dos bairros, causando poluição e assoreamento dessa parte do córrego.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'35.1" O 47°51'43.2" ; Altitude: 790</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
10	<p><b>Martinha:</b> Esse córrego nasce na Fazenda Canadá e sua foz localiza-se na fazenda Hildebrand, fazendas que cultivam principalmente cana-de-açúcar. Próximo ao local de coleta, o córrego possui suas margens ocupadas basicamente por <i>Pinus</i> sp. e gramíneas no sub-bosque.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'15.7" O 47°52'7.5" ; Altitude: 818</p>	 <p>Margem direita</p>
11	<p><b>Belvedere nascente:</b> Este ponto localiza-se em um pequeno trecho de área relativamente preservada. Há mata ciliar no local, porém pedaços de carvão tanto no período seco quanto chuvoso indicam a ocorrência frequente de queimadas. Além disso, nos dois períodos de coleta notou-se e presença de lixo no canal do rio. Próximo ao local de coleta há obras de terraplanagem, o que pode indicar expansão do Bairro Parque Belvedere, localizado próximo ao córrego. Outros bairros localizados a montante deste ponto e que se encontram na área de drenagem do córrego são: Vista Alegre, Vila Nossa Senhora de Fátima, vila Jacobucci, Jardim Real e Jardim Santa Maria.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'54.3" O 47°52'13.9" ; Altura: 859 m</p>	 <p>Margem Esquerda</p>

Tabela 1. Continuação.

Ponto	Características principais	Imagem
12	<p><b>Belvedere foz:</b> Este ponto localiza-se dentro da horta municipal de São Carlos, que abrange uma área de 8 mil m<sup>2</sup>. A área apresenta alguns impactos ambientais, como a canalização de um trecho do córrego, pois parte desse foi desviado para fornecer água aos cultivos da horta. Em suas margens havia também a presença da espécie vegetal invasora <i>Impatiens walleriana</i>, outro indício de impacto. Parte do bairro Constantino Amstalden (há cerca de 240 m) situa-se na área de drenagem deste córrego.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°35'30.3" O 47°31'18.8"; Altitude: 778</p>	 <p>Margem Esquerda</p>
13	<p><b>Monjolinho Inferior:</b> Esse ponto de coleta localiza-se no rio Monjolinho logo antes da Estação de Captação do Espraiado. É nos períodos de cheia que este rio encobre o canal que leva água do Espraiado até a captação, passando a contribuir com parte da água usada no abastecimento urbano de parte da cidade de São Carlos.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'19.6" O 47°50'25.9" ; Altura: 764</p>	
14	<p><b>Espraiado I:</b> É deste córrego que provém a maior parte da água utilizada pela estação de Captação de água do Espraiado. Localizado na Universidade Federal de São Carlos, suas margens estão protegidas por mata ripária bem preservada ao longo do rio. Essa área é também chamada de "Y", pois essa faixa de proteção apresenta o formato de um Y. Este é o único córrego que não apresenta em sua sub-bacia área urbana. O restante da área de drenagem é coberto por cerrado <i>sensu stricto</i> e por reflorestamento de <i>Eucalyptus</i> sp. Neste ponto, as coletas foram realizadas a cerca de 30 metros a montante do início da canalização do rio, em uma área cujas margens da vegetação são dominadas por gramíneas.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°58'52" O 47°52'26", Altura: 826</p>	 <p>Margem Direita</p>
15	<p><b>Espraiado II:</b> Este ponto, localizado à montante do ponto anterior, localiza-se em uma área de vegetação nativa mais densa, que forma um dossel fechado sobre o local de coleta. Suas margens são bem preservadas e também não há áreas urbanizadas próximas. Devido à sua grande preservação, esse ponto foi considerado ponto referência para as análises.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°58'17,5" O 47°52'1,8", Altura: 863</p>	 <p>Margem Direita</p>
16	<p><b>Captação:</b> A estação de captação do Córrego Espraiado localiza-se na confluência do córrego Espraiado com o rio Monjolinho. Esse sistema fornece cerca de 180 L s<sup>-1</sup> de água para cerca de 50.000 habitantes da cidade de São Carlos.</p> <p>Coordenadas Geográficas: S 21°59'13.2" O 47°52'33.5" ; Altura: 760</p>	

De acordo com as medidas realizadas por meio do programa AutoCAD, a área urbana corresponde a 17,6 % da ocupação do solo na parte estudada da sub-bacia do Monjolinho, enquanto 18,8 % é ocupada por áreas preservadas, que se encontram principalmente nas

margens dos córregos (Figura 7). Há dois fragmentos relativamente grandes de áreas florestadas naturais: um ao redor dos córregos Douradinho e São Rafael, e outro localizado dentro da Universidade Federal de São Carlos, no entorno do córrego do Espriado. Também dentro do campus da Universidade existe um grande fragmento de cerrado *sensu stricto*, que corresponde a 6 % das áreas preservadas da sub-bacia, e uma área de reflorestamento de *Eucalyptus* sp, ocupando uma área de 3,6% desta. Os dados de porcentagem do uso de solo para cada córrego encontram-se na Tabela 17, nos Apêndices.

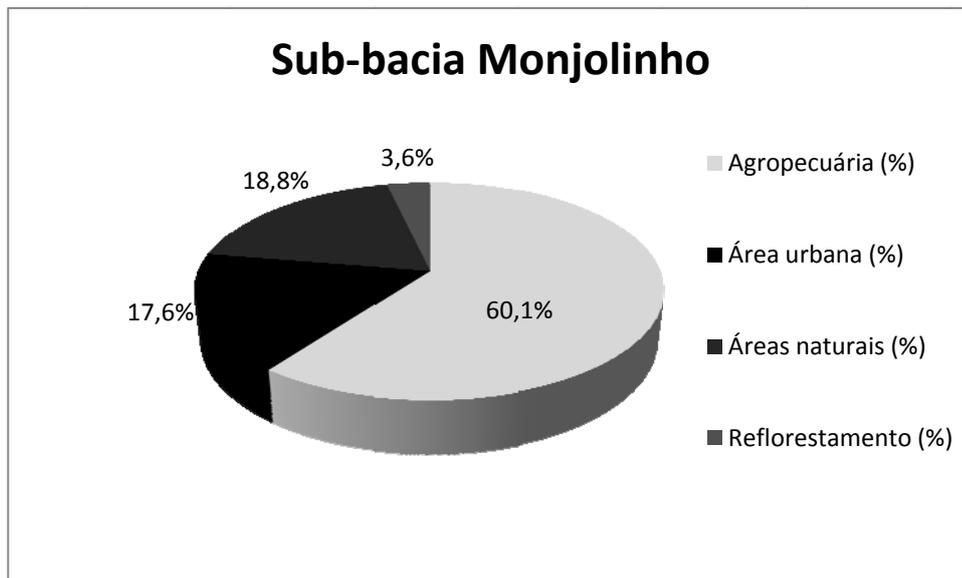
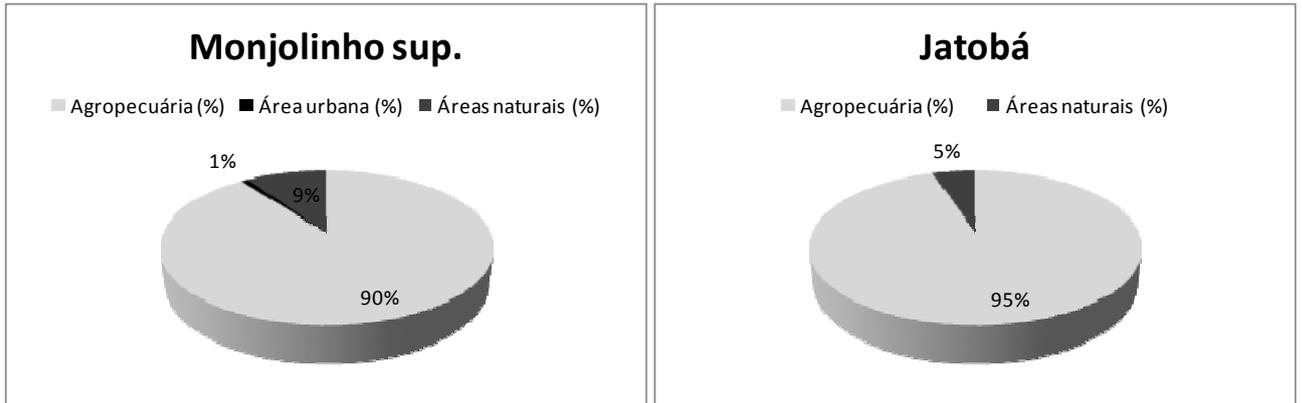


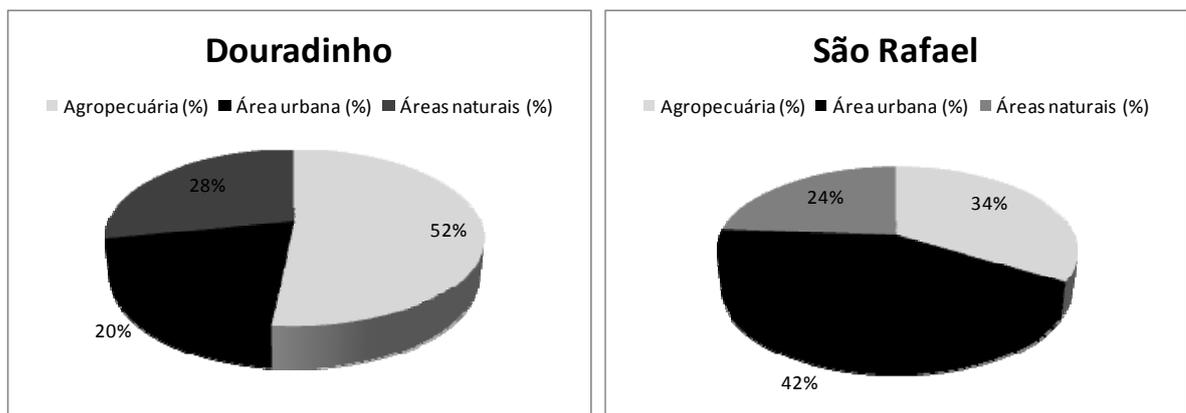
Figura 7. Porcentagem de área para diferentes usos e ocupações do solo na sub-bacia do rio Monjolinho à montante da estação de Captação do Espriado, São Carlos - SP.

A porção da sub-bacia que drena água ao ponto “Monjolinho superior” engloba os 4 primeiros córregos da área estudada e ocupa uma área de 5.898.620 m<sup>2</sup>. Desta, apenas 1% é área urbana, 9% é área preservada e 90% é ocupada por agropecuária (Figura 8A). Já a sub-bacia do córrego Jatobá não possui área urbana, e também apresenta grande parte de sua área ocupada por agricultura (95%). Os demais 5% são de áreas preservadas, que ocorrem nas margens do córrego (Figura 8B).



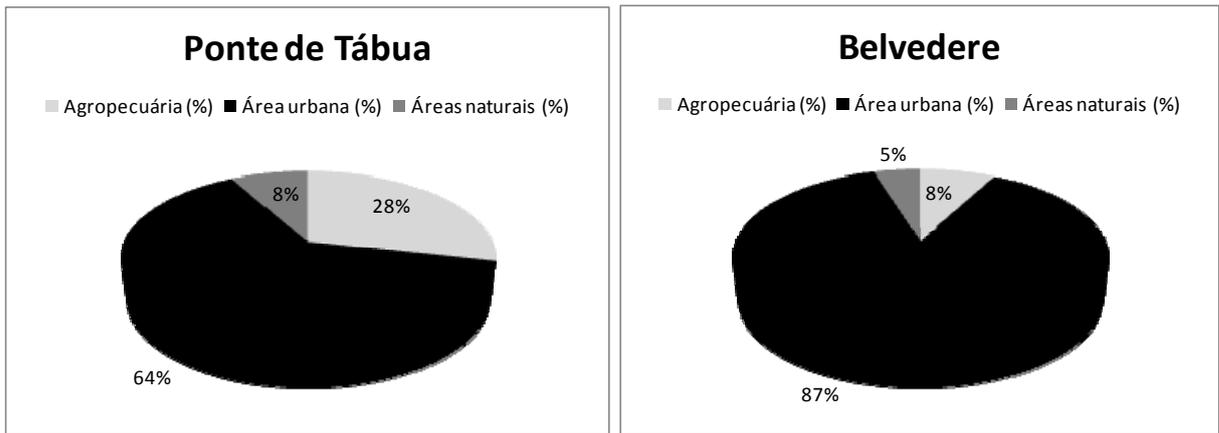
**Figura 8:** Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos “Monjolinho superior” (8 A) e Jatobá (8 B).

A sub-bacia do córrego Douradinho apresenta 20% de sua área com ocupação urbana, 28% de área preservada e 52% de agropecuária (Figura 9A). Já a sub-bacia São Rafael possui 42% de área urbanizada, 24% de áreas preservadas e 34% de agropecuária (Figura 9B).



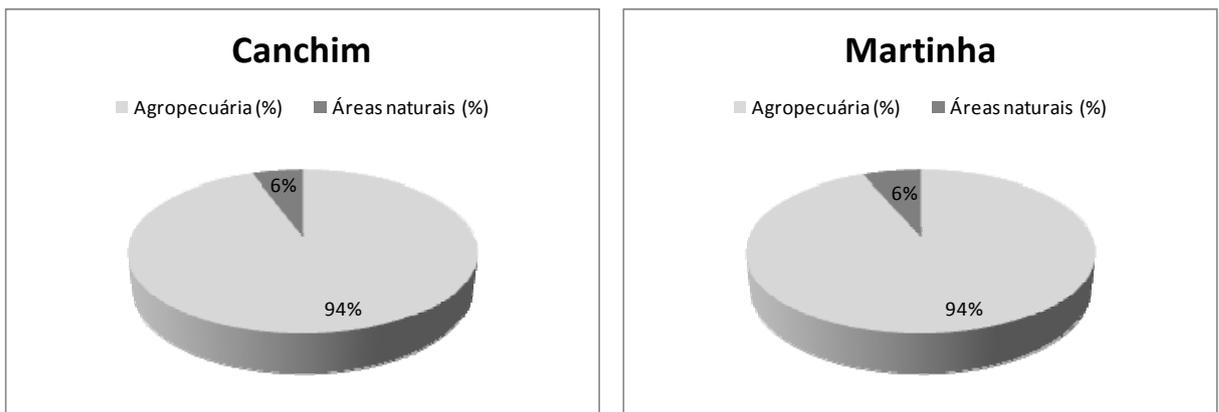
**Figura 9:** Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Douradinho (9 A) e São Rafael (9 B).

O córrego Ponte de Tábua encontra-se em uma região bastante urbanizada - 64% de sua área. Apenas 8% são áreas preservadas, distribuídas em três fragmentos localizados ao longo do córrego. Os demais 28% da área são ocupados por agropecuária (Figura 10A). A sub-bacia do córrego Belvedere, por sua vez, é a que possui maior área urbanizada quando comparado às sub-bacias dos demais córregos: cerca de 87% dessa sub-bacia encontra-se ocupada pela expansão da cidade de São Carlos. A agropecuária ocupa 8%, enquanto as áreas preservadas representam apenas 5% da área de drenagem da sub-bacia, que corresponde a uma mata ciliar praticamente contínua ao longo do córrego (Figura 10B).



**Figura 10:** Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Ponte de Tábua (10 A) e Belvedere (10 B).

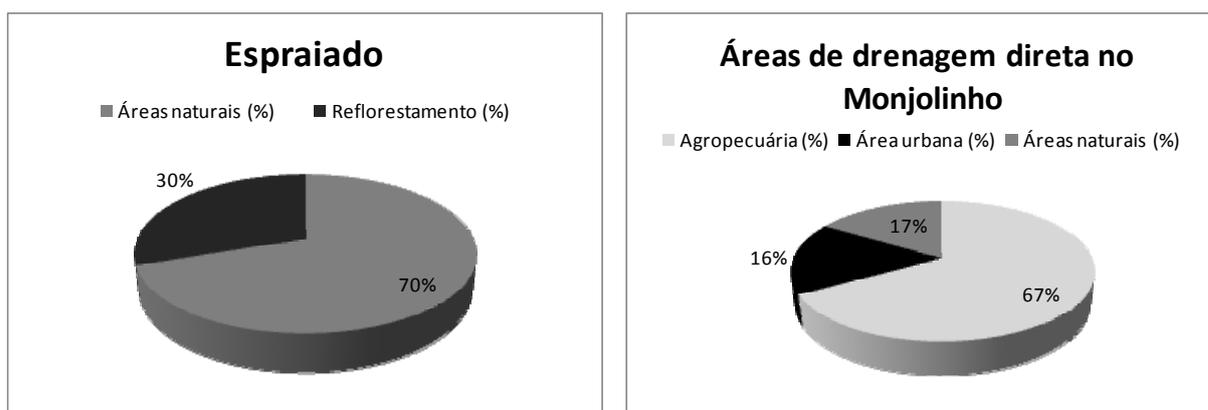
As sub-bacias dos córregos Cascavel e Martinha possuem uma ocupação do solo similar, com 94% da área ocupada por agropecuária, representado principalmente pela criação de gado e cultivo de cana-de-açúcar. Muito próximo à foz do córrego Martinha há ainda reflorestamento de *Pinus* sp. Há apenas 6% de áreas naturais nas sub-bacias desses córregos (Figura 11, A e B).



**Figura 11:** Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem dos córregos Cascavel (11A) e Martinha (11B).

A sub-bacia do córrego Espraiado é a que apresenta maior área preservada: ao todo, 70% da área desta sub-bacia são constituídos de áreas naturais, enquanto os outros 30% são compostos por reflorestamento de *Eucalyptus* sp (Figura 12A).

As demais áreas da sub-bacia do Monjolinho que afluem diretamente neste rio são ocupadas principalmente por agropecuária (67%). A área urbana corresponde a 16%, e as áreas preservadas, a 17% (Figura 12B).



**Figura 12:** Porcentagem da área da sub-bacia utilizada para diferentes usos e ocupações do solo na bacia de drenagem do córrego Espraiado (12A) e em áreas que drenam direto para a rio Monjolinho (12B).

#### 4.1.1. Protocolo de Avaliação Rápida da Qualidade Ambiental

A pontuação obtida por meio do Protocolo de Avaliação Rápida para cada ponto de coleta, bem como sua classificação estão apresentados na Tabela 2. Os pontos classificados como “naturais” foram: São Rafael nascente, Belvedere nascente, Espraiado I e Espraiado II (pontuações acima de 61 pontos). A maioria dos locais de coleta foi classificada como “alterado”: Douradinho, São Rafael Foz, Cascavel, Ponte de Tábua nascente, Ponte de Tábua foz, Martinha, Belvedere foz e Monjolinho inferior (de 41 a 60 pontos). Os pontos Monjolinho superior, Jatobá e Monjolinho médio foram classificados como “Impactados” (de 0 a 40 pontos). O ponto “Captação” não pode ser avaliado por este protocolo pois esse é um instrumento de medida de impacto específico para córregos, e o ponto Captação apresenta características de ambientes lânticos, e não lóticos. Essa caracterização é feita para o ponto de coleta, e não para o córrego como um todo.

**Tabela 2. Pontuações obtidas para os pontos de amostragem por meio do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) modificado por Callisto et al. (2002) e respectivas classificações: I = Impactado; A = Alterado; N = Natural.**

	<b>Pontos PAR</b>	<b>Classificação</b>
Monj. sup	24	<b>I</b>
Jatobá	37	<b>I</b>
Douradinho	45	<b>A</b>
Monj. Médio	36	<b>I</b>
São Raf. Nasc	70	<b>N</b>
São Raf. Foz	43	<b>A</b>
Cascavel	51	<b>A</b>
Pte Tábua nasc	44	<b>A</b>
Pte Tábua foz	42	<b>A</b>
Martinha	50	<b>A</b>
Belvedere nasc	69	<b>N</b>
Belvedere foz	54	<b>A</b>
Monj inf	46	<b>A</b>
Espraiado I	80	<b>N</b>
Espraiado II	82	<b>N</b>

#### **4.1.2 Variáveis Hidrológicas para a Sub-Bacia do Rio Monjolinho**

Os resultados obtidos para a velocidade da água, profundidade, largura e vazão de cada ponto de coleta, para os períodos seco e chuvoso são apresentados na Tabela 3. De maneira geral, para as variáveis analisadas não ocorreram grandes variações entre um período e outro.

**Tabela 3. Valores de velocidade da água ( $m s^{-1}$ ), profundidade (m), largura (m) e vazão média ( $m^3 s^{-1}$ ) nos 15 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010.**

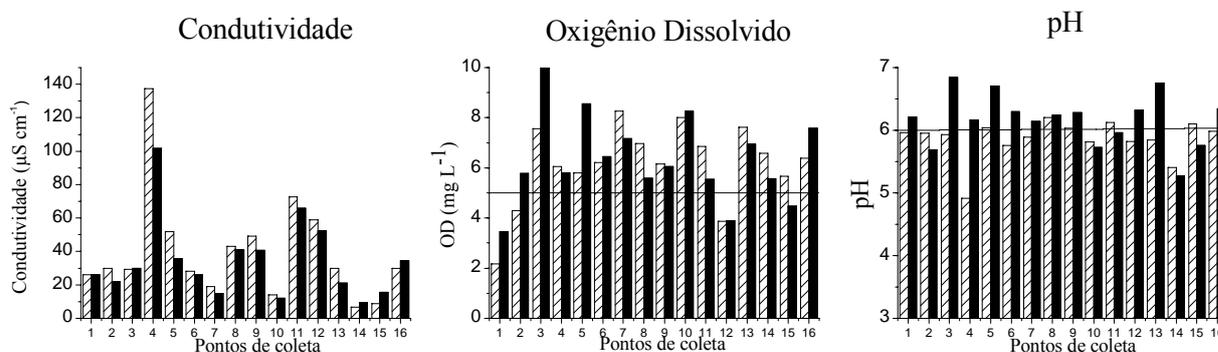
	1ª coleta - Período chuvoso				2ª coleta - período seco			
	vel. d água ( $m s^{-1}$ )	Prof. (m)	Largura (m)	vazão média ( $m^3 s^{-1}$ )	vel. d água ( $m s^{-1}$ )	Prof. (m)	Largura (m)	vazão média ( $m^3 s^{-1}$ )
Monj sup	0,00	1,50	4,00	0,00	0,00	0,40	2,50	0,00
Jatobá	0,19	0,05	0,30	0,00	0,19	0,30	1,00	0,06
Douradinho	0,16	0,10	2,00	0,03	0,85	0,10	2,10	0,18
São Raf Nasc	0,26	1,00	1,50	0,39	0,44	0,45	2,00	0,40
São Raf Foz	0,22	0,02	1,50	0,01	0,23	0,15	1,00	0,03
Monj Médio	0,28	0,05	1,50	0,02	0,36	0,25	0,60	0,05
Cascavel	0,19	0,30	1,00	0,06	0,32	0,16	2,50	0,13
Ponte Táb nasc	0,13	0,10	2,00	0,03	0,12	0,35	2,00	0,09
Ponte Tab foz	0,19	0,30	1,00	0,06	0,13	0,40	1,50	0,08
Martinha	0,11	0,55	0,25	0,02	0,09	0,23	0,90	0,02
Belv nasc	0,33	0,05	0,70	0,01	0,26	0,05	0,80	0,01
Belv foz	0,37	0,05	0,50	0,01	0,17	0,10	0,50	0,01
Monj inf	0,34	0,60	5,60	1,15	0,33	0,20	4,00	0,27
Espraiado I	0,21	0,10	1,10	0,02	0,12	0,29	1,45	0,05
Espraiado II	0,07	0,10	0,50	0,00	0,11	0,10	1,55	0,02

## 4.2 Variáveis Físicas e Químicas da Água

### 4.2.1 Variáveis físicas: pH, condutividade e concentração de oxigênio dissolvido

Os valores de concentração de oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica evidenciaram pequenas alterações nessas variáveis entre os períodos seco e chuvoso (Figura 13). Os pontos onde foram registradas concentrações de oxigênio dissolvido menores do que os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para córregos de classe II ( $5 mg L^{-1}$ ) durante a coleta do período chuvoso foram: Monjolinho superior (Ponto 1), Jatobá (Ponto 2), Belvedere Foz (Ponto 12); para o período seco, foram: Monjolinho superior (Ponto 1), Belvedere foz (Ponto 12) e Espraiado II (Ponto 15). No período chuvoso, o menor valor de pH foi registrado no ponto São Rafael nascente (Ponto 4 = 4,92) e o maior valor, no ponto Ponte de Tábua nascente (Ponto 8 = 6,20). No período seco, o pH variou de 5,27 no ponto Espraiado I (Ponto 14) a 6,84 no ponto Douradinho (Ponto 3). Com relação à condutividade,

no ponto São Rafael nascente foram registrados os maiores valores tanto no período seco ( $101,67 \mu\text{S cm}^{-1}$ ) quanto no chuvoso ( $137,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ ); Por outro lado os menores valores foram registrados no ponto Espreado I ( $6,67 \mu\text{S cm}^{-1}$  no período chuvoso e  $9,33 \mu\text{S cm}^{-1}$  no período seco). Os dados brutos obtidos encontram-se na Tabela 18, nos apêndices.

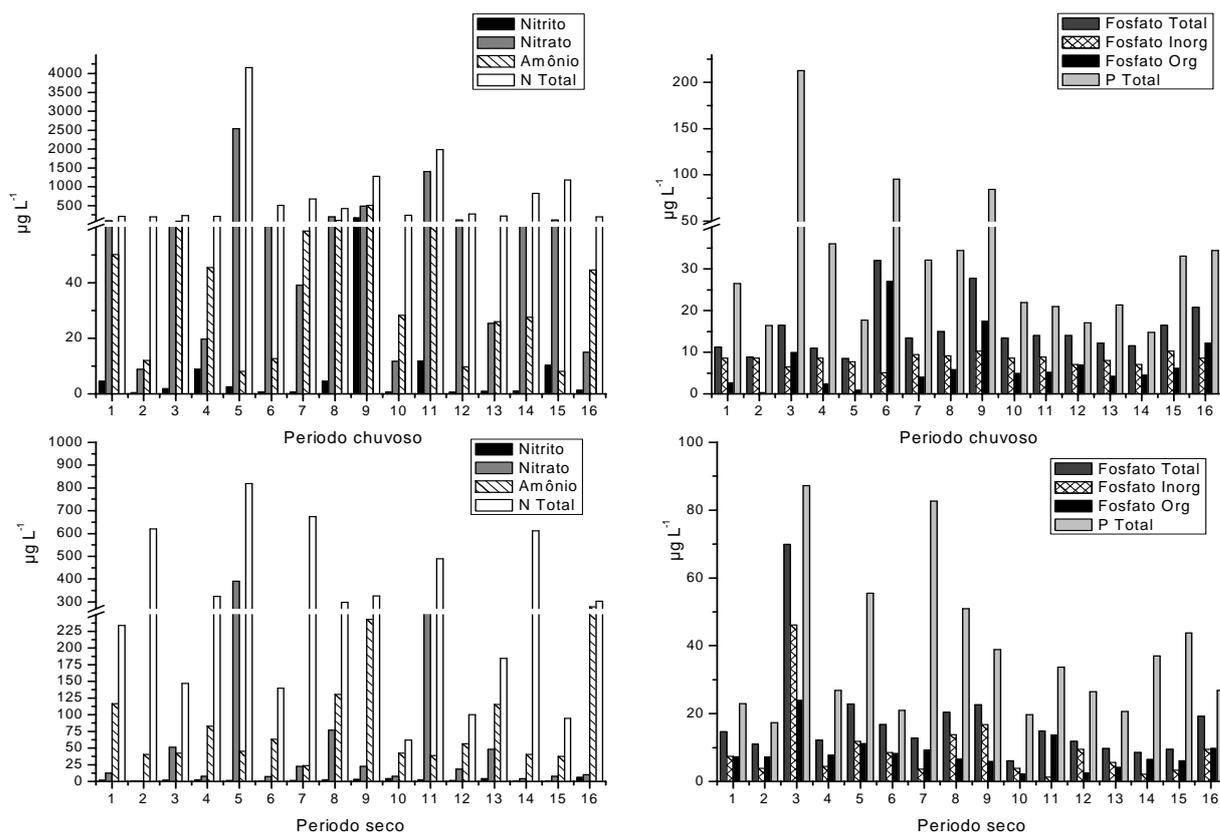


**Figura 13.** Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e pH registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, no período chuvoso (março – barras hachuradas) e no período seco (agosto/setembro – barras pretas) de 2010. Ponto 1: Monjolinho superior, Ponto 2: Jatobá, Ponto 3: Douradinho, Ponto 4: São Rafael nascente, Ponto 5: São Rafael foz, Ponto 6: Monjolinho médio, Ponto 7: Cascavel, Ponto 8: Ponte de Tábua nascente, Ponto 9: Ponte de Tábua foz, Ponto 10: Martinha, Ponto 11: Belvedere nascente, Ponto 12: Belvedere foz, Ponto 13: Monjolinho inferior, Ponto 14: Espreado I, Ponto 15: Espreado II, Ponto 16: Captação.

#### 4.2.2 Compostos de nitrogênio e fósforo

Para os compostos de nitrogênio nitrito, nitrato e nitrogênio total foram obtidos valores muito maiores no período de chuva (Figura 14). Para o composto amônio observou-se um comportamento inverso: as maiores concentrações foram registradas no período seco, com exceção de 4 pontos (Douradinho – Ponto 3, Cascavel – Ponto 7, Ponte de Tábua foz – Ponto 9, Belvedere nascente – Ponto 11).

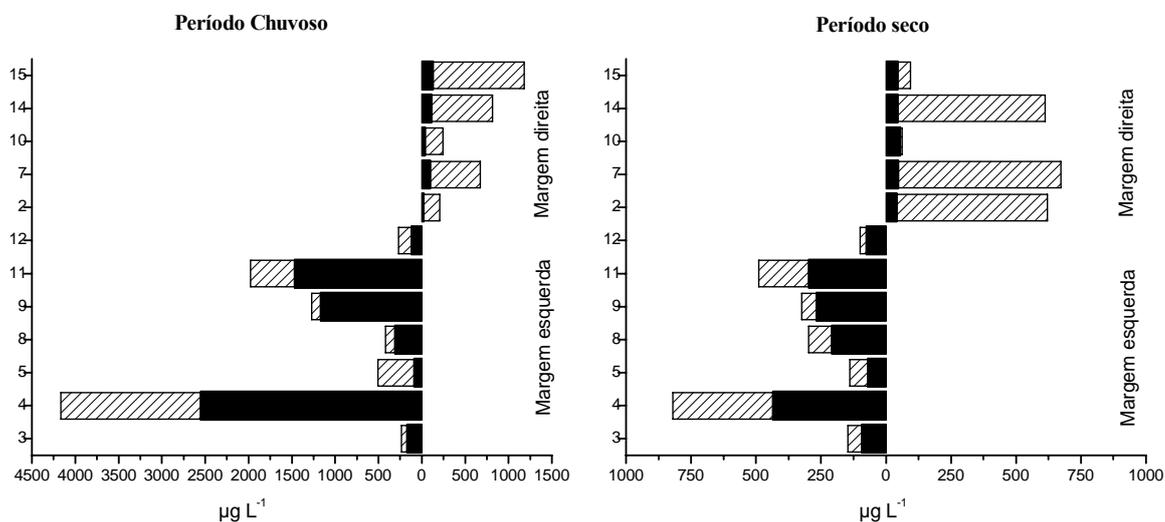
O ponto Douradinho foi o local onde se registraram as maiores concentrações de fósforo total ( $212,79 \mu\text{g L}^{-1}$ ), para coleta realizada no período chuvoso, seguido pelo ponto São Rafael foz ( $95,93 \mu\text{g L}^{-1}$ ). No período seco, os maiores valores foram registrados nos pontos Ponte de Tábua foz e São Rafael foz ( $87,19$  e  $82,62 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Os Resultados das análises dos compostos de fósforo não indicaram grandes diferenças em função da época em que foram feitas as coletas. Os dados brutos das concentrações de nitrogênio e fósforo se encontram nas Tabelas 19 e 20, nos apêndices.



**Figura 14. Concentração dos compostos de nitrogênio – nitrito, nitrato, amônio e nitrogênio total, em  $\mu\text{g L}^{-1}$ , e dos compostos de fósforo – fósforo total, fósforo inorgânico, fósforo orgânico e fósforo total, em  $\mu\text{g L}^{-1}$  registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. Ponto 1: Monjolinho superior, Ponto 2: Jatobá, Ponto 3: Douradinho, Ponto 4: São Rafael nascente, Ponto 5: São Rafael foz, Ponto 6: Monjolinho médio, Ponto 7: Cascavel, Ponto 8: Ponte de Tábua nascente, Ponto 9: Ponte de Tábua foz, Ponto 10: Martinha, Ponto 11: Belvedere nascente, Ponto 12: Belvedere foz, Ponto 13: Monjolinho inferior, Ponto 14: Espreado I, Ponto 15: Espreado II, Ponto 16: Captação.**

Nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho foram registradas as maiores concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (amônio, nitrito e nitrato), tanto no período seco quanto no chuvoso (Figura 15). No período chuvoso, registraram-se, nos pontos localizados nos afluentes da margem direita, os maiores valores de nitrogênio total, bem como de nitrogênio inorgânico dissolvido (amônio, nitrito e nitrato): São Rafael nascente (P4) ( $4.163,31 \mu\text{g L}^{-1}$  NT e  $2.551,59 \mu\text{g L}^{-1}$  NID) Belvedere nascente ( $1.978,1 \mu\text{g L}^{-1}$  NT e  $1.471,03 \mu\text{g L}^{-1}$  NID) e Ponte de Tábua foz ( $1.272,31 \mu\text{g L}^{-1}$  NT e  $1.166,82 \mu\text{g L}^{-1}$  NID). Para os afluentes da margem esquerda foram obtidos os menores valores de nitrogênio total, cujas concentrações mais elevadas corresponderam à fração particulada e orgânica dissolvida. No período seco, os maiores valores de N total (sendo 53% compostos de NID) ocorreram no

ponto São Rafael nascente (P4) seguido pelos pontos Cascavel (P7) e Jatobá (P2), com apenas 7,06 e 6,71 % de compostos NID.



**Figura 15.** Concentrações de nitrogênio total registradas na água dos pontos situados nos afluentes da margem esquerda (Ponto 3: Douradinho, Ponto 4: São Rafael nascente, Ponto 5: São Rafael foz, Ponto 8: ponte de Tábua nascente, Ponto 9: Ponto de Tábua foz, Ponto 11: Belvedere nascente, Ponto 12: Belvedere foz) e nos pontos situados nos afluentes da margem direita (Ponto 2: Jatobá, Ponto 7: Cascavel, Ponto 10: Martinha, Ponto 14: Espraiado I, Ponto 15: Espraiado II) do rio Monjolinho São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. Preenchimento preto corresponde aos compostos de nitrogênio inorgânico dissolvido (nitrito + nitrato + amônio) e preenchimento hachurado, aos compostos particulados e compostos orgânicos.

Nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho foram registrados os maiores valores de compostos de fósforo, tanto no período seco quanto no chuvoso, porém no período chuvoso os valores registrados foram mais elevados (Figura 16). No período chuvoso as formas particuladas de fósforo são mais abundantes, e ocorreram em maiores concentrações no ponto Douradinho. No período seco, em alguns pontos houve predomínio de fósforo particulado: Ponte de Tábua nascente, Ponte de Tábua foz, Belvedere nascente, Belvedere foz. Nos demais pontos, o fosfato dissolvido foi a forma dominante deste composto.

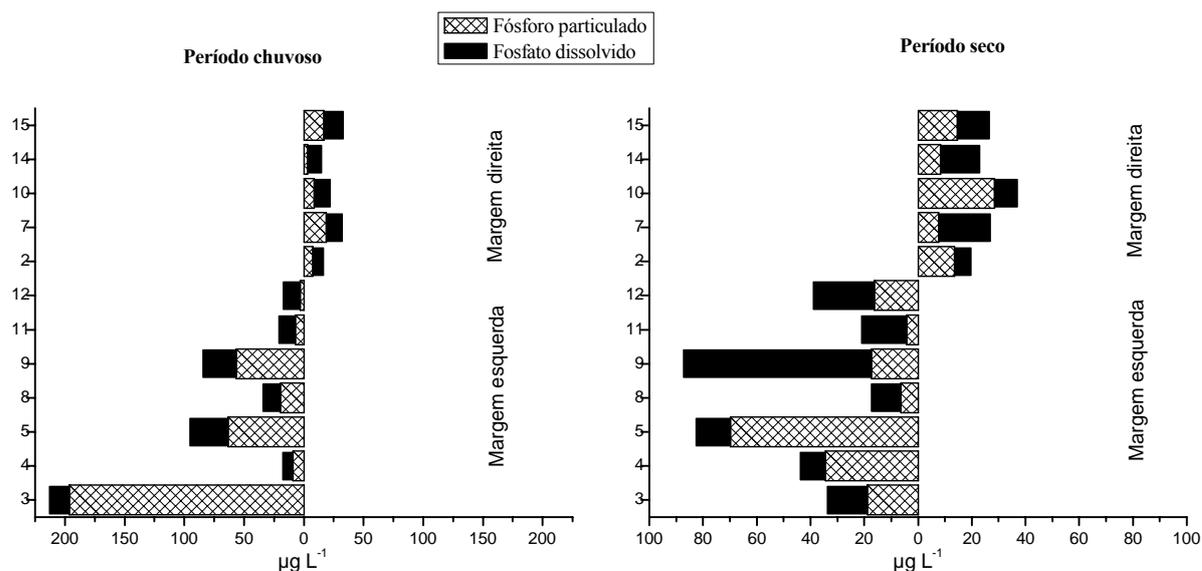
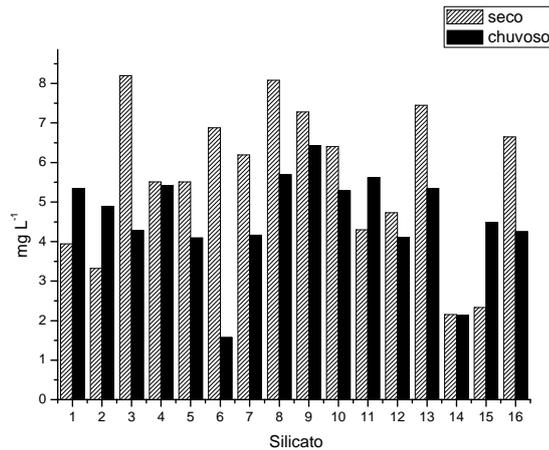


Figura 16: Concentrações de fósforo particulado (preenchimento hachurado) e fostato dissolvido (preenchimento preto) no pontos situados nos afluentes da margem esquerda (Ponto 3: Douradinho, Ponto 4: São Rafael nascente, Ponto 5: São Rafael foz, Ponto 8: ponte de Tábua nascente, Ponto 9: Ponto de Tábua foz, Ponto 11: Belvedere nascente, Ponto 12: Belvedere foz) e nos afluentes da margem direita (Ponto 2: Jatobá, Ponto 7: Cascavel, Ponto 10: Martinha, Ponto 14: Espraiado I, Ponto 15: Espraiado II) do rio Monjolinho, São Carlos - SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010. Os dois valores correspondem aos valores de fósforo total nas amostras de água.

#### 4.2.3 Silicato

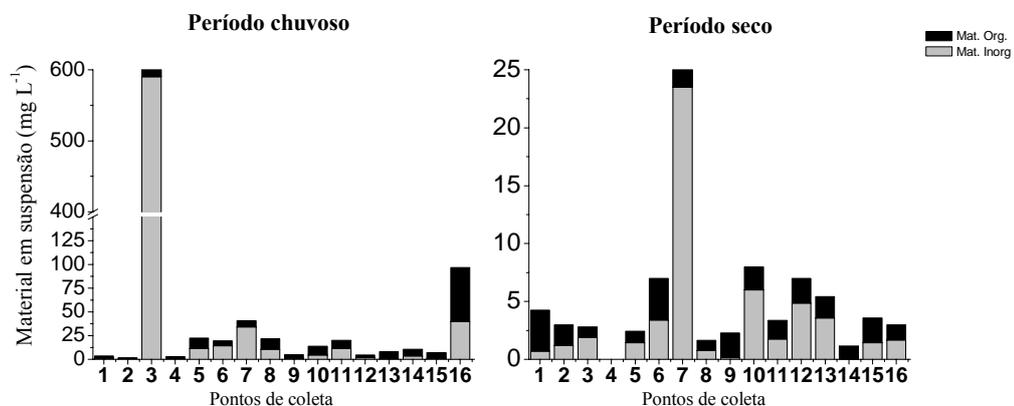
A concentração de silicatos na água foi maior no período seco na maioria dos pontos, sendo as maiores concentrações registradas nos pontos Douradinho (Ponto 3) e Ponte de Tábua nascente (Ponto 8), ambos no período chuvoso. No ponto Monjolinho médio (Ponto 6), no período chuvoso, foi registrada a menor concentração seguido pelo ponto Espraiado I (Ponto 14), onde se obtiveram baixos valores desse composto tanto no período seco, quanto chuvoso (Figura 17).



**Figura 17.** Valores médios da concentração de silicato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) registrados na água dos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, no período seco (hachurado) e no período chuvoso (em preto) de 2010.

#### 4.2.4 Material em Suspensão Total

Os resultados relativos às concentrações do material em suspensão na água nos diferentes pontos amostrados na bacia do rio Monjolinho estão apresentados na Figura 18 e na Tabela 23, nos anexos. O ponto em que ocorreu uma maior concentração de material em suspensão foi o Douradinho, com  $590,37 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria inorgânica, e  $127,78 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria orgânica, seguido pelo ponto Captação, com  $40 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria inorgânica e  $56,8 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria orgânica. No Ponto córrego Cascavel foi registrado o terceiro maior valor, com  $34,12 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria inorgânica e  $6,47 \text{ mg L}^{-1}$  de matéria orgânica (os dados brutos encontram-se na Tabela 21, nos apêndices).



**Figura 18:** Concentração de material em suspensão orgânico e inorgânico ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.

### **4.3 Análise estatística: Análise de Componentes Principais - PCA**

Os dos primeiros eixos da análise explicaram 74,1 % da variação dos dados, sendo que o primeiro explicou 41,5%, e o segundo, 32,6 % (Figura 19). O primeiro eixo da PCA separou os pontos em dois grupos distintos, um deles fortemente agrupado, onde se encontram todos os pontos coletados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho, os pontos coletados neste rio, além dos pontos coletados no córrego São Rafael foz (Pontos C5 e S5), Ponte de Tábua foz seco (Ponto S9) e Captação chuvoso (Ponto C16) e que são negativamente relacionados às variáveis nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e condutividade elétrica (Cond). Obteve-se outro agrupamento positivamente relacionado a essas variáveis, compostos basicamente pelos pontos localizados nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho. O segundo eixo da PCA também separou os pontos situados nos afluentes da margem esquerda, positivamente associados à concentração de oxigênio dissolvido (OD), de pontos situados em áreas urbanizadas, que se encontram positivamente relacionados às variáveis fósforo total (PT) e Material em Suspensão Total (MST) na água.

Os pontos mais influenciados pelas variáveis ambientais nitrogênio inorgânico dissolvido e condutividade elétrica foram os pontos São Rafael nascente, tanto no período chuvoso quanto no seco (Pontos S4 e C4), Belvedere nascente, também em ambos os períodos de coleta (Pontos C11 e S11) e o Ponte de Tábua foz, no período chuvoso. O ponto Douradinho no período chuvoso (Ponto C3) foi fortemente influenciado pela variável ambiental Material em Suspensão Total encontrando-se bastante afastado dos demais pontos. Já os locais Captação, no período chuvoso (Ponto C16) e Belvedere foz, no período seco (Ponto S12) também tiveram sua distribuição influenciada por MST, embora em menor intensidade.

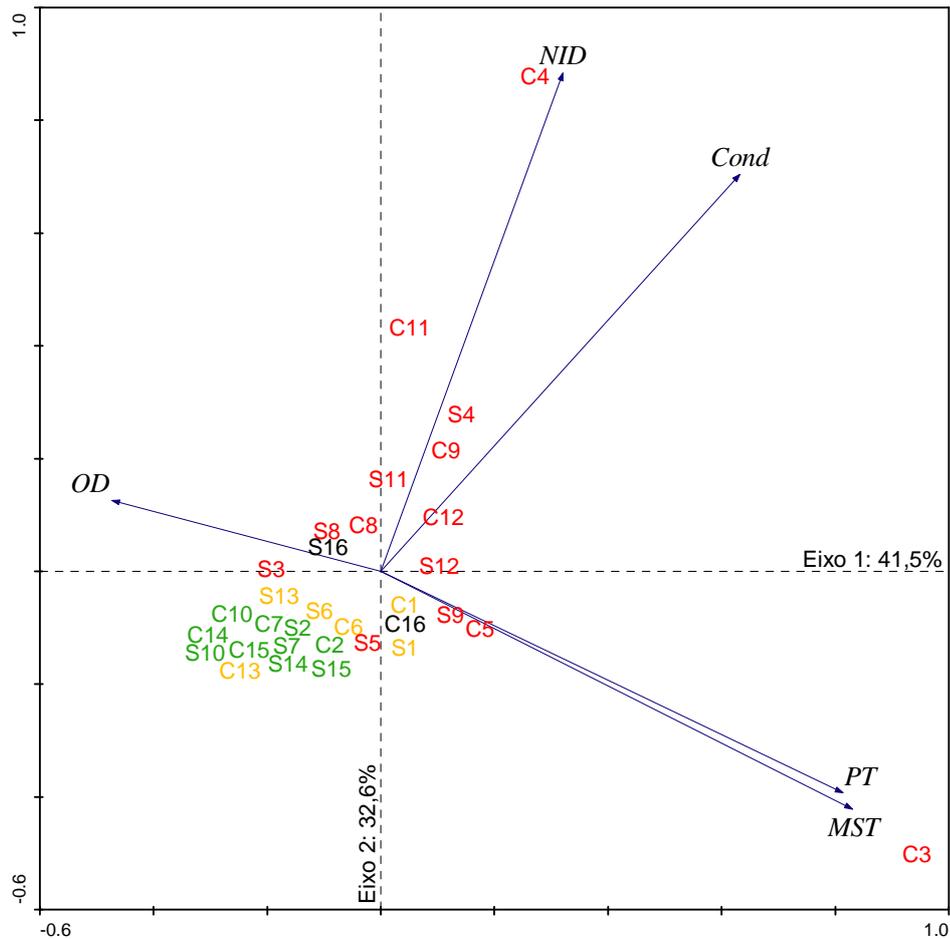


Figura 19. Análise de Componentes Principais (PCA) feitas nos 16 pontos de coleta para o período chuvoso (C) e seco (S) com as variáveis ambientais concentração de oxigênio dissolvido (OD), fósforo total na água (PT), Material em suspensão total (MST), condutividade elétrica (Cond), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID). Pontos em verde: coletados nos afluentes da margem direita do Rio Monjolinho; pontos em vermelho: coletados nos afluentes da margem esquerda, pontos em amarelo: coletados no Rio Monjolinho; e pontos em preto, coletados na estação de Captação de água do Espriado.

## 4.4. Análises químicas do sedimento

### 4.4.1 Concentração de matéria orgânica e inorgânica no sedimento

Os resultados relativos às concentrações de matéria orgânica e inorgânica dos sedimentos amostrados nos 16 pontos da bacia do rio Monjolinho são apresentados na Tabela 4. No período chuvoso, a porcentagem de matéria orgânica no sedimento variou de 9,44% no ponto Captação (Ponto 16), seguido pelo ponto Cascavel (Ponto 6) (2,87%) e São Rafael foz (Ponto 5) (2,39%), a 0,23% no ponto Ponte de Tábua nascente (Ponto 8). Já no período seco,

os maiores valores de matéria orgânica no sedimento foram registrados nos pontos Belvedere foz (Ponto 12), Captação (Ponto 16) e São Rafael nascente (Ponto 4), com 12,03; 9,97 e 3,89 %, respectivamente). Os menores valores foram registrados nos pontos Ponte de Tábua nascente (Ponto 8) (0,3%), Ponte de Tábua foz (Ponto 9) (0,34%) e Monjolinho inferior (Ponto 13) (0,37%).

**Tabela 4. Porcentagem de matéria inorgânica e matéria orgânica presente no sedimento dos 16 pontos de coleta, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.**

Pontos	chuvoso		seco	
	Mat. Inorg.(%)	Mat. Org.(%)	Mat. Inorg.(%)	Mat. Org.(%)
<b>Monjolinho sup</b>	99,3	0,7	98,88	1,12
<b>Jatobá</b>	99,58	0,42	96,81	3,19
<b>Douradinho</b>	99,68	0,32	99,58	0,42
<b>São Rafael Nasc</b>	98,23	1,77	96,11	3,89
<b>São Rafael Foz</b>	99,43	0,57	99,46	0,54
<b>Monj. Médio</b>	97,61	2,39	96,56	3,44
<b>Cascavel</b>	97,13	2,87	98,51	1,49
<b>Ponte Tábua nasc</b>	99,77	0,23	99,7	0,3
<b>Ponte Tabua foz</b>	99,46	0,54	99,66	0,34
<b>Martinha</b>	99,3	0,7	98,71	1,29
<b>Belvedere nasc</b>	99,3	0,7	98,8	1,2
<b>Belvedere foz</b>	98,41	1,59	87,97	12,03
<b>Monjolinho inf</b>	99,67	0,33	99,63	0,37
<b>Espraiado I</b>	99,22	0,78	99,56	0,44
<b>Espraiado II</b>	98,37	1,63	99,05	0,95
<b>Captação</b>	90,56	9,44	90,03	9,97

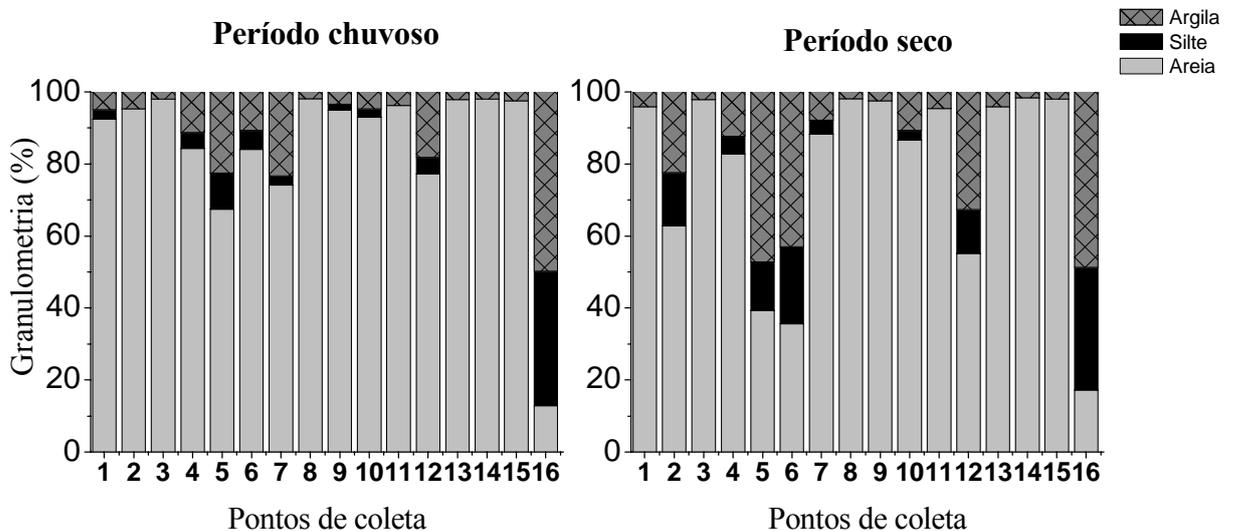
#### 4.4.2 Granulometria

Os resultados relativos às análises granulométricas dos sedimentos amostrados em diferentes pontos da bacia do rio Monjolinho são apresentados na Figura 20 e na Tabela 24, nos apêndices.

No período chuvoso, o único ponto em que o sedimento foi classificado como argiloso foi o ponto Captação (Ponto 16), no qual a fração de argila representou quase metade da constituição do sedimento (49,75%). A fração de silte correspondeu a 37,32% do sedimento e a fração areia, a apenas 12,93%. O sedimento em todos os demais pontos pode ser

classificado como arenoso, uma vez que a porcentagem de areia foi muito maior do que a de silte e argila, representando mais de 67% do sedimento em todos os pontos e a mais de 90% em 10 pontos de coleta: Monjolinho superior (Ponto 1) (92,54%), Jatobá (Ponto 2) (95,31%), Douradinho (Ponto 3) (98,01%), Ponte de Tábua nascente (Ponto 8) (98,12%), Ponte de Tábua foz (Ponto 9) (94,91%), Martinha (Ponto 10) (93,01%), Belvedere nascente (Ponto 11) (96,31%), Monjolinho inferior (Ponto 13) (97,95%), Espraiado I (Ponto 14) (98,03%) e Espraiado II (Ponto 15) (97,55%). Os pontos que tiveram maior composição de argila em sua composição, depois do ponto captação, foram: Cascavel (Ponto 7) (23,33%), São Rafael foz (Ponto 5) (22,52%) e Belvedere foz (Ponto 12) (18,2%).

Já no período seco, os pontos Captação, bem como São Rafael foz e Monjolinho médio apresentaram argila como fração mais abundante (48,67%, 47,2% e 42,97%, respectivamente), seguidos pelo ponto Belvedere foz (32,63%). Os demais pontos apresentaram textura similar, dominada pela fração de areia.



**Figura 20: Composição granulométrica do sedimento: porcentagem de argila, silte e areia no sedimento dos 16 pontos de coleta, na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (março) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.**

#### 4.4.3 Concentrações de Nitrogênio e Fósforo Total

Os resultados relativos às concentrações de nitrogênio e fósforo nos sedimentos amostrados em diferentes pontos da bacia do rio Monjolinho são apresentados na Figura 21.

As análises de nitrogênio total e fósforo total do sedimento revelaram que, enquanto os valores de N total foram maiores no período seco, os valores de fósforo total no sedimento foram maiores no período chuvoso. Os dados brutos estão localizados na Tabela 25, nos Apêndices.

Os pontos onde foram registradas as concentrações mais elevadas de nitrogênio total do sedimento coletado no período chuvoso foram: Captação (Ponto 16), com 233,33 mg de nitrogênio total por quilograma de sedimento, Monjolinho médio (Ponto 6), com 84 mg kg<sup>-1</sup> e Cascavel (Ponto 7), com 70 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto que os pontos que tiveram menor concentração foram: Monjolinho inferior (Ponto 13), Espraiado I (Ponto 14) e São Rafael nascente (Ponto 4) (todos com 23,33 mg kg<sup>-1</sup>). No ponto Captação também foi registrada a maior concentração de fósforo total no sedimento, com 394,15 µg de fósforo total por grama de sedimento. Nos pontos Belvedere foz (Ponto 12), São Rafael Foz (Ponto 5), Monjolinho superior (Ponto 1) Monjolinho médio ocorreram valores acima de 100 mg kg<sup>-1</sup> (172,01; 151,51; 132,28 e 108,0 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente). Já os pontos São Rafael nascente, Espraiado I e Espraiado II (Ponto 15) apresentaram as menores concentrações de fósforo no sedimento (0,78; 0,82 e 0,92 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente).

Para a coleta realizada em época seca, os valores de nitrogênio total no sedimento variaram de 28 mg kg<sup>-1</sup> nos pontos Douradinho e Espraiado I, até 1241,33 mg Kg<sup>-1</sup> no ponto Belvedere foz (P12) - concentração 44 vezes maior. Os valores de Fósforo total, por sua vez, tiveram uma amplitude bem menor: os menores valores foram registrados nos pontos Monjolinho médio (0,32 mg kg<sup>-1</sup>) e Belvedere nascente (0,33 mg kg<sup>-1</sup>) e os maiores valores, nos pontos Captação (3,19 mg kg<sup>-1</sup>) e Monjolinho superior (3,79 mg kg<sup>-1</sup>) - concentração 12 vezes maior do que no ponto Monjolinho médio.

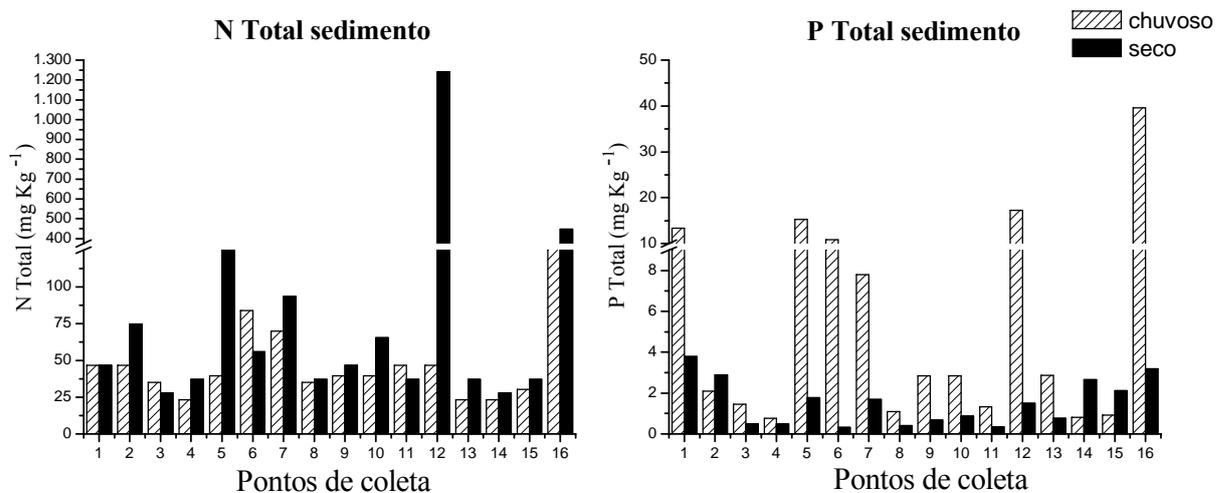


Figura 21. Concentração de nitrogênio total (em  $\text{mg kg}^{-1}$ ) e fósforo total no sedimento (em  $\text{mg kg}^{-1}$ ) nos 16 pontos de coleta, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso (março) e período seco (agosto/setembro) de 2010.

## 4.5 Testes de Toxicidade da Água

### 4.5.1 Testes de sensibilidade de *Ceriodaphnia silvestrii* (Cladocera, Crustacea)

Os resultados relativos aos testes de sensibilidade de *C. silvestrii* foram considerados dentro da faixa de sensibilidade previamente estabelecida para os cultivos realizados no Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, a qual esteve compreendida entre 0,76 e 1,46  $\text{g L}^{-1}$  de NaCl. Os valores de CE-50/48h de NaCl, obtidos para os testes de sensibilidade desenvolvidos juntamente com os testes de toxicidade da água amostrada no período chuvoso foram de 1,03  $\text{g L}^{-1}$  NaCl (índice de confiança de 95% :0,92 – 1,14  $\text{g L}^{-1}$ ) e de 1,01  $\text{g L}^{-1}$  NaCl, (índice de confiança de 95%: 0,88 – 1,15  $\text{g L}^{-1}$ ) (Tabela 26, nos apêndices). Para o período seco, o teste de sensibilidade resultou um valor de CE-50/48h igual a 1,22  $\text{g L}^{-1}$  NaCl (índice de confiança de 95%: 1,06 – 1,40  $\text{g L}^{-1}$ ) indicando que esses organismos encontravam-se em condições fisiológicas adequadas para serem utilizados nos testes de toxicidade aguda.

#### 4.5.2 Testes de Toxicidade Aguda da Água

Os resultados relativos aos testes de toxicidade aguda para a água dos diferentes pontos da bacia do rio Monjolinho realizados com o organismo-teste *Ceriodaphnia silvestrii* são apresentados nas Tabela 5 (período chuvoso) e 6 (período seco).

Dois testes foram realizados com água coletada no período chuvoso. No primeiro, a sobrevivência média variou de 100 % nos pontos Captação, Douradinho, Cascavel até 80 % no ponto Belvedere foz. Apesar de no controle ter se verificado uma mortalidade maior do que 10%, o resultado não foi descartado pois, junto com os testes, realizou-se um teste de sensibilidade e os organismos se encontraram dentro da faixa previamente estabelecida para este organismo-teste. Além disso, não foi evidenciada mortalidade elevada em nenhum dos pontos analisados, o que descarta a possibilidade dos organismos-teste estarem mais sensíveis do que o esperado.

Já no segundo teste os indivíduos presentes no controle apresentaram 100% de sobrevivência, bem como nos bioensaios referentes aos pontos Ponte de Tábua foz, Jatobá, Monjolinho inferior e Martinha. Por outro lado, os testes de toxicidade aguda demonstraram imobilidade significativamente diferente à do controle (30 %, para  $p = 0,05$ ) quando expostos à água coletada no ponto São Rafael foz (P5), evidenciando assim a existência de efeito tóxico agudo na água deste local.

A água do ponto São Rafael foz foi também aquela que resultou em maiores valores de imobilidade nos testes de toxicidade realizados com as amostras de água coletadas no período seco (15%), embora o teste de Fisher utilizado não tenha detectado diferenças significativas com relação ao controle ( $p = 0,05$ ). A sobrevivência média de *C. silvestrii* foi de 90% quando exposta à água dos pontos Ponte de Tábua nascente (P4), Jatobá e Martinha, 95 % no ponto Douradinho e 100% nas demais localidades testadas.

Tabela 5. Valores obtidos nos testes de toxicidade aguda realizados com as amostras de água dos 16 pontos de coleta. Organismo-teste: *Ceriodaphnia silvestrii*; imobilidade por réplica, imobilidade total, % de imobilidade, resultado do teste, valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ ) das amostras ambientais. Período chuvoso - março de 2010.

<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>							Variáveis Químicas									
Pontos	Réplicas					% imob	Resultado	pH		Condutividade $\mu\text{S cm}^{-1}$		OD $\text{mg L}^{-1}$		Dureza $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$		
	1	2	3	4	total			i	f	i	f	i	f	i	f	
<b>Teste 1</b>																
Controle	0	0	2	1	3	15		7,33	7,5	127,4	156,5	6,77	6,82	46	-	
Espraiado	2	0	0	0	2	10	Não tóxico	5,93	6,78	7,09	20,1	6,58	6,7	6	-	
Captação	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,75	7,14	28,4	39,3	6,33	6,61	14	-	
Belv. Nasc	0	0	1	1	2	10	Não tóxico	6,79	7,28	66	78,9	5,74	6,48	10	-	
Belv. Foz	3	1	0	0	4	20	Não tóxico	6,95	7,41	55,4	70,3	5,49	6,25	20	-	
São Raf. Nasc	1	0	0	0	1	5	Não tóxico	6,78	7,5	105,5	111,5	5,95	6,05	20	-	
Douradinho	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,7	7,1	27,1	36,3	5,61	6,31	12	-	
Cascavel	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,63	7,04	18,28	26,9	5,93	5,87	12	-	
<b>Teste 2</b>																
Controle	0	0	0	0	0	0		7,56	7,47	143,7	143,3	6,49	5,85	46	-	
Espraiado II	0	1	0	0	1	5	Não tóxico	6,18	6,93	17,29	20,6	5,85	5,56	4	-	
São Rafael foz*	3	2	1	0	6	30*	Efeito tóxico agudo	7,44	7,32	50,2	52,3	5,65	5,46	18	-	
Pte Tábua nasc	0	4	0	0	4	20	Não tóxico	6,99	7,33	44,7	47,7	5,43	5,61	18	-	
Pte Tábua foz	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,93	7,25	48,6	52,3	5,46	5,29	14	-	
Jatobá	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,98	7,11	30,3	33,5	5,64	4,75	14	-	
Monj sup	1	0	1	0	2	10	Não tóxico	6,65	7,18	29,6	30,6	5,67	4,82	16	-	
Monj inf	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	6,91	7,12	34,8	35,6	6,1	5,15	16	-	
Monj médio	1	1	0	0	2	10	Não tóxico	6,85	7,14	31,8	31,1	5,53	5,2	15	-	
Martinha	0	0	0	0	0	0	Não tóxico	7,02	6,99	18,4	20,6	5,78	5,07	10	-	
Teste 1: Início:	26/4		15:00			Teste 2	Início:	30/4	15:50							
Fim:	28/4		15:08				Fim:	02/5	15:30							

Tabela 6. Valores obtidos nos testes de toxicidade aguda realizados com as amostras de água dos 16 pontos de coleta. Organismo-teste: *Ceriodaphnia silvestrii*; imobilidade por réplica, imobilidade total, % de imobilidade, resultado do teste, valores iniciais e finais de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ ) das amostras ambientais. Período seco – agosto/ setembro de 2010.

Pontos	<i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Variáveis Químicas								
	Réplicas		pH		Condutividade $\mu\text{S cm}^{-1}$		OD $\text{mg L}^{-1}$		Dureza $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$						
	1	2	3	4	Total	% imob	Resultado	i	f	i	f	i	f	i	F
<b>Teste 1</b>															
Controle	0	0	1	0	1	5		7,39	7,42	152,5	135	7,1	-	46	-
Espraiado II	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,39	6,94	20,3	22,9	6,05	-	8	-
Monj inf	0	0	0	0	0	0	não tóxico	7,05	7,16	45,3	39,3	6,1	-	16	-
Pte Tab nasc	0	1	0	1	2	10	não tóxico	7,04	7,37	48,4	47,7	6,15	-	20	-
Pte Tab foz	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,83	7,29	56,2	47,4	6,17	-	14	-
São Raf. Nasc	0	0	0	0	0	0	não tóxico	7,1	7,32	95	88,2	6,11	-	26	-
<b>Teste 2</b>															
Controle	0	0	0	0	0	0	não tóxico	7,51	7,49	141,3	138	5,74	-	46	-
Captação	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,97	7,14	25,5	29,6	6,46	-	10	-
Monj sup	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,62	7,23	26,8	29,6	4,89	-	12	-
Monj médio	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,79	7,22	28,9	30,9	5,3	-	12	-
Douradinho	0	1	0	0	1	5	não tóxico	7,59	7,19	31,4	33,5	5,18	-	12	-
Cascavel	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,67	7,05	18,84	19,94	5,27	-	8	-
<b>Teste 3</b>															
Controle	0	1	1	0	2	10	não tóxico	7,55	7,49	135,3	139,1	6,23	-	46	-
Jatobá	0	2	0	0	2	10	não tóxico	6,48	7,18	17,61	31	6,02	-	8	-
Espraiado	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,25	7,03	10,39	19,32	6,52	-	6	-
São Rafael foz	0	1	0	2	3	15	não tóxico	6,86	7,32	32,2	40,6	6,29	-	12	-
Belvedere nasc	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,68	7,32	60,9	66,3	5,84	-	12	-
Belvedere foz	0	0	0	0	0	0	não tóxico	6,6	7,45	49,4	55	6,09	-	9	-
Martinha	0	0	1	1	2	10	não tóxico	6,55	7,19	11,33	18,22	6,23	-	8	-

## 4.6. Teste de toxicidade do sedimento

### 4.6.1 Testes de sensibilidade de *Hyalella meinerti* (Amphipoda, Crustacea)

A partir dos testes de sensibilidade, obteve-se para o organismo-teste *Hyalella meinerti* uma faixa de sensibilidade de 278,82 – 896,18  $\mu\text{g L}^{-1}$  de  $\text{CuSO}_4$  (Figura 22). Os dados brutos relativos aos testes de sensibilidade de *H. meinerti* encontram-se apresentados na Tabela 27, nos apêndices.

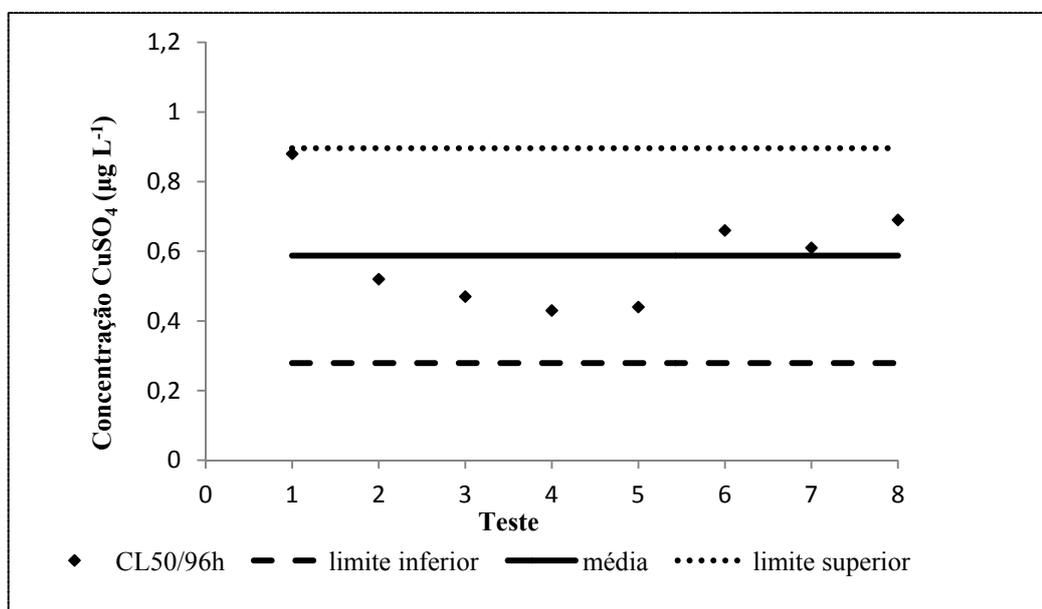


Figura 22. - Faixa de sensibilidade de *Hyalella meinerti* ao  $\text{CuSO}_4$  – valores de CL50/96h para cada teste: a linha sólida representa o valor médio das CL50/96h e as linhas pontilhadas representam os limites inferior e superior da faixa de sensibilidade.

### 4.6.2 Testes de Toxicidade Aguda do Sedimento

Os resultados relativos à toxicidade aguda do sedimento dos diferentes pontos da bacia do rio Monjolinho avaliados com o organismo-teste *Hyalella meinerti* são apresentados nas Tabelas 7 e 8. Os valores de pH, condutividade elétrica, concentração de Oxigênio Dissolvido e dureza da água registrados ao longo dos testes encontram-se nas Tabelas 28 e 29, nos apêndices.

Nas análises ecotoxicológicas realizadas com o sedimento coletado no período chuvoso, os pontos cujos sedimentos acarretaram efeito tóxico agudo foram: São Rafael nascente (Ponto 4), com 40% de mortalidade, Ponte de Tábua foz (Ponto 9) com 32,5%; Monjolinho médio (Ponto 6), com 20% e Cascavel (Ponto 7), com 17,5% de mortalidade ( $p = 0,05$ ) (Tabela 12). Nos pontos Espreado II e Douradinho a mortalidade de *H. meinerti* foi maior do que 10 % (17,5 % e 15%, respectivamente), porém não foi significativamente diferente do controle como evidenciado pelo teste de Fisher. Nos demais pontos foram obtidos valores de mortalidade menores do que 10%, sendo que nos pontos Captação, Monjolinho superior, Monjolinho inferior, Martinha e Belvedere nascente foram registrados os menores valores de mortalidade (apenas 2,5%).

No período seco, apenas no Ponto Ponte de Tábua foz a sobrevivência dos organismos-teste foi significativamente menor ( $p = 0,05$ ) do que a observada no controle (42,5% de mortalidade). Apesar de no ponto Cascavel *H. meinerti* ter apresentado 20% de mortalidade, a toxicidade do sedimento deste ponto não foi considerada significativamente diferente daquela dos organismos-controle pelo teste de Fisher. No ponto Monjolinho médio, por sua vez, registrou-se 100% de sobrevivência dos organismos testados e no ponto São Rafael nascente (P4) foi registrada mortalidade de apenas 10% dos organismos testados. Porém, apesar da toxicidade crônica não ter sido avaliada neste estudo, os organismos testados com o sedimento deste ponto estavam visivelmente debilitados, com coloração esbranquiçada, além de serem bem menores do que os organismos mantidos no controle, o que sugere a provável toxicidade crônica da amostra de sedimento coletado no ponto São Rafael nascente. Nos demais pontos não foram observadas grandes alterações no desenvolvimento dos organismos-teste.

**Tabela 7. Resultado dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos da bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período chuvoso de 2010, utilizando-se como organismo-teste a espécie *Hyalella meinerti*. Mortalidade por réplica, número total, porcentagem de mortalidade e efeito observado.**

Pontos	Réplicas				nº total	% mortalidade	Efeito observado
	1	2	3	4			
<b>Teste 1</b>							
Controle	0	1	2	1	4	10	
Captação	1	1	0	0	2	5	<b>Não tóxico</b>
São Rafael nasc*	7	1	6	2	16*	40*	<b>Efeito tóxico agudo</b>
Monj sup	1	0	0	0	1	2,5	<b>Não tóxico</b>
Monj inf	0	0	1	0	1	2,5	<b>Não tóxico</b>
<b>Teste 2</b>							
Controle	0	0	0	1	1	2,5	
Espraiado	1	1	1	0	3	7,5	<b>Não tóxico</b>
Cascavel*	0	2	2	3	7*	17,5*	<b>Efeito tóxico agudo</b>
Martinha	0	0	0	1	1	2,5	<b>Não tóxico</b>
Monj médio*	7	0	0	1	8*	20*	<b>Efeito tóxico agudo</b>
Ponte de Tábua Foz*	2	5	2	4	13*	32,5*	<b>Efeito tóxico agudo</b>
Pte de Tábua Nasc	0	0	2	0	2	5	<b>Não tóxico</b>
<b>Teste 3</b>							
Controle	2	1	2	0	5	12,5	
Espraiado II	3	2	0	2	7	17,5	<b>Não tóxico</b>
Jatobá	1	0	1	0	2	5	<b>Não tóxico</b>
Douradinho	4	1	0	1	6	15	<b>Não tóxico</b>
São Raf foz	0	1	1	1	3	7,5	<b>Não tóxico</b>
Belv nascente	0	0	1	0	1	2,5	<b>Não tóxico</b>
Belv foz	0	1	0	1	2	5	<b>Não tóxico</b>

**Tabela 8. Resultados dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos da bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, amostrados no período seco de 2010, utilizando-se como organismo-teste a espécie *Hyalella meinerti*. Mortalidade por réplica, número total, porcentagem de mortalidade e efeito observado.**

Pontos	Réplicas				n° total	% mortalidade	Efeito observado
	1	2	3	4			
<b>Teste 1</b>							
Controle	2	3	2	1	8	20	<b>Não tóxico</b>
Espraiado	0	3	1	2	6	15	<b>Não tóxico</b>
Captação	2	2	1	0	5	12,5	<b>Não tóxico</b>
Douradinho	2	1	0	1	4	10	<b>Não tóxico</b>
Pte Tábua foz	5	7	2	3	17	42,5*	<b>Efeito tóxico agudo</b>
Martinha	1	0	3	0	4	10	<b>Não tóxico</b>
Cascavel	2	1	1	4	8	20	<b>Não tóxico</b>
<b>Teste 2</b>							
Controle	1	2	3	2	8	20	
Monj inf	2	2	1	1	6	15	<b>Não tóxico</b>
Pte Tábua nasc	1	2	2	2	7	17,5	<b>Não tóxico</b>
São Raf foz	3	0	0	0	3	7,5	<b>Não tóxico</b>
Monj médio	0	0	0	0	0	0	<b>Não tóxico</b>
Monj sup	2	2	3	2	9	22,5	<b>Não tóxico</b>
<b>Teste 3</b>							
Controle	0	0	0	1	1	2,5	
São Raf nasc*	1	1	1	1	4	10	<b>Efeito crônico</b>
Esp II	0	3	1	0	4	10	<b>Não tóxico</b>
Jatobá	1	0	0	1	2	5	<b>Não tóxico</b>
Belv nasc	1	2	1	0	4	10	<b>Não tóxico</b>
Belv foz	0	1	0	1	2	5	<b>Não tóxico</b>

## **4.7 Estrutura da Comunidade de Macroinvertebrados Bentônicos**

### **4.7.1 Composição Taxonômica e Abundância Numérica**

Ao todo, foram identificados, no período chuvoso, 8.753 indivíduos pertencentes a 39 táxons e 19.854 indivíduos no período seco, distribuídos em 54 táxons. Em ambos períodos a comunidade bentônica dos córregos analisados foi dominada por organismos dos táxons de Oligochaeta e Chironomidae.

No período chuvoso foram registrados 3.497 indivíduos de Oligochaeta, correspondendo a cerca de 40% da abundância relativa total dos macro-invertebrados amostrados e 3.842 indivíduos da família Chironomidae, que corresponderam a cerca de 43,9% do total de organismos encontrados (Tabela 9). Já no período seco, foram coletados 5.965 indivíduos de Oligochaeta, o que correspondeu a 30% do total de indivíduos e 12.008 quironomídeos, equivalente a 60,5% da abundância relativa (Tabela 10).

Para a coleta realizada no período chuvoso, o menor número de táxons foi encontrado nos pontos São Rafael nascente e Ponte de Tábua nascente sendo que para ambos foi registrada a presença de apenas 3 táxons: Oligochaeta, Chironomidae e Ceratopogonidae no primeiro ponto e Oligochaeta, Chironomidae e Turbellaria no segundo.



**Tabela 10. Valores da abundância total dos táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos encontrados 16 pontos amostrados, no período seco (S) (agosto/setembro de 2010).**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S1	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Oligochaeta	516	23	3192	15	71	78	4	8	264	869	68	22	229	115	156	29
Hirudinea	56		1	5		2	2	2	7	1		6	4	1	6	1
Nematoda	5		3	21	11	1	1	1	6	14	34	2		47	38	1
Turbellaria			12									8		2	5	1
Hydracarina				2												
Isopoda				1												
Colembola				1	1						1					2
Pyralidae				1								1				
Chironomidae	68	236	3473	84	429	637	464	458	514	76	342	59	359	2518	124	475
Ceratopogonidae	1	6	13	5	9	2	8		11			1	6	44	147	2
Simuliidae			1	23	12		2				11			2	1	
Tipulidae			9				2				1				1	1
Tabanidae													3			
Psychodidae	4		3											1		
Empididae			4								2				1	
Culicidae																5
Baetidae	1	1		89	29	11	22		1			4	67	73	34	8
Leptophlebiidae														37	83	
Caenidae					1											2
Leptoceridae														3	9	
Odontoceridae														6	7	
Hydropsychidae				4	5	4					4			1	7	
Polycentropodidae				1										1	6	
Hydroptilidae		2	3	3	4		2		1				1	4		
Perlidae														1	4	
Gripopterygidae														19	1	
Megapodagrionidae															3	
Libellulidae	1		1	2	1		1					5	1	1		
Coenagrionidae				2	2			1				2	14		1	3
Gomphidae										2				1	1	2
Calopterygidae													17			2
Naucoridae														2		
Notonectidae																3
Veliidae				3												3
Belostomatidae												1			1	
Corixidae			1													7
Pleidae														2		1
Dytiscidae			1												2	
Elmidae										7			1	27	3	
Psephenidae												1				
Hydrophilidae			14	2										1		
Gyrinidae		1					1						1	1		
Bivalvia		3		4	1			17	2	1	2		2		5	

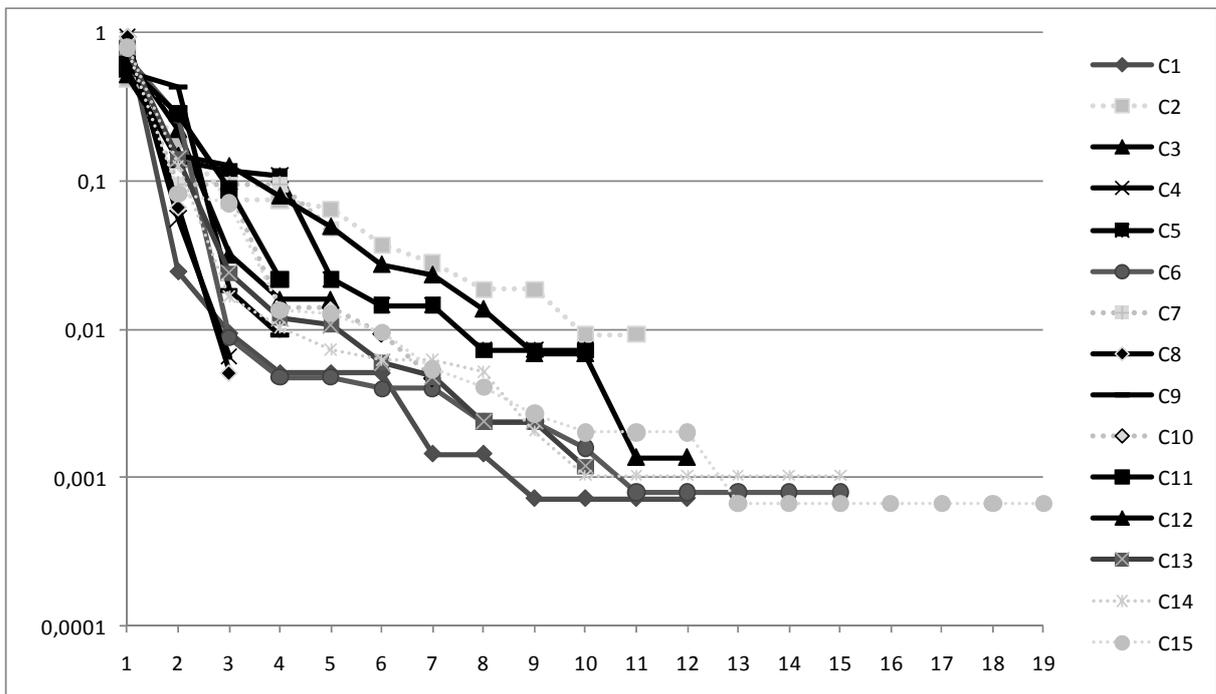
Na Tabela 11 são apresentados os dados de riqueza, dominância e diversidade obtidos para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos da sub-bacia do rio Monjolinho nos trechos estudados. No ponto São Rafael nascente foi obtido o segundo maior valor de dominância (0,88) e o menor valor de diversidade de Shannon-Wiener (0,25), enquanto no ponto Ponte de Tábua nascente foi obtido o terceiro maior valor de dominância (0,75) e o terceiro menor valor de diversidade de Shannon-Wiener (0,45). A maior riqueza, por outro lado, foi registrada no ponto Espraiado II (19) seguido pelo ponto Espraiado I (15). Já no período seco, os menores valores de riqueza foram registrados no córrego Jatobá e novamente no ponto Ponte de Tábua nascente, com apenas 7 táxons cada, enquanto que os pontos situados no córrego Espraiado continuaram sendo os pontos onde foi registrada a maior riqueza de táxons (26 táxons em cada), porém não foram os pontos com maior índice de diversidade.

**Tabela 11. Valores de Riqueza, abundância, dominância e diversidade de Shannon Wiener obtidos para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados nos 16 pontos amostragem, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010) e período seco (agosto/setembro) de 2010.**

Pontos	1ª coleta – período chuvoso				2ª coleta - período seco			
	Riqueza	Abundância	Dominância	Shannon H	Riqueza	Abundância	Dominância	Shannon H
<b>Monj sup</b>	13	1389	0,89	0,31	9	1274	0,45	0,93
<b>Jatobá</b>	11	108	0,28	1,68	7	272	0,76	0,54
<b>Douradinho</b>	5	63	0,56	0,82	16	6951	0,46	0,9
<b>São Raf Nasc</b>	3	306	0,88	0,25	21	378	0,19	2
<b>São Raf Foz</b>	10	138	0,36	1,4	16	589	0,55	1,1
<b>Monj Médio</b>	15	1259	0,55	0,82	8	736	0,76	0,5
<b>Cascavel</b>	5	21	0,47	1,09	12	555	0,71	0,72
<b>Ponte Táb nasc</b>	3	287	0,75	0,45	7	493	0,86	0,35
<b>Ponte Tab foz</b>	4	220	0,48	0,81	10	813	0,51	0,87
<b>Martinha</b>	7	215	0,43	1,07	8	971	0,81	0,43
<b>Belv nasc</b>	4	46	0,46	0,95	10	468	0,56	0,93
<b>Belv foz</b>	12	734	0,32	1,56	13	114	0,32	1,63
<b>Monj inf</b>	10	837	0,65	0,74	15	713	0,37	1,3
<b>Espraiado I</b>	15	967	0,68	0,73	26	2942	0,74	0,74
<b>Espraiado II</b>	19	1483	0,63	0,88	26	1742	0,5	1,25
<b>Captação</b>	6	680	0,51	0,78	20	843	0,39	1,34

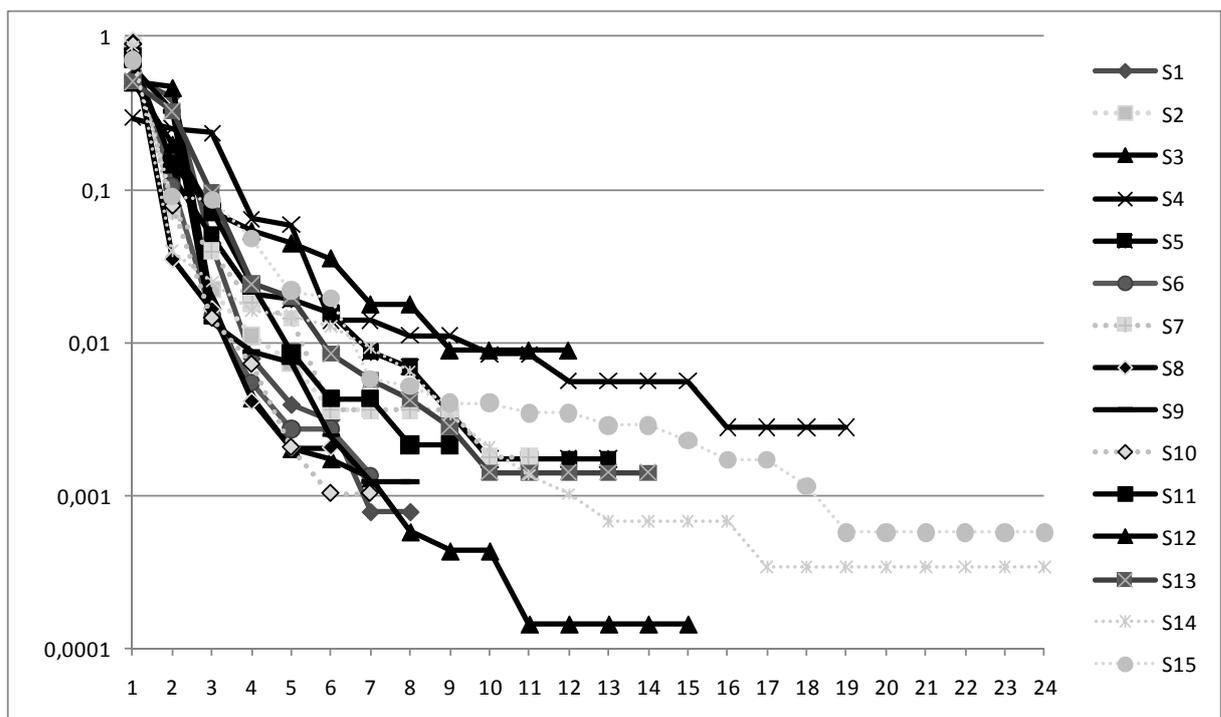
#### 4.7.2. Curvas dos Componente Dominância e Riqueza da Diversidade

Os ranqueamentos dos táxons de macro-invertebrados bentônicos em ordem decrescente de suas abundâncias numéricas para os diferentes pontos amostrados nos períodos chuvoso e seco são apresentados nas Figuras 23 e 24. A análise destes gráficos evidencia uma separação entre os pontos situados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho, representados na cor cinza claro, linha pontilhada, e os situados nos afluentes da margem esquerda, em preto. Os pontos Espreadado I e II, tanto para o período seco quanto para o chuvoso, apresentaram as linhas mais longas e mais elevadas, o que representa maiores riquezas de táxons, menor dominância e maior diversidade. A dominância de táxons, avaliada pela inclinação das curvas, foi menor para o ponto Monjolinho superior (C1) indicando grande dominância de um ou poucos táxons e baixa riqueza para a coleta realizada no período chuvoso (Figura 23).



**Figura 23.** Curvas de ranqueamento de abundâncias e riqueza da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos 15 pontos amostrados, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010). Linhas pontilhadas, cinza claro: pontos de coleta situados nos afluentes da margem direita do Rio Monjolinho, linhas pretas: pontos de coleta situados nos afluentes da margem esquerda do Rio Monjolinho, linhas cinza contínuas: pontos de coleta localizados no rio Monjolinho.

Já no período seco, apesar de no ponto Monjolinho superior (Ponto S1) terem sido registrados valores de riqueza menores do que os observados no período chuvoso, a dominância foi muito menor, o que pode ser observado na Tabela 10 (dominância igual a 0,89 no período chuvoso, e no seco, igual a 0,45). No ponto Monjolinho médio (Ponto S6) os valores de riqueza e diversidade são menores e a dominância é maior que o ponto Monjolinho superior (Ponto S1). Porém, para o ponto Monjolinho inferior (Ponto S13), próximo à estação de captação de água do Espraiado, foram obtidos altos valores de riqueza, diversidade, e uma baixa dominância, observando-se uma distribuição semelhante à obtida para as curvas dos pontos Espraiado I e II, como pode ser observado na Figura 24.



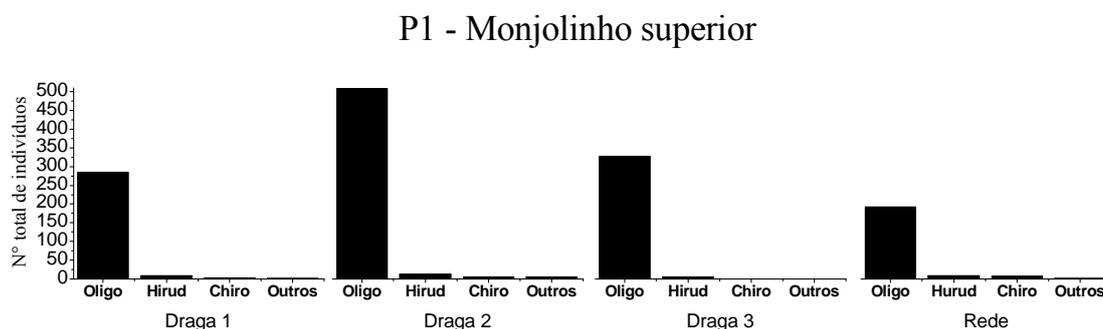
**Figura 24.** Curvas de ranqueamento de abundâncias e riquezas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nos 15 pontos amostrados na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos - SP, durante o período seco (agosto/setembro) de 2010. Linhas pontilhadas, cinza claro: pontos de coleta situados nos afluentes da margem direita do Rio Monjolinho, linhas pretas: pontos de coleta situados nos afluentes da margem direita do Rio Monjolinho, linhas cinza contínuas: pontos de coleta localizados no rio Monjolinho.

### 4.7.3 Abundância Numérica dos Grupos Dominantes

A abundância numérica dos grupos taxonômicos dominantes da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, coletados simultaneamente com a draga de Van Veen e com a Rede em D, é apresentada a seguir:

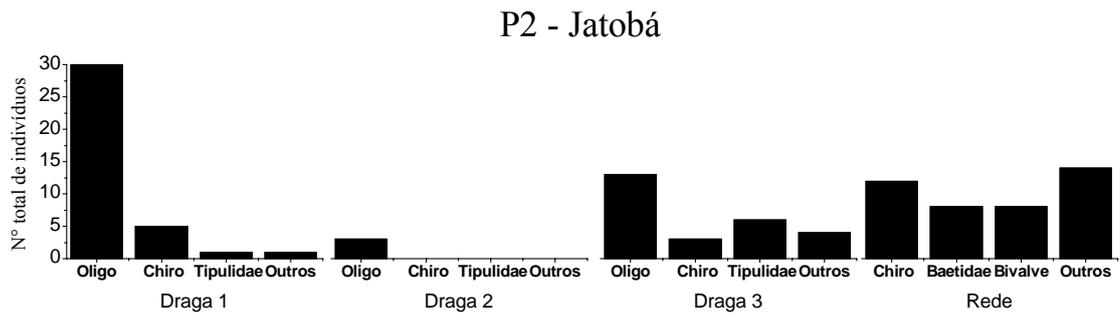
#### 4.7.3.1 - 1ª coleta: Período Chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010)

No ponto Monjolinho superior, o grupo mais abundante, tanto nas amostras obtidas por meio de draga quanto de rede foram os Oligochaeta, num total de 1312 indivíduos amostrados. O segundo grupo mais abundante foram os representantes da Classe Hirudinea, com 34 indivíduos no total. O grupo Chironomidae apresentou abundância muito baixa (10 indivíduos). Os demais organismos presentes foram raros: representantes de Ceratopogonidae e Hydrophilidae nas amostras de draga, e de Dytiscidae e Chaoboridae, nas amostras de rede (Figura 25).



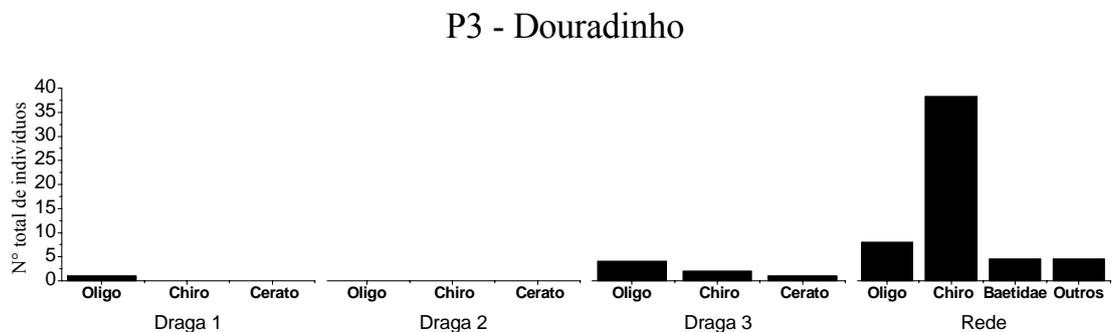
**Figura 25.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho superior, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Jatobá, os representantes do grupo Oligochaeta foram dominantes nas amostras de draga, seguidos pelos da família Chironomidae, enquanto nas amostras obtidas com a rede, este último foi o grupo dominante, seguido pelos Ephemeroptera da família Baetidae e por moluscos Bivalvia, respectivamente (Figura 26).



**Figura 26.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Jatobá, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

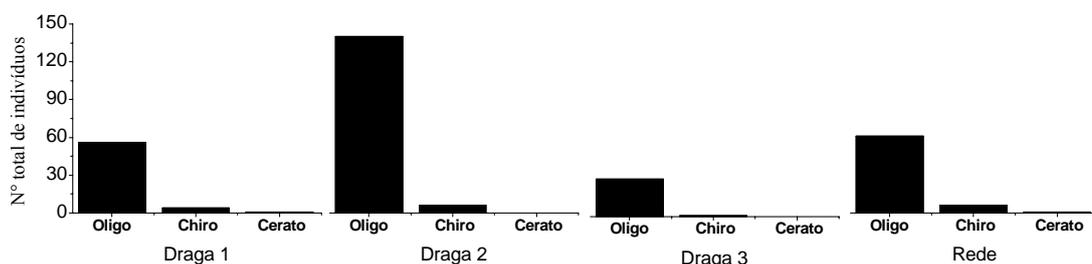
No ponto Douradinho poucos indivíduos foram coletados com a draga (Figura 27). A primeira dragada coletou apenas 1 Oligochaeta, enquanto que a segunda não coletou nenhum indivíduo e a terceira coletou, no total, 7 organismos pertencentes a três diferentes táxons. A amostragem com a rede, por sua vez, coletou um número de indivíduos relativamente maior, com 43 representantes dos Chironomidae, 9 dos Oligochaeta, 5 dos Baetidae e 5 indivíduos de outros grupos.



**Figura 27.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Douradinho, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

Somente representantes dos grupos Oligochaeta, Chironomidae e Ceratopogonidae foram encontrados no ponto São Rafael nascente, sendo que Oligochaeta foi o grupo dominante em todas as três amostras coletadas neste ponto (Figura 28).

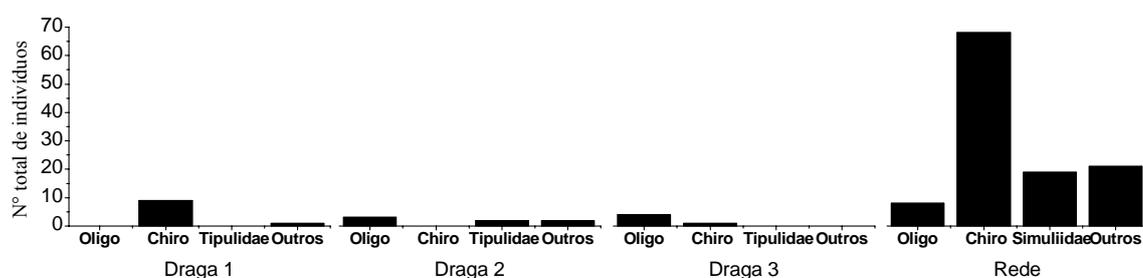
## P4 - São Rafael nascente



**Figura 28.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto São Rafael foz, as amostras de draga coletaram poucos indivíduos pertencentes aos grupos Oligochaeta e Chironomidae (7 e 10, respectivamente). Representantes da família Tipulidae, pertencente à Ordem Diptera, só foi encontrada na amostra da draga 2. Em contrapartida, na amostra de rede foram coletados 68 indivíduos pertencentes à família Chironomidae, 19 aos Simuliidae e 8 aos Oligochaeta, além de 5 indivíduos pertencentes a outros táxons, agrupados como “outros” (Figura 29).

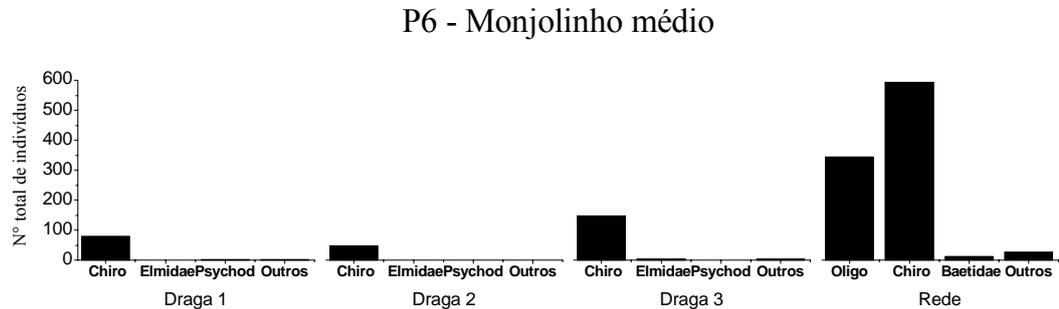
## P5 - São Rafael foz



**Figura 29.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

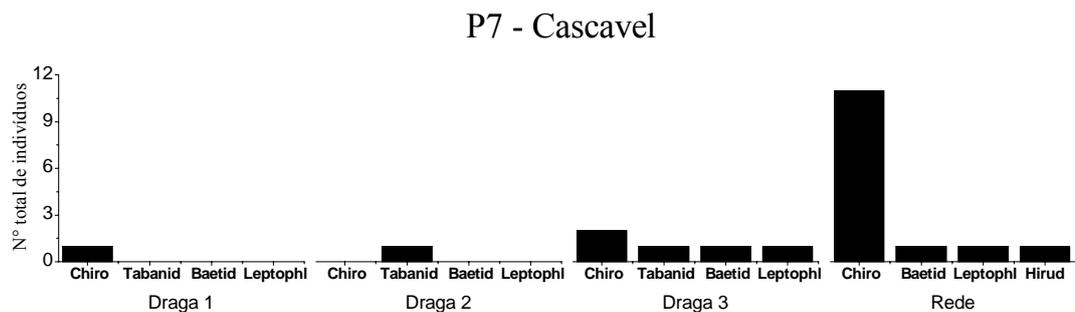
No ponto Monjolinho médio, nas amostragens realizadas com a draga Van Veen, apenas os representantes do grupo Chironomidae ocorreram em abundância numérica expressiva. Os demais táxons tiveram no máximo 3 indivíduos. Já nas amostragens com a rede em D, a abundância de indivíduos da família Chironomidae foi elevada, maior que o número de indivíduos pertencentes ao grupo dos Oligochaeta. Na amostra de rede também

foram encontrados representantes da Ordem Ephemeroptera, da família Baetidae, e 26 outros indivíduos, pertencentes a 10 diferentes taxa (Figura 30).



**Figura 30.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho médio, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Cascavel, ao contrário dos demais, não foram encontrados nenhum indivíduo pertencente à Classe Oligochaeta. Na amostra da dragada 1 foi encontrado apenas um Chironomidae, na dragada 2, um Tabanidae, e na dragada 3, dois representantes de Chironomidae e um indivíduo dos demais grupos representados na Figura 31. Os representantes da família Chironomidae foram mais abundantes na amostragem com a rede, porém com apenas 11 indivíduos coletados.

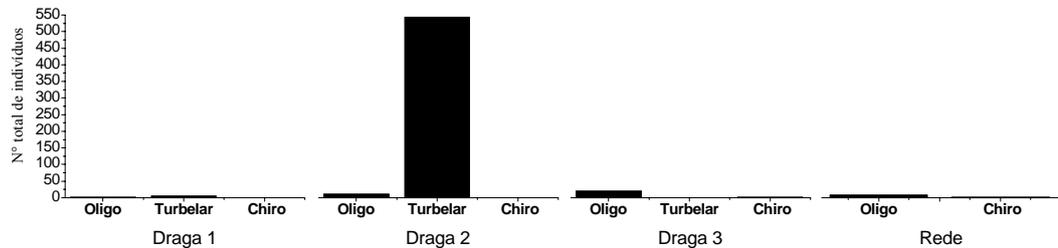


**Figura 31.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Cascavel, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

Na amostragem realizada no ponto Ponte de Tábua nascente (Figura 32) ocorreram, na dragada 2, um número muito grande de Turbellaria, (548 indivíduos) ainda não identificados em menor nível taxonômico. Nas demais amostras desse ponto houve baixa riqueza e

abundância numérica, com apenas 2 táxons presentes em cada uma. Apenas a draga 3 coleu representantes da família Chironomidae, porém foram contados apenas 2 indivíduos.

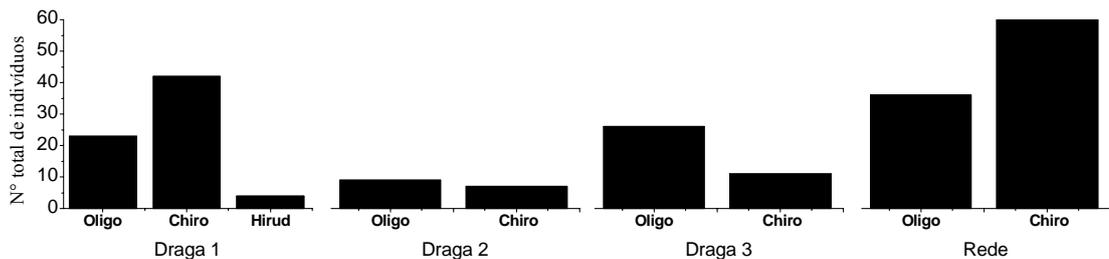
#### P8 - Ponte de Tábua nascente



**Figura 32.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

Assim como nas amostras obtidas para o ponto Ponte de Tábua nascente, na foz desse mesmo córrego também foi observada uma baixa riqueza de organismos, com apenas 3 táxons no total, sendo eles Oligochaeta, Chironomidae e Hirudinea (Figura 33).

#### P9 - Ponte de Tábua foz

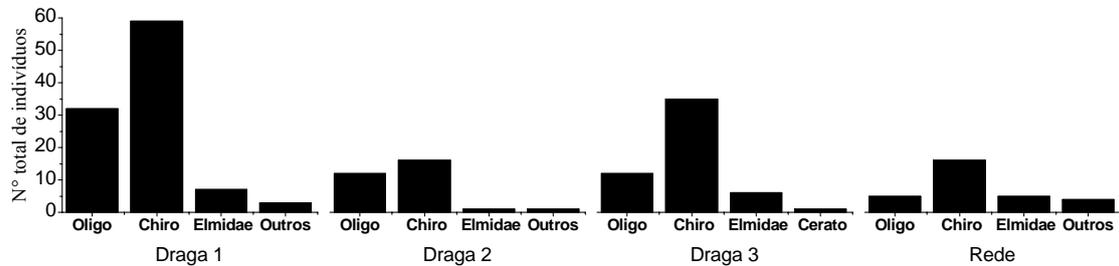


**Figura 33.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Martinha, os representantes da família Chironomidae constituíram o grupo dominante, seguidos pelos Oligochaeta. A proporção desses indivíduos nas amostras de draga

foi maior do que aquela observada na amostra obtida com a rede em D. O terceiro grupo mais abundante foram os representantes de Coleoptera pertencentes à família Elmidae (Figura 34).

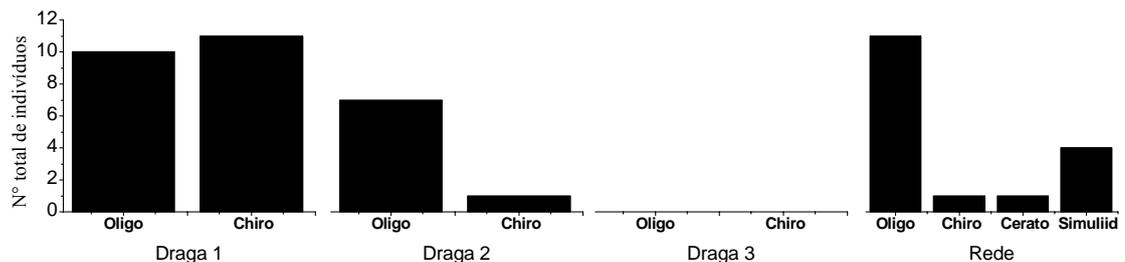
### P10 - Martinha



**Figura 34.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Martinha, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Belvedere nascente a riqueza de táxons foi também baixa, ocorrendo apenas organismos pertencentes aos Chironomidae e Oligochaeta, registrados nas amostras coletadas com draga. Na amostra coletada com a rede em D ocorreram, além de representantes desses grupos, organismos pertencentes aos Diptera das famílias Ceratopogonidae e Simuliidae (Figura 35).

### P11 - Belvedere nascente

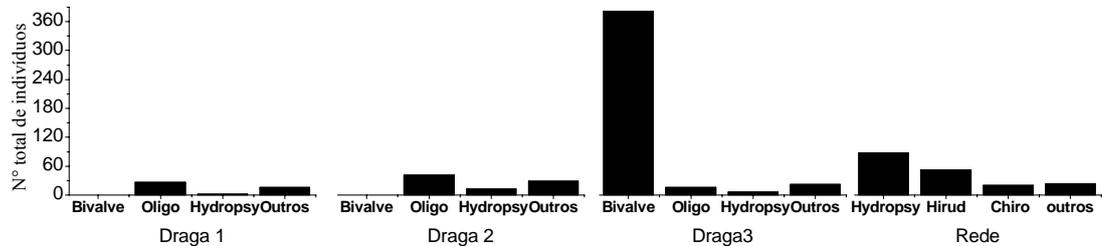


**Figura 35.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Belvedere foz foi coletada uma grande quantidade de moluscos bivalves na amostra da dragada 3 que não ocorreram, contudo, nas demais amostras. As duas outras amostragens realizadas com draga de van Veen foram dominadas por representantes de Oligochaeta, enquanto que os organismos dominantes na amostra obtida com a rede em D

foram os representantes da família Hydropsychidae, pertencente à ordem Trichoptera (Figura 36).

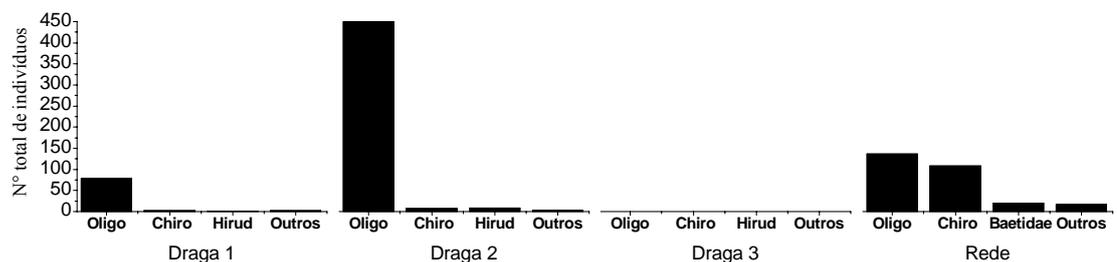
### P12 - Belvedere foz



**Figura 36.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere foz, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Monjolinho inferior, as amostras originárias das dragadas 1 e 2 foram compostas basicamente por representantes da classe Oligochaeta, e também por um baixo número de representantes dos Chironomidae e Hirudinea. Na dragada 3 não foi coletado nenhum organismo. Já na amostra obtida com a rede houve maior equitatividade, com uma leve dominância dos organismos pertencentes ao táxon Oligochaeta, seguidos por Chironomidae e Baetidae (Figura 37).

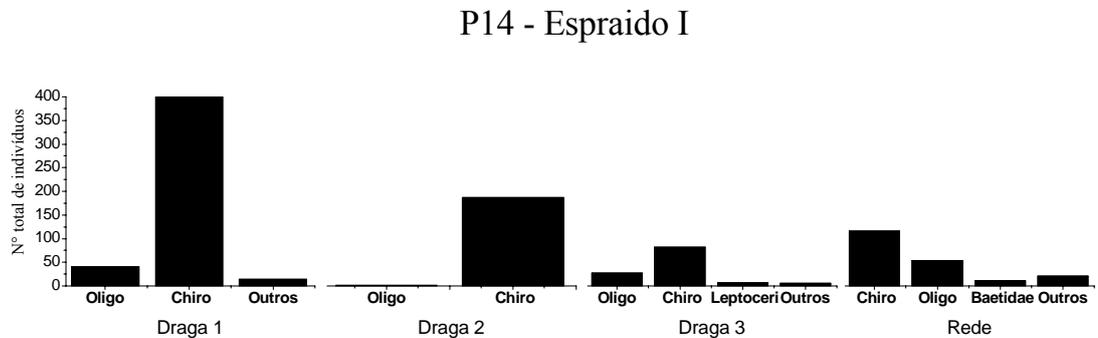
### P13 - Monjolinho inferior



**Figura 37.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho inferior, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

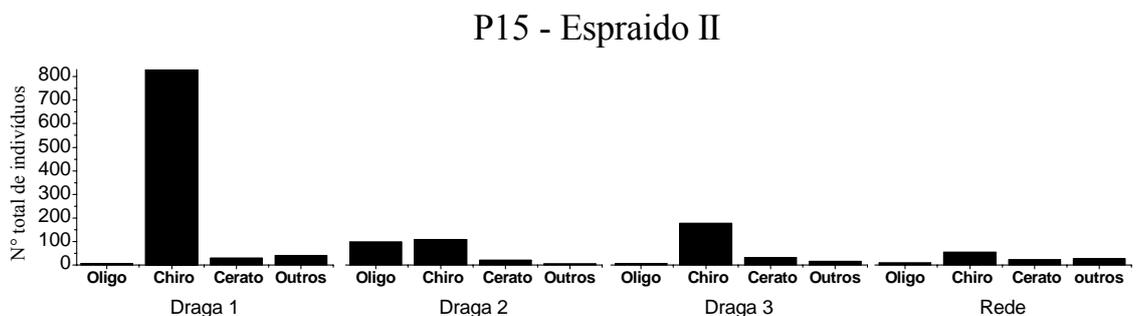
No ponto Espreado I os representantes da família Chironomidae foram os mais abundantes em todas as amostras, seguido pelos do grupo Oligochaeta. A amostra coletada

com rede em D apresentou uma distribuição mais equitativa dos táxons encontrados, além de maior proporção de organismos de outros táxons, enquanto que nas amostras obtidas com a draga, observou-se uma acentuada dominância dos representantes de Chironomidae (Figura 38).



**Figura 38.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espraído I, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

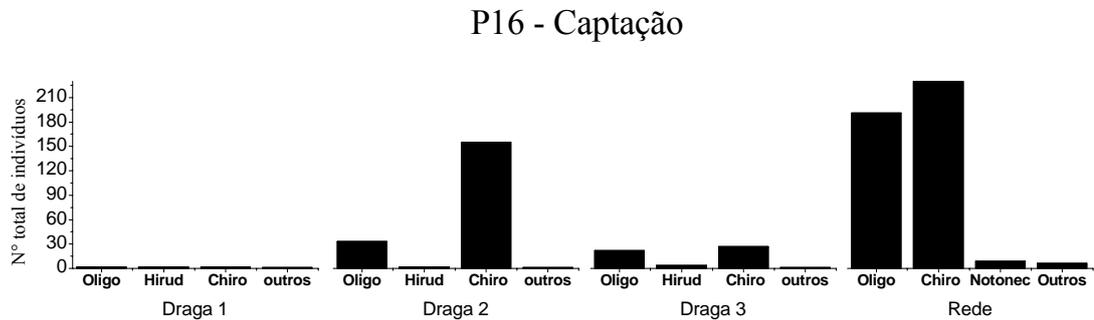
Para os macroinvertebrados bentônicos coletados no ponto Espraído II, assim como Espraído I, houve forte dominância dos representantes da família Chironomidae, o que mascara a contribuição dos demais táxons registrados neste ponto (Figura 39).



**Figura 39.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espraído II, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

No ponto Captação, foi registrada uma abundância muito maior de indivíduos pertencentes aos táxons Chironomidae e Oligochaeta nas amostras de rede do que nas

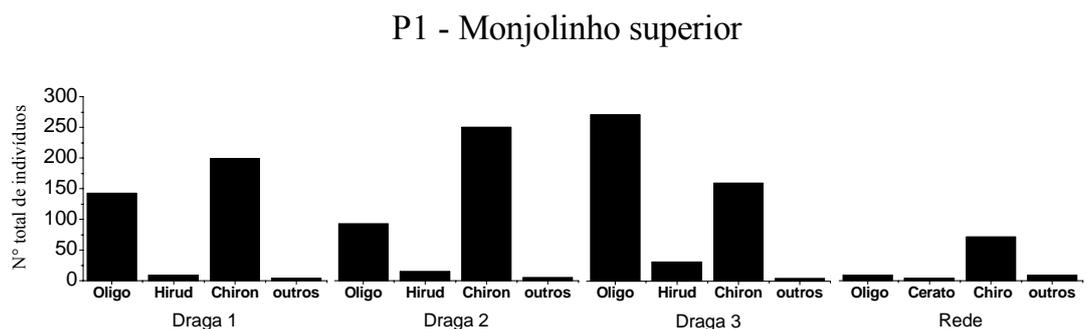
amostras obtidas com a draga, apresentando, desta forma, um padrão inverso ao observado nos demais pontos de coleta (Figura 40).



**Figura 40.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Captação, em coleta realizada no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010).

## 2ª coleta – período seco (agosto/setembro de 2010)

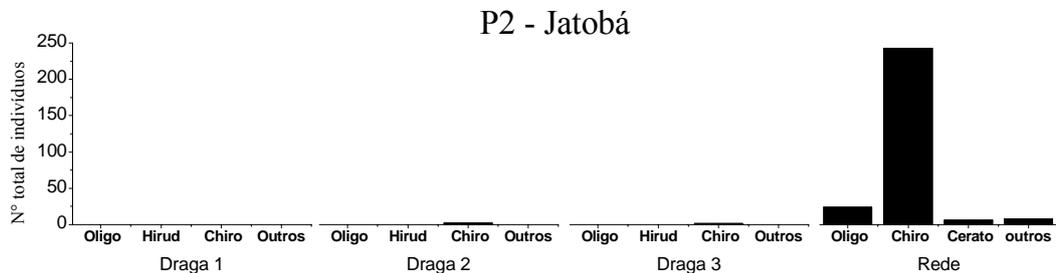
No período seco, os representantes da família Chironomidae foram mais abundantes no ponto Monjolinho Superior (Figura 42), seguidos pelos Oligochaeta. O terceiro grupo mais abundante nas amostras de draga foram os representantes da Classe Hirudinea, com 56 indivíduos coletados pelas 3 dragas, e na amostra de rede, as larvas dípteros o grupo Ceratopogonidae. Os demais táxons ocorreram em baixo número.



**Figura 41.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho superior, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

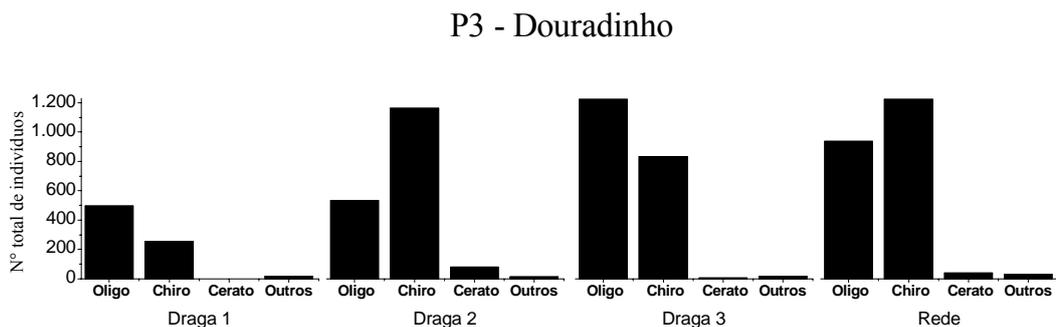
No ponto Jatobá, não foi encontrado nenhum indivíduo na primeira dragada, na segunda, foram encontrados apenas 2 indivíduos da família Chironomidae, e na terceira,

apenas um quironomídeo foi registrado. A amostragem feita com rede em D, no entanto, coletou alto número desses indivíduos, além de organismos pertencentes aos táxons Oligochaeta e Ceratopogonidae (Figura 42).



**Figura 42.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Jatobá, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

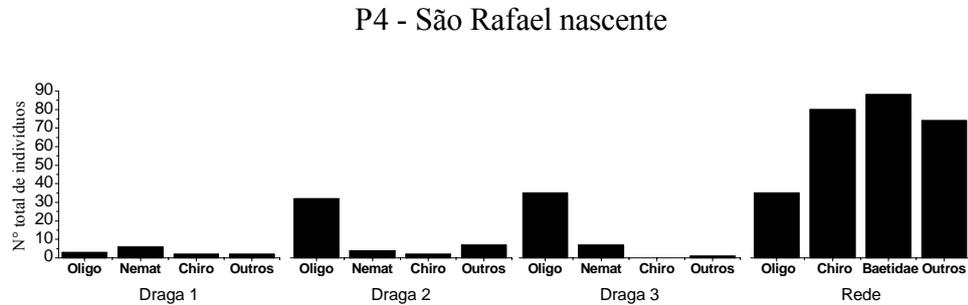
Nota-se uma grande diferença entre a quantidade de indivíduos encontrados no ponto Douradinho no período chuvoso, que apresentou baixa abundância de todos os táxons, e no período seco, sendo o ponto nesta época com maior abundância total. O número de organismos pertencentes tanto ao táxon Oligochaeta quanto Chironomidae atingiu mais de 6 mil indivíduos. O terceiro grupo mais abundante foi a família Ceratopogonidae. Um maior número de táxons diversos foi obtido por meio da amostra coletada com rede, porém em uma abundância muito menor do que a dos táxons supracitados (Figura 43).



**Figura 43.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Douradinho, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

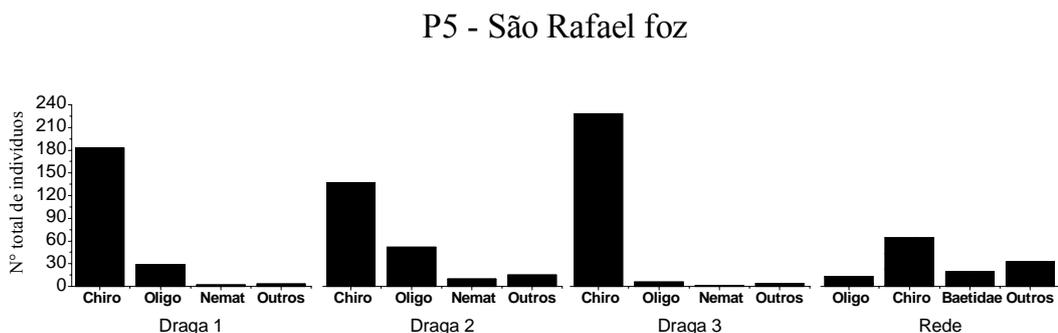
No ponto São Rafael nascente as dragas coletaram um número muito baixo de organismos, principalmente pertencentes ao táxon Oligochaeta. Já o grupo dominante na

amostra coletada com rede em D é constituído dos representantes da família Baetidae, com 88 indivíduos, seguidos pelos da Família Chironomidae (88 indivíduos) e organismos da classe Oligochaeta (35 indivíduos). (Figura 44).



**Figura 44.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

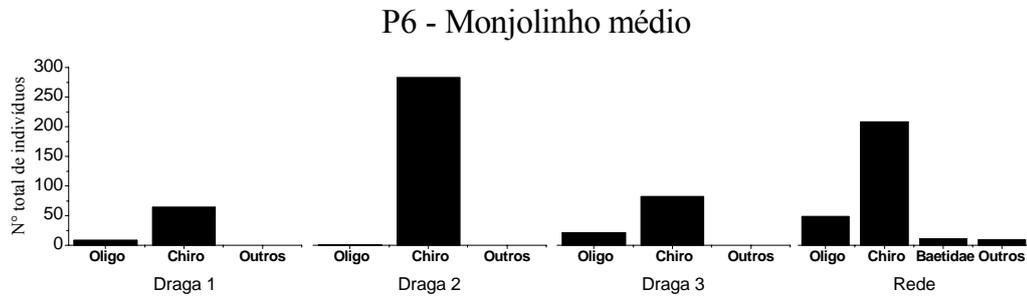
A foz desse córrego por sua vez, teve como grupo dominante a família Chironomidae tanto nas amostras de draga quanto na de rede em D, seguido por indivíduos do táxon Oligochaeta (Figura 45). A amostra realizada com rede em D também capturou um número relativamente alto de indivíduos pertencentes a família Baetidae, enquanto que nas amostras de draga, os organismos da classe Nematoda foram os terceiros mais abundantes.



**Figura 45.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael foz, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

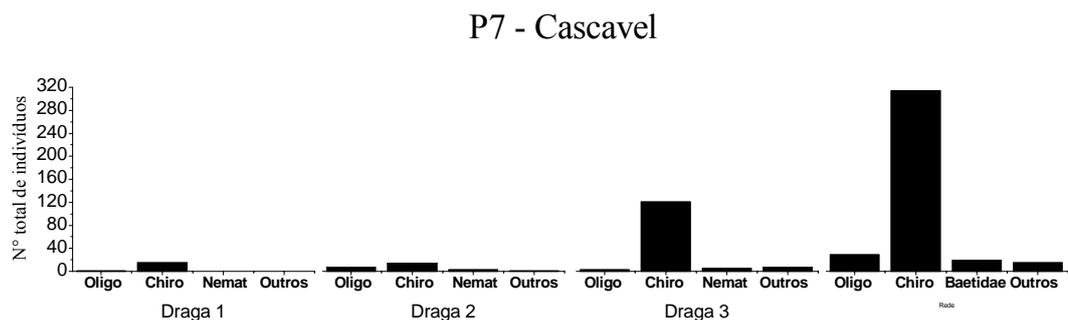
Tanto no período seco quanto chuvoso esse ponto foi dominado pelos organismos pertencentes à família Chironomidae. (Figura 46). A amostra coletada com rede também

conseguiu amostrar indivíduos da Família Baetidae, enquanto que nas amostras de draga só foram encontrados quironomídeos e oligoquetos.



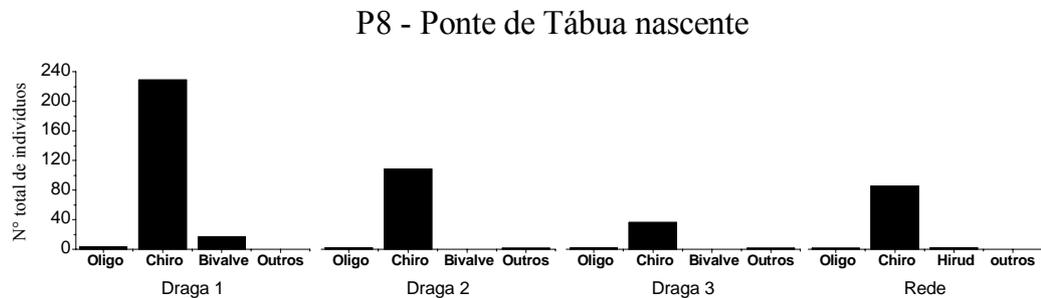
**Figura 46.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho médio, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

No ponto Cascavel em coleta realizada na período seco foram registrados, mesmo que em baixa abundância, organismos pertencentes à classe Oligochaeta; porém os representantes da família Chironomidae também foram dominantes em todas as amostras (Figura 47).



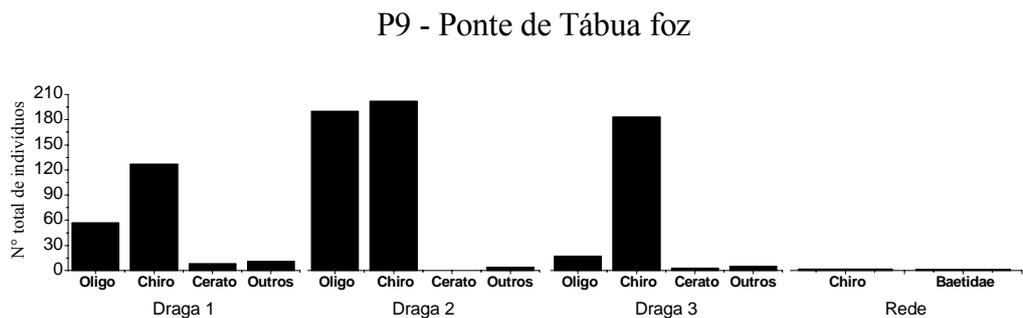
**Figura 47.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Cascavel, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

Tanto no período seco quanto chuvoso foi registradas baixa riqueza e diversidade para o ponto Ponte de Tábua nascente. No período seco, diferentemente, o grupo taxonômico abundante foi a família Chironomidae (Figura 48).



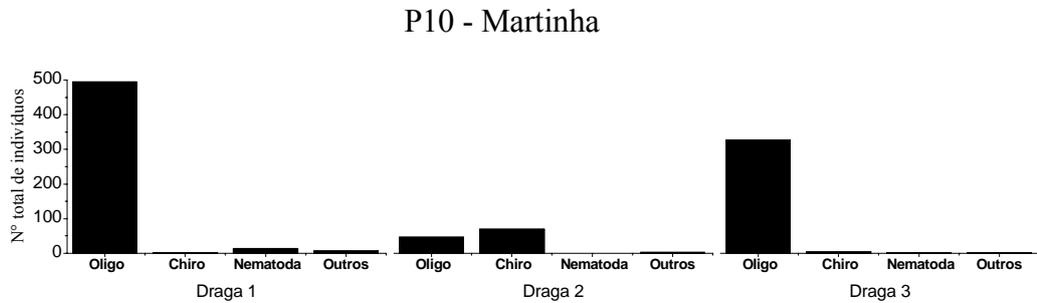
**Figura 48.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Ponte de Tábua nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

Já na foz do córrego Ponte de Tábua foram registradas maiores abundâncias nas réplicas de draga do que na de rede em D, relacionadas aos táxons Chironomidae e Oligochaeta. Na rede em D foi encontrado um número muito baixo de organismos: apenas 2 quironomídeos e 1 indivíduo pertencente à Família Baetidae (Figura 49).



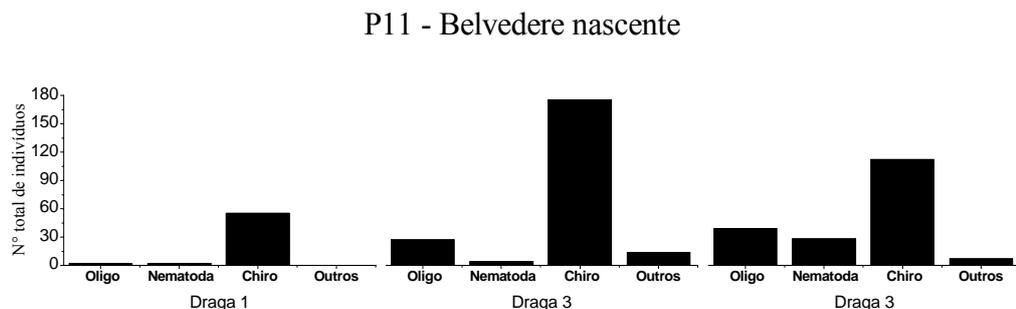
**Figura 49.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

O ponto Martinha teve como táxon abundante a classe Oligochaeta, que apresentou altos valores de abundância principalmente na draga 1 e na amostra coletada com a rede em D. (Figura 50). O segundo grupo dominante foi a família Chironomidae, e o terceiro, a classe Nematoda. Na amostra com Rede em D não foram encontrados nenhum organismo.



**Figura 50.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Martinha, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

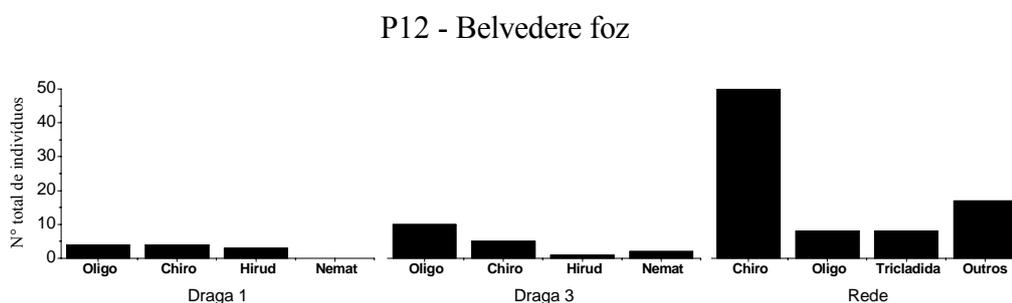
O ponto Belvedere nascente apresentou como grupo dominante a família Chironomidae, seguido pela classe Oligochaeta. Esse ponto apresentou, tanto no período seco quanto chuvoso, baixa riqueza de táxons. (Figura 51)



**Figura 51.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

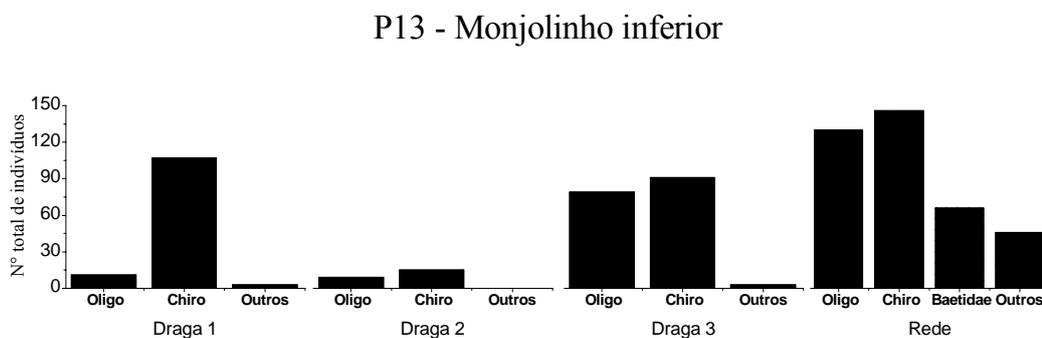
Já na foz do córrego Belvedere a comunidade de invertebrados bentônicos apresentou valores de riqueza e abundância ainda menores: apenas 4 taxa foram encontrados nas réplicas de draga, e o grupo mais abundante apresentou apenas 10 indivíduos. A amostra realizada com a rede em D coletou 11 táxons, dos quais a família Chironomidae foi a mais abundante,

seguida pelos táxons Oligochaeta e Tricladida, que apresentaram o mesmo número de indivíduos (Figura 52).



**Figura 52.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto São Rafael nascente, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

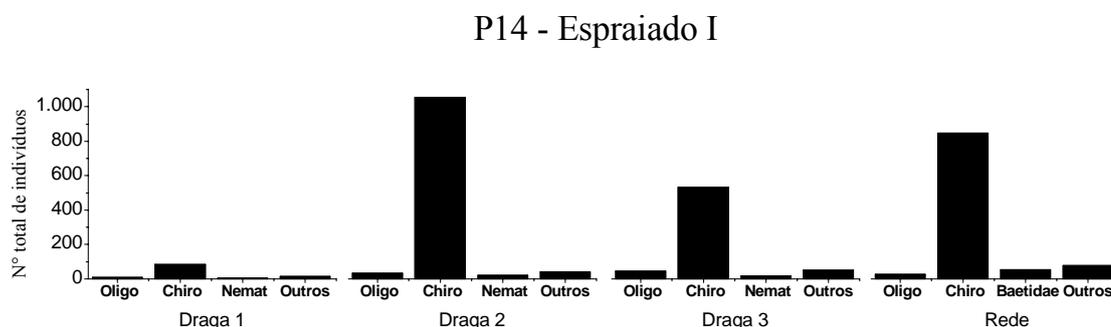
No ponto Monjolinho inferior, as amostras originárias das dragadas foram compostas basicamente por representantes dos táxons Chironomidae e Oligochaeta, e também por um baixo número de representantes de outros táxons, com de apenas 1 indivíduo de cada. Já na amostra obtida com a rede houve maior equitatividade, com uma leve dominância dos organismos pertencentes ao táxon Chironomidae seguidos por Oligochaeta e Baetidae (Figura 53).



**Figura 53.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Monjolinho inferior, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

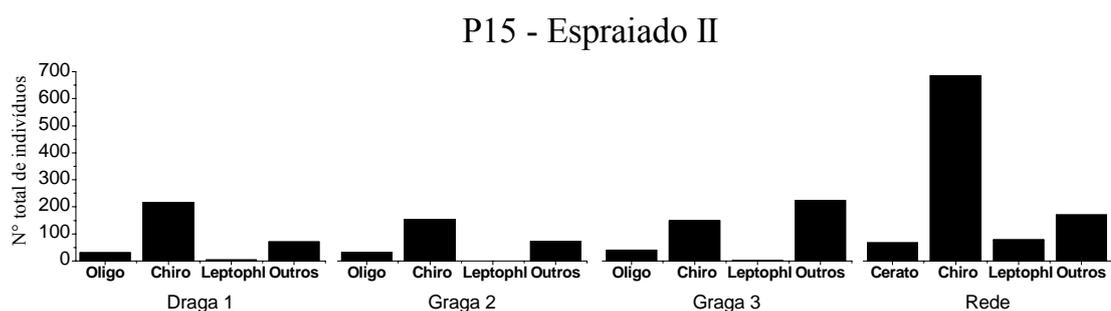
A alta riqueza encontrada no ponto Espreado I fica mascarada pela forte dominância da família Chironomidae em todas as amostras. Poucos indivíduos da classe Oligochaeta foram encontrados e um grande número de táxons, porém cada um com pequeno

número de indivíduos, foram obtidos principalmente na amostragem realizada com Rede em D (Figura 54).



**Figura 54.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espraiado I, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

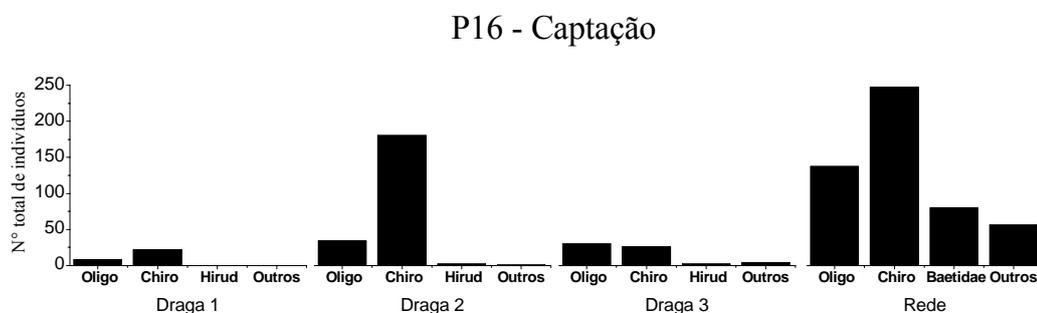
No ponto Espraiado I, o maior número do táxon dominante foi registrado na amostra coletada com rede em D. Nessa amostra também, o segundo grupo dominante foi a família Leptophlebiidae, da ordem Ephemeroptera porém a somatória dos demais indivíduos encontrados na amostra de rede superou o número de organismos encontrados para o segundo táxon mais dominante, o que indica a presença de vários outros táxons em abundâncias expressivas. O mesmo ocorreu com a draga 3, onde o número de indivíduos agrupados como “outros” foi maior que o número de quironomídeos observados. (Figura 55).



**Figura 55.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Espraiado II, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

No ponto Captação, como no período chuvoso, foi registrada uma abundância muito maior de indivíduos pertencentes aos táxons Chironomidae e Oligochaeta nas amostras de

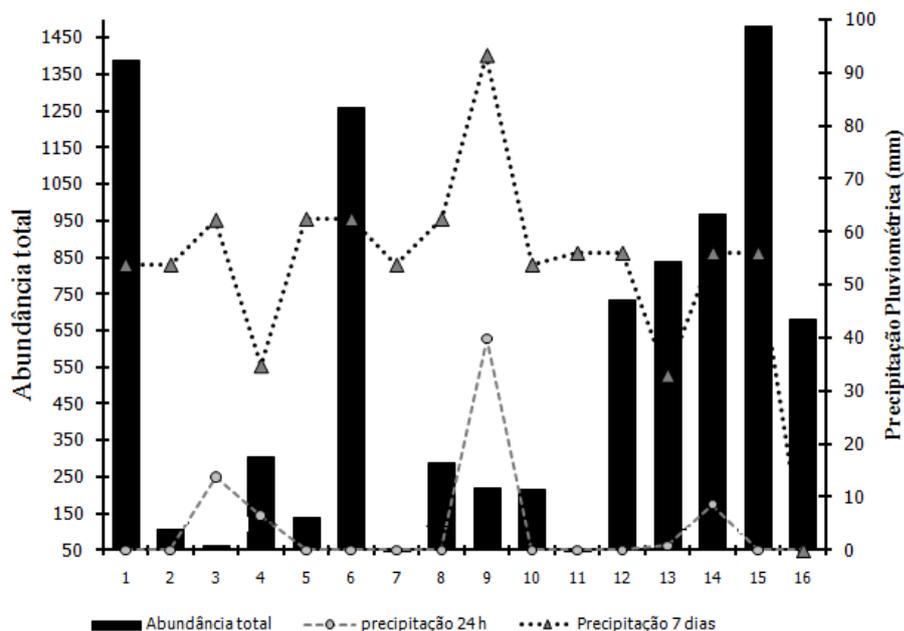
rede do que nas amostras obtidas com a draga, apresentando, desta forma, um padrão inverso ao observado nos demais pontos de coleta (Figura 56).



**Figura 56.** Abundância total dos grupos mais dominantes encontrados em cada amostra de draga e na rede em D, e abundância total dos demais organismos encontrados no ponto Captação, em coleta realizada no período seco (agosto/setembro de 2010).

#### 4.7.4 Relação entre abundância de organismos e a precipitação pluviométrica

Na Figura 57 é apresentada a variação da abundância dos macroinvertebrados bentônicos nos diferentes pontos e córregos amostrados e a precipitação pluviométrica no dia anterior à coleta e sete dias antes da mesma. Nos pontos Douradinho (Ponto 3) e Ponte de Tábua foz (Ponto 9) os maiores valores de precipitação tanto 24 horas quanto 7 dias antes das coletas podem ter influenciado a abundância dos macroinvertebrados. Já nos pontos Cascavel (Ponto 7) e Belvedere nascente (Ponto 11) houve baixa abundância de organismos, apesar de não terem ocorrido precipitações 24 horas antes da coleta nesses pontos, e de a precipitação acumulada de 7 dias ter sido a mesma para pontos que apresentaram elevada abundância, como Monjolinho superior (1), Belvedere foz (12), Espriado I (14) e Espriado II (15). Os dados brutos de precipitação encontram-se na Tabela 27, nos anexos.



**Figura 57.** Relação entre abundância total de macroinvertebrados bentônicos nos diferentes pontos de coleta durante o período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e precipitação acumulada 24 horas e 7 dias antes das coletas.

#### 4.7.5 Análise de Correspondência Canônica (CCA)

Os dois eixos da Análise de Correspondência Canônica (Figura 58) explicaram 43,7 % da variabilidade apresentada pelos dados, sendo que o primeiro eixo explicou 27,7 % dessa variabilidade, e o segundo, 16 %. Não houve uma separação nítida de composição taxonômica entre os dois períodos de coleta – chuvoso e seco. De acordo com o teste de permutação de Monte Carlo, a única variável ambiental que explica os dados de maneira significativa é a condutividade elétrica, embora todas as demais variáveis influenciem a distribuição dos pontos. Essa distribuição, ao longo dos eixos 2 revelou uma clara separação entre os pontos coletados nos afluentes de margem direita do Monjolinho, pontos em verde, que não apresentam influência de ocupação urbana, e que de acordo com o gráfico, estão negativamente relacionados a variável condutividade elétrica, e pontos coletados nos afluentes da margem esquerda, que foram positivamente influenciados pela variável condutividade, e que sofrem influência direta da expansão da cidade de São Carlos. Apenas o ponto Belvedere nascente chuvoso (Ponto C11), dos afluentes localizados na margem esquerda e o ponto Monjolinho superior chuvoso (Ponto C13) encontram-se próximo dos pontos dos afluentes localizados da margem direita. A esses sítios estão associados maior riqueza de táxons, principalmente de famílias pertencentes às ordens de EPT (Caenidae, Polycentropodidae,

Odontoceridae, Perlidae, Gripopterygidae, Calamoceratidae, Leptophlebiae, Leptoceridae), o que confirma melhor qualidade ambiental nesses pontos.

Os locais de coleta situados na margem esquerda do rio Monjolinho, por sua vez, foram separados em dois grupos ao longo do eixo 1 da análise. Um dos grupos, composto pelos pontos Douradinho (Pontos S3 e C3), São Rafael nascente (S4 e C4), São Rafael foz amostrados tanto no período seco quanto chuvoso, além dos pontos Belvedere nascente seco (ponto S11) e Ponte de Tábua nascente (C8), encontra-se positivamente relacionado às variáveis ambientais fósforo total na água (PT), velocidade da água (vel), pH e a concentração de nitrato na água ( $\text{NO}_3^-$ ). O outro grupo, constituído pelos pontos Monjolinho médio seco e chuvoso (S6 e C6), Ponte de Tábua nascente seco (S8) Ponte de Tábua foz seco e chuvoso (S9 e C9), Belvedere foz seco e chuvoso (S12 e C12) encontra-se positivamente relacionado às variáveis amônio ( $\text{NH}_3^+$ ), matéria orgânica do sedimento (MOsed) e fósforo total do sedimento (PTsed). Hirudinea e Bivalvia apresentaram uma relação positiva com as variáveis ambientais matéria orgânica do sedimento (MOsed) e fósforo total do sedimento (PTsed).

Os taxa Chironomidae e Oligochaeta estão localizados quase no centro do gráfico de dispersão das espécies, não se associando a nenhuma variável ambiental em particular por terem ocorrido em quase todos os pontos de coleta, o mesmo sendo observado para os taxa Baetidae e Ceratopogonidae.

O ponto Belvedere foz (C12) encontra-se afastado dos demais pelo fato da comunidade de macroinvertebrados bentônicos neste ponto ter incluído um grande número de indivíduos da classe Bivalvia e da família Hydropsychidae. Já o ponto Monjolinho superior amostrado no período chuvoso (C1) está relacionado à concentração de fósforo total no sedimento, sem grandes relações com os demais locais de coleta, enquanto que os pontos Monjolinho superior amostrado no período seco (S1), Jatobá chuvoso (C2) Monjolinho médio seco (C6) e Monjolinho inferior seco (S13), tiveram uma composição de macroinvertebrados bentônicos intermediária entre os pontos preservados e os com altas concentrações de nutrientes no sedimento.

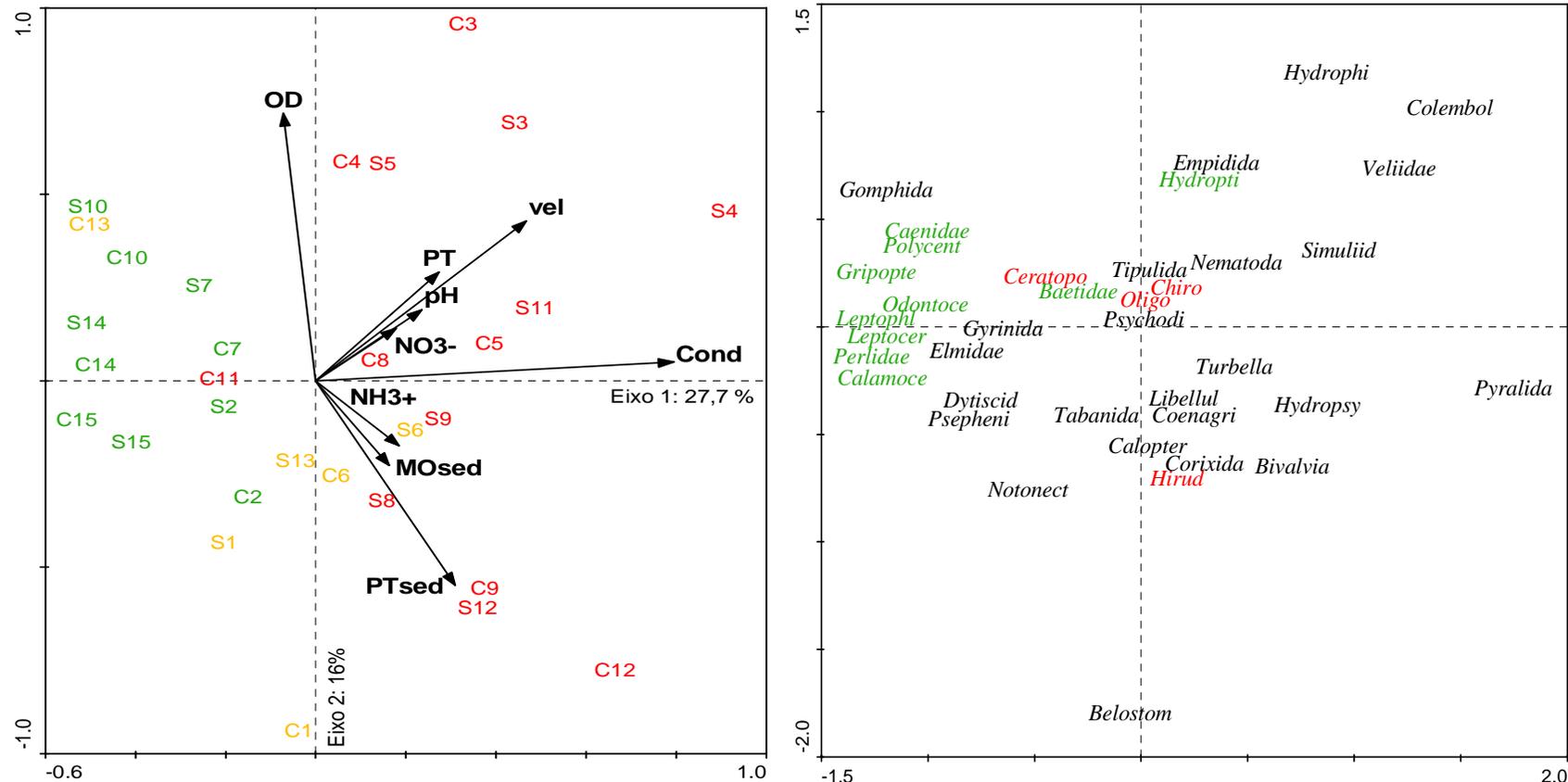


Figura 58: Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os pontos de coleta, as variáveis ambientais: condutividade elétrica (cond), pH, Velocidade da água (vel), concentração de Oxigênio Dissolvido na água (OD), fósforo total na água (PT), fósforo total no sedimento (PTsed), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amônio ( $\text{NH}_3^+$ ) e matéria orgânica do sedimento (MOsed) (Figura 59 A) e os grupos taxonômicos encontrados nos 15 pontos de coleta (Figura 59 B), na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.

## 4.8 – Índices Biológicos na Avaliação da Qualidade Ambiental

### 4.8.1 Triáde da Qualidade Ambiental e BMWP

O cálculo dos valores dos vértices da Triáde da Qualidade Ambiental para o período chuvoso encontra-se nas Tabelas 31 (primeira componente - Nutrientes), 32 (segunda componente – toxicidade) e 33 (terceira componente – macroinvertebrados bentônicos), nos apêndices. Os cálculos para o período seco encontram-se nas Tabelas 34 (primeira componente - Nutrientes), 35 (segunda componente – toxicidade) e 36 (terceira componente – macroinvertebrados bentônicos) nos apêndices. Os valores finais dos vértices de cada componente da Triáde da Qualidade Ambiental são apresentados na Tabela 12; as visualizações gráficas de cada ponto estão localizadas na Figura 59 (período chuvoso) e Figura 60 (período seco).

**Tabela 12. Valores dos vértices de cada componente da Triáde da Qualidade Ambiental: Macroinvertebrados, toxicidade e nutrientes, para os períodos seco e chuvoso. Cinza claro: alteração leve; cinza médio: alteração moderada, cinza escuro: forte alteração.**

	1ª coleta			2ª coleta		
	Macroinv	Toxicidade	Nutrientes	Macroinv	Toxicidade	Nutrientes
P1 - Monj sup	6,12	0,92	1,94	9,46	1,03	1,75
P2 - Jatobá	5,07	0,87	1,09	4,8	1,03	0,9
P3 - Douradinho	6,77	1,12	20,73	13,87	0,89	2,35
P4 -São Rafael Nasc	12,27	1,5	6,84	2,48	1,08	10,45
P5 - São Rafael Foz	4,91	0,92	2,56	1,91	0,86	1,77
P6 -Monj médio	1,65	1,22	2,33	3,37	0,8	1,55
P7 - Cascavel	16,69	1,18	2,99	2,14	1	2,72
P8 - Ponte Tábua nasc	15,52	1,03	4,2	21,07	0,97	3,12
P9 - Ponte Tabua foz	12,07	1,44	12,82	7,77	1,39	2,89
P10 - Martinha	10,74	1	1,55	21,39	0,89	1,4
P11 - Belvedere nasc	17,49	0,95	5,46	4,42	1,08	7,08
P12 - Belvedere foz	2,8	1,03	1,81	5,04	1,03	1,93
P13 - Monjolinho inf	3,13	0,92	1,67	2,14	0,94	2,45
P14 - Espraiado I	1,31	1,05	1,34	0,91	0,94	0,78
P15 - Espraiado II	1	1,06	1	1	1,08	1
P16 - Captação	5,82	0,95	4,16	1,76	0,91	2,58

#### 4.8.1.1 Período Chuvoso – 1ª coleta

De acordo com os valores acima e pela visualização gráfica composta pelos 3 componentes da Triáde, durante o período chuvoso, (1ª coleta) os pontos mais impactados foram: Belvedere nascente, Douradinho e Ponte de Tábua foz.

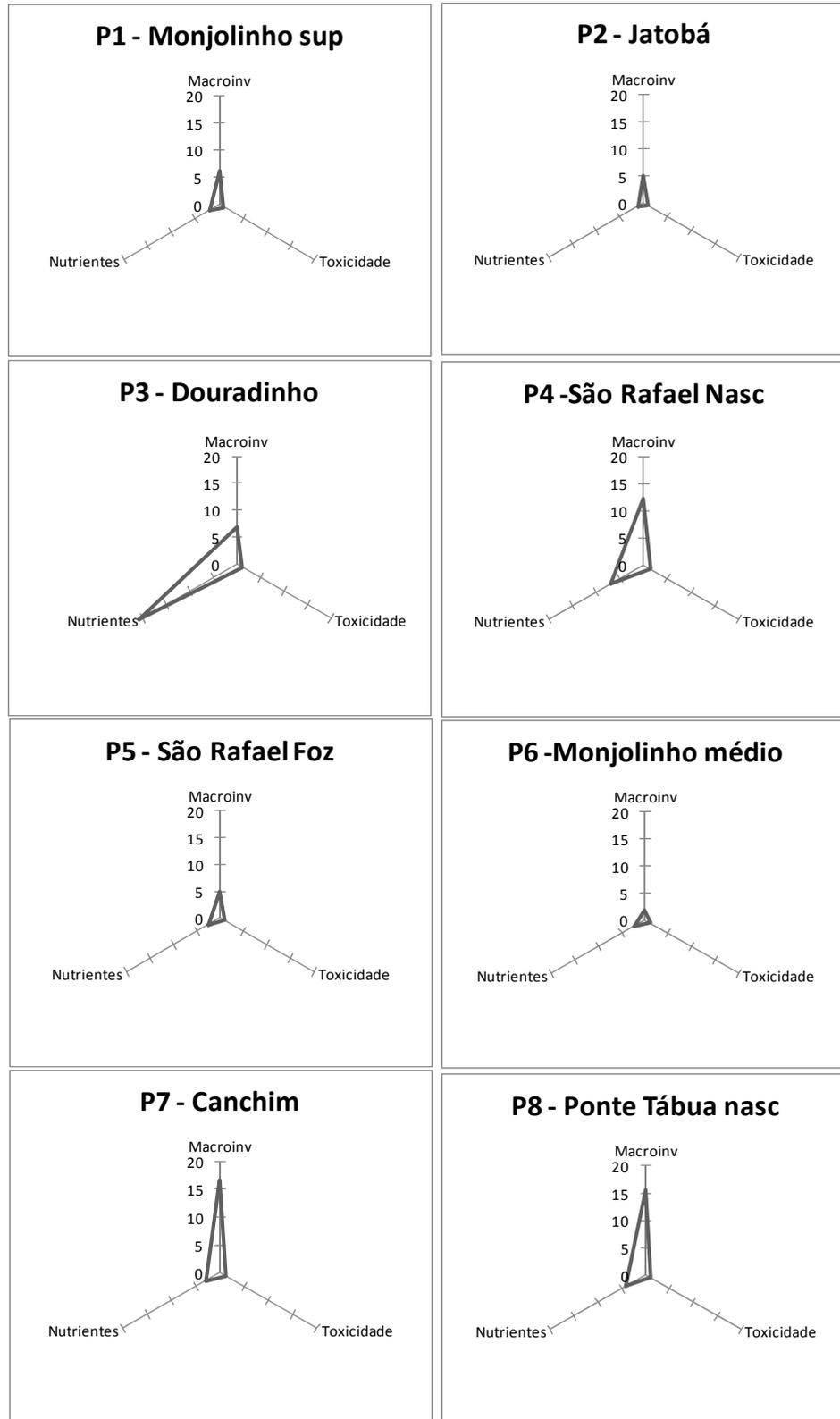


Figura 59. Áreas de integração dos componentes da Tríade da qualidade ambiental: Variáveis físicas e químicas (nutrientes), Toxicidade e Alteração da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, para os 16 pontos da sub-bacia do rio Monjolinho avaliados no período chuvoso (novembro de 2009 a março 2010).

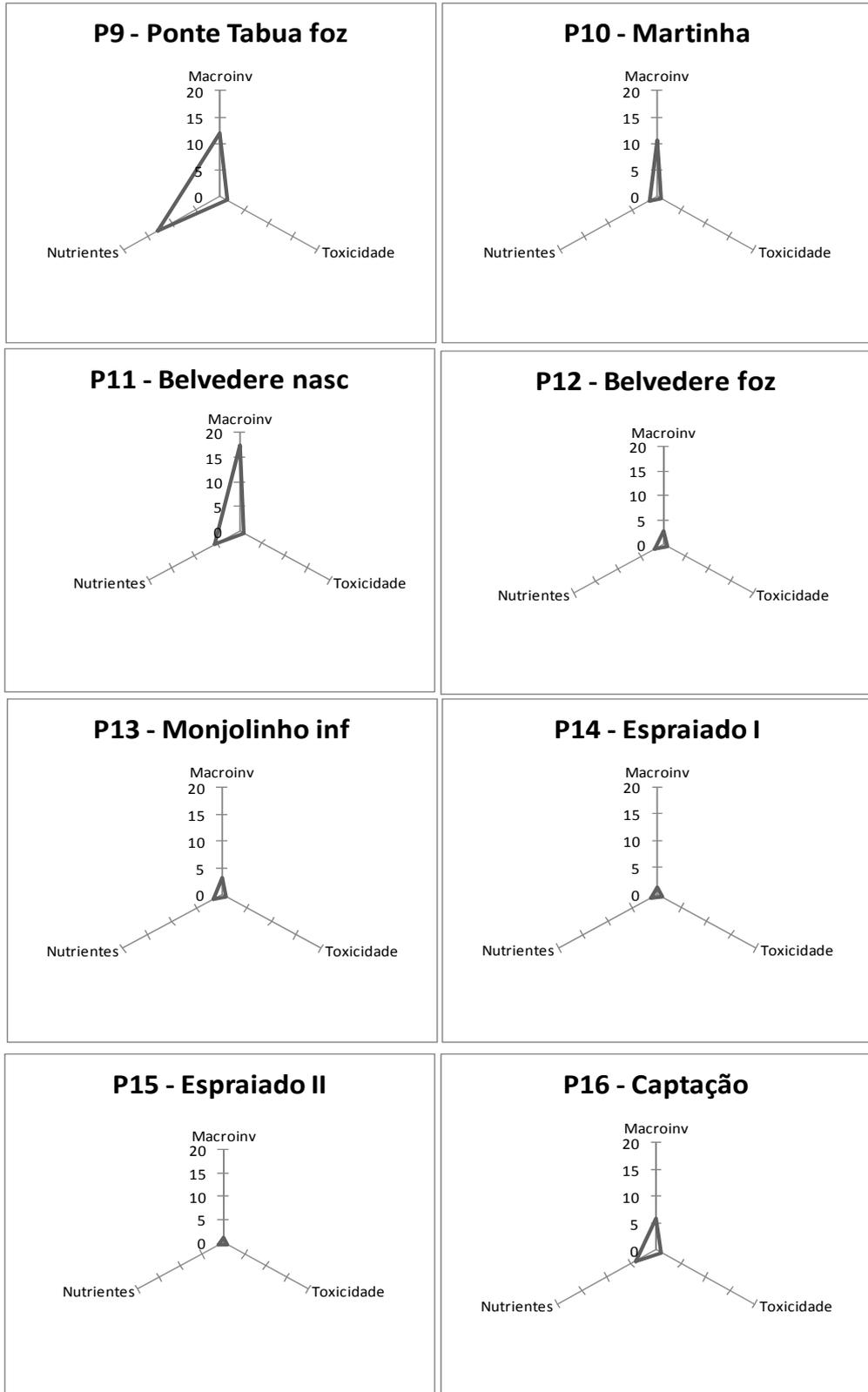


Figura 59. Continuação

**Tabela 13. Valores do índice BMWP e sua respectiva classificação de qualidade de água e valores calculados da área delimitada pelos vértices da Triáde da Qualidade Ambiental e a proporção entre as magnitudes dos índices (quantas vezes o índice em um ponto foi maior do que o do ponto de referência Espraiado II) para o período chuvoso (novembro de 2009 a março de 2010).**

1ª coleta - chuvoso					
Pontos	Pontuação BMWP	Qualidade da água	Pontos	Área Triáde	nº x mais impactado
Espraído II	53	Regular	Espraído II	1,35	1
Espraído I	50	Regular	Espraído I	1,97	1,46
São Rafael foz	45	Regular	Monjolinho Médio	3,76	2,79
Monjolinho sup	44	Regular	Monjolinho inf	4,19	3,10
Jatobá	38	Ruim	Belvedere foz	4,24	3,14
Monj médio	38	Ruim	Jatobá	4,70	3,48
Monjolinho inf	36	Ruim	Monjolinho sup	8,38	6,20
Belvedere foz	25	Péssima	São Rafael Foz	8,42	6,23
Martinha	23	Péssima	Martinha	12,50	9,25
Douradinho	16	Péssima	Captação	14,60	10,80
Captação	12	Péssima	Cascavel	31,69	23,45
Belvedere nasc	11	Péssima	Ponte Tábua nasc	36,97	27,35
Ponte Tábua foz	9	Péssima	São Rafael nasc	48,72	36,05
São Rafael nasc	6	Péssima	Belvedere nasc	50,81	37,60
Cascavel	6	Péssima	Douradinho	74,08	54,81
Ponte Tábua nasc	3	Péssima	Ponte Tábua foz	82,57	61,09

De acordo com os valores obtidos pelo índice BMWP para a comunidade bentônica coletada no período chuvoso (Tabela 13), o ponto de referência Espraído II foi o que apresentou melhor qualidade de água, seguido pelo ponto situado no mesmo córrego, Espraído I, cujos scores (53 e 50, respectivamente) os classificaram como de qualidade regular. Outras estações amostrais com essa mesma classificação foram São Rafael foz (45) e Monjolinho superior (44). A água coletada nos pontos Jatobá, Monjolinho médio e Monjolinho inferior foi classificada como “ruim”. Já as demais 9 estações amostrais obtiveram classificação “péssima”, sendo os pontos Ponte de Tábua nascente, Cascavel, São Rafael nascente, Ponte de Tábua foz e Belvedere nascente os locais que apresentaram as menores pontuações do índice BMWP. No período chuvoso, nem a água dos pontos Espraído I e II foram classificadas como excelente ou boa, apesar de serem locais aparentemente livres de impactos antrópicos.

A Triáde de qualidade ambiental também classificou os pontos Espraído II e I como os de melhor qualidade, seguido pelos pontos Monjolinho Médio e Monjolinho inferior, que estão cerca de 3 vezes mais impactados do que o ponto de Referência (2,79 e 3,1 vezes, respectivamente). Já os pontos que apresentaram maior impacto, de acordo com esse índice,

foram Ponte de Tábua nascente (27,35 vezes), São Rafael nascente (36 vezes), Belvedere nascente (37,6 vezes), Douradinho (54,8 vezes) e Ponte de Tábua foz (61,1 vezes mais impactado do que o ponto Espreado II).

#### **4.8.1.2 Período Seco - 2ª coleta**

De acordo com os valores anteriores e pela visualização gráfica composta pelos 3 componentes da Tríade, durante o período seco, (2ª coleta) os pontos mais impactados foram: Ponte de Tábua nascente, Martinha e Douradinho.

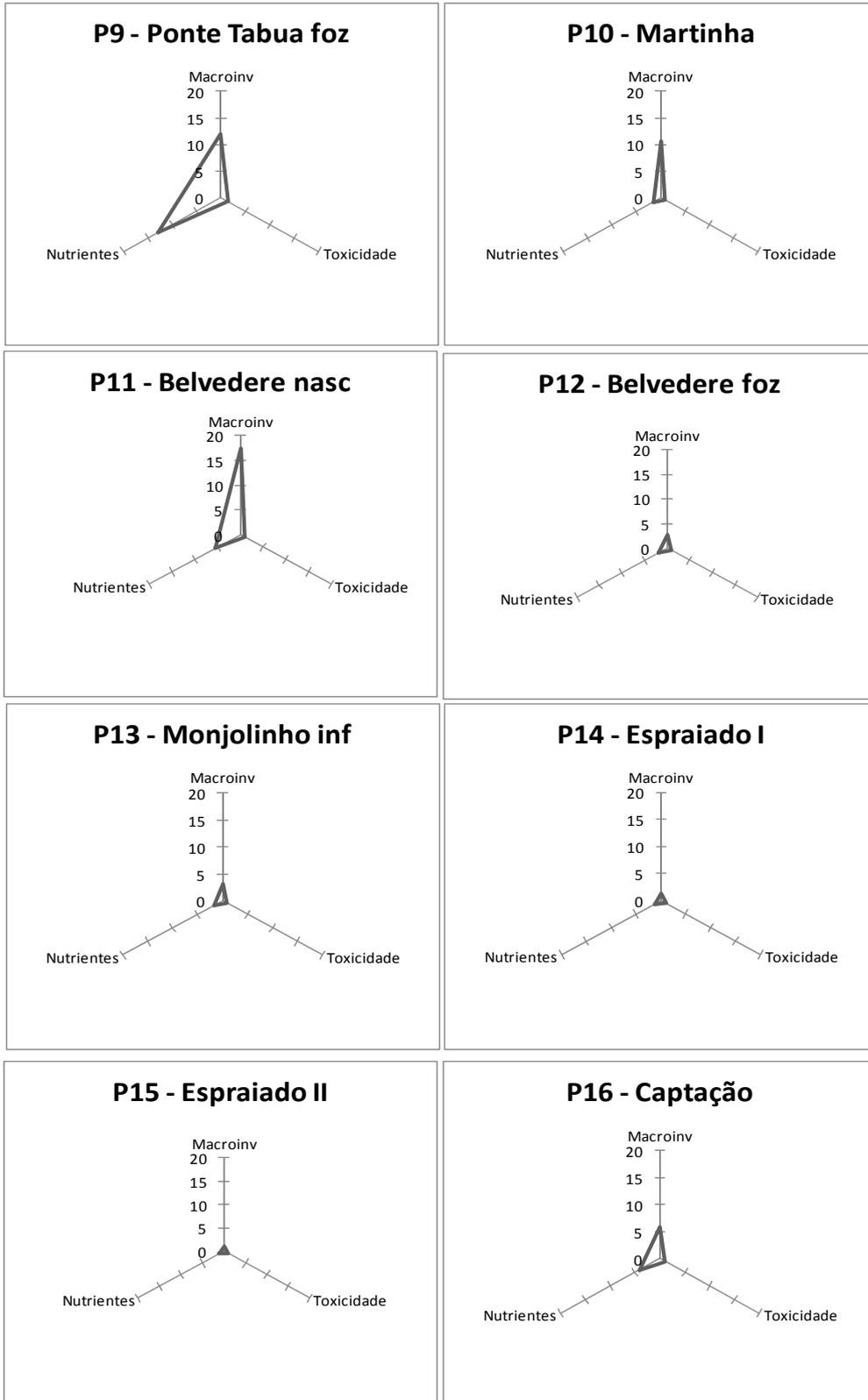


Figura 60. Áreas de integração dos componentes da Tríade da qualidade ambiental – Variáveis físicas e químicas (nutrientes), Toxicidade e Alteração da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, para os 16 pontos da sub-bacia do rio Monjolinho avaliados no período seco (agosto e setembro de 2010).

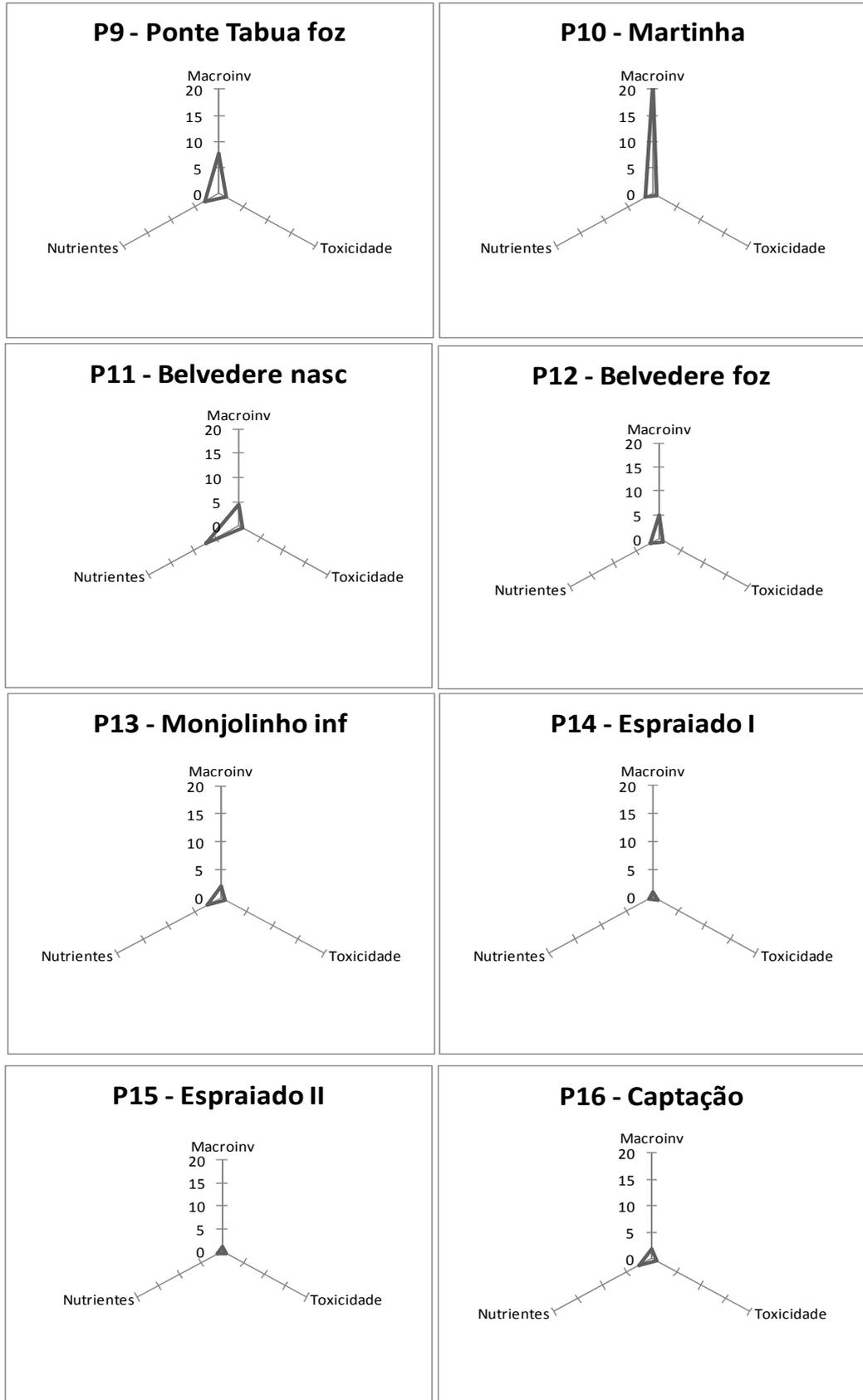


Figura 60. Continuação

**Tabela 14. Valores do índice BMWP e sua respectiva classificação de qualidade de água e valores calculados da área delimitada pelos vértices da Triáde da Qualidade Ambiental e a proporção entre as magnitudes dos índices (quantas vezes o índice em um ponto foi maior do que o do ponto de referência Espraiado II) para o período de seca (agosto/setembro de 2010).**

2ª coleta - seco					
Pontos	Pontuação BMWP	Qualidade da água	Pontos	Área Triáde	nº de X mais impactado
Espraiado I	98	Excelente	Espraiado I	0,99	0,73
Espraiado II	93	Excelente	Espraiado II	1,37	1,00
São Rafael nasc	67	Boa	São Raf Foz	2,84	2,07
Captação	49	Regular	Captação	3,69	2,69
São Rafael foz	47	Regular	Monj Médio	3,96	2,89
Douradinho	45	Regular	Monj inf	4,14	3,02
Monjolinho inf	42	Regular	Jatobá	4,41	3,22
Cascavel	34	Ruim	Cascavel	4,63	3,38
Belvedere foz	30	Ruim	Belvedere foz	7,31	5,33
Monjolinho sup	18	Péssima	Monj sup	12,19	8,89
Belvedere nasc	18	Péssima	Ponte Tab foz	16,15	11,78
Jatobá	16	Péssima	São Raf Nasc	17,31	12,62
Ponte Tábua foz	16	Péssima	Belv nasc	18,95	13,82
Monjolinho médio	15	Péssima	Douradinho	20,39	14,87
Martinha	15	Péssima	Martinha	21,69	15,82
Ponte Táb nasc	9	Péssima	Ponte Táb nasc	38,59	28,14

Com exceção dos pontos Monjolinho superior, Monjolinho médio e Martinha, os valores de BMWP foram bem maiores na época seca do que na época chuvosa (Tabela 14). Durante o período de seca, os dois pontos situados no córrego Espraiado foram os únicos classificados como “excelente” pelo índice BMWP; também foram os locais considerados mais íntegros pela Triáde de Qualidade de Sedimento. O ponto Espraiado I foi considerado o de melhor qualidade ambiental, tanto pelo índice BMWP quanto pela Triáde. A pontuação do primeiro índice variou de 98 neste ponto até 9 no ponto Ponte de Tábua nascente, local considerado mais impactado também pela Triáde de Qualidade do Sedimento, que o classificou como 28,1 vezes mais impactado do que o ponto de referência Espraiado II.

As estações de coleta Martinha e Monjolinho médio apresentaram apenas 15 pontos no índice biótico BMWP. Com relação à Triáde, o primeiro ponto citado apresentou um impacto quase 16 vezes maior do que o ponto de referência, enquanto que o segundo foi classificado como cerca de 4 vezes mais impactado do que o ponto Espraiado II.

O ponto São Rafael nascente apresentou o terceiro maior *score* do índice BMWP (67 pontos), porém, de acordo com os valores obtidos pela tríade, foi considerado o quinto mais poluído. O mesmo aconteceu com o ponto Douradinho, que apesar de ter sido classificado como “regular” pelo índice BMWP com uma pontuação igual a 47, foi considerado pela Tríade 20,4 vezes mais impactado do que o ponto Espraiado II.

## 4.9 Estrutura da Comunidade Perifítica

### 4.9.1- Composição Taxonômica e Abundância Relativa das Diatomáceas

Os dados de abundância relativa (porcentagem) das espécies de diatomáceas encontradas em cada ponto na coleta realizada no período chuvoso encontram-se na Tabela 15 e os do período seco, na Tabela 16. Os dados de abundância numérica encontram-se na Tabela 37, nos Apêndices.

As espécies mais abundantes e encontradas em quase todos os pontos de coleta foram *Eunotia intermedia* (Eint), atingindo quase 60% de abundância relativa no ponto Espraiado II (Ponto S15) e 55 % no ponto São Rafael nascente (Ponto S4) durante a coleta realizada no período seco, e *Eunotia bulinaris* (Ebil), espécie dominante no ponto Belvedere foz (Ponto S12) tanto na coleta realizada no período seco (48,9%), quanto no período chuvoso (35,1%), e também no ponto Espraiado I (Ponto S14) em coleta realizada no período seco, com quase 40% de abundância relativa. Conseqüentemente, o gênero *Eunotia* foi dominante, chegando a representar mais de 80 % do ponto Espraiado II (Ponto S15) na coleta do período seco e 79,9% no ponto Jatobá, durante a coleta realizada no período chuvoso (Ponto S2). Apenas no ponto Belvedere nascente na primeira coleta (Ponto C11) não foram registrados organismos desse gênero.

Dentre as espécies encontradas nos pontos mais impactados da sub-bacia, *Fallacia monoculata* (Fmon) correspondeu a 17 % da abundância total de diatomáceas registradas no ponto São Rafael nascente (Ponto C4) e a 6% no ponto Belvedere nascente (Ponto C11) durante a coleta realizada no período chuvoso; a terceira maior abundância dessa espécie foi registrada no ponto Belvedere nascente durante a coleta em época seca (Ponto S11), correspondendo apenas a 1,8%. Já a espécie *Nitzschia amphibia* (Namp) apresentou maior abundância relativa (16%) no ponto São Rafael nascente na coleta realizada no período

chuvoso. Sua segunda maior contribuição (apenas 2,3% de abundância relativa) ocorreu no ponto Jatobá (Ponto S2) em coleta realizada no período seco.

Outra espécie que ocorreu em alta abundância nos pontos impactados foi *Fallacia tenera*, com 6,2 % de abundância relativa no ponto Belvedere nascente (Ponto S11) durante a coleta do período seco, 8,2 % no ponto Ponte de Tábua foz (Ponto C9) e 8,4% no ponto São Rafael nascente (Ponto C4), ambos para a coleta realizada no período chuvoso, com abundância baixíssimas apenas em dois pontos situados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho (Cascavel, com 0,7% e Martinha, com 0,5%, ambos na época chuvosa). A espécie *Luticola goeppertiana*, por sua vez, obteve maiores porcentagens nos pontos Ponte de Tábua foz (Ponto S9) e Belvedere nascente (Ponto S11), ambos em coleta realizada no período seco (2,2 e 2,2 %, respectivamente).

A espécie *Diadесmis contenta* representou 32,5% das diatomáceas encontradas no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período seco (ponto S11), 36,8 % da abundância relativa do ponto Ponte de Tábua nascente coletado em época chuvosa (Ponto C9), e 16,6 % das diatomáceas encontradas no ponto Espraiado I, também durante a época chuvosa (ponto C14).

Dentre as espécies consideradas sensíveis pela literatura, *Brachysira brebissonii* foi a que atingiu maior abundância relativa nos pontos de coleta: 13,9 % no ponto São Rafael foz em coleta realizada no período chuvoso, 8,6% no ponto Belvedere nascente, também no período chuvoso, e 6,7% no ponto Monjolinho médio, referente ao período seco (Ponto S6).

A espécie *Encyonema silesiacum* teve maior abundância relativa no ponto Espraiado II durante coleta realizada no período chuvoso (Ponto C15) e correspondendo a 7,2%. A segunda abundância relativa mais alta foi registrada no ponto Jatobá, em coleta realizada no período seco (Ponto S2), e equivaleu a 4,7%.

*Ulnaria ulna*, por sua vez, obteve maiores proporções no ponto Monjolinho médio durante coleta realizada no período seco (2,1%), seguido por São Rafael nascente e Douradinho em coleta realizada no período chuvoso (1,5% e 1,7%) enquanto a espécie *Geissleria aikenensis* representou 6 % das espécies encontradas no ponto Cascavel durante a primeira coleta, e 7 % das espécies encontradas no ponto Espraiado II, durante a segunda coleta. Já a espécie *Aulacoseira ambígua* correspondeu a apenas 4,1% no ponto Martinha coletado na época chuvosa, e nos demais pontos não ultrapassou 1 % de abundância relativa

**Tabela 15. Abundância relativa de cada táxon encontrado nos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (novembro 2009 - fevereiro 2010).**

<b>Espécies</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C7</b>	<b>C8</b>	<b>C9</b>	<b>C10</b>	<b>C11</b>	<b>C12</b>	<b>C13</b>	<b>C14</b>	<b>C15</b>	<b>C16</b>
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson) Grunow		0,2													
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	3,7	0,2	8,4	1,5		30,4	1,1	1,3	12,7	7,2	10,3	0,3	1,9	5,4	0,6
<i>Achnanthes inflata</i> (Kuetzing) Grunow			0,2		0,8	1,1	0,1		0,2						0,2
<i>Achnanthidium biasolettianum</i> (Grunow) Lange-Bertalot				4,5			2,0	0,2			0,6	0,2	0,2		
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	0,1	1,5	1,5	8,8	0,8	0,5	0,9	0,2	3,7	0,7	1,9	2,3	0,3	1,9	4,3
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt									0,2						0,1
<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow								0,6							
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman and Archibald									0,2						
<i>Amphora montana</i> Krasske				0,2											
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>														1,3	0,1
<i>Aulacoseira agassizii</i> (Hustedt) Simonsen			0,2						0,2						0,1
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer									0,3						0,1
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen									4,1		0,9	0,1		0,1	0,7
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen						1,7		1,1	2,3		0,6	0,5		1,7	0,6
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen					0,4			0,2	2,1			0,1		0,4	0,3
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	0,8	0,2			13,9	0,1				8,6					0,8
<i>Brachysira seriens</i> (Brébisson) Round & Mann								0,5						1,4	0,4
<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross	0,4	0,2			1,2	0,1						0,1			0,5
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve				0,2											
<i>Capartogramma cruciola</i>												1,5			
<i>Craticula halophila</i> (Grunow) Mann	0,7														0,1
<i>Cyclotella meneghenia</i>															
<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt									0,2		0,3				
<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve and Grunow) Van Heurck											0,7				
<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow															0,1
<i>Cymbella affinis</i> Kützing		0,2										0,1			0,1
<i>Cymbella bustedtii</i>	0,1										0,4				



**Tabela 15. Continuação**

<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	0,9	0,2	3,6	0,2		2,0	0,7	1,5	0,9		2,0	0,8	1,7	3,4	0,1
<i>Frustulia vulgaris</i> (Twaithes) de Toni	0,4	1,8	0,2	0,2		0,3	0,3	1,5			1,0	0,3	1,3	0,9	0,1
<i>Geissleria aikenensis</i> (Patrick) Torgan et Oliveira	0,2		0,2		0,4	6,0	0,6	0,2	0,3	7,9	1,1	0,5			0,1
<i>Gomphonema accuminatum</i> Ehrenberg		0,2		5,9	1,9	1,1	0,5	0,8	1,2		0,3	0,4		3,5	0,3
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	2,0	5,6	3,4	1,3	1,2	8,9	14,2	1,0	0,6	3,3	0,9	0,1	4,4	2,5	0,1
<i>Gomphonema augur</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot				0,1	0,8	0,2						0,1			
<i>Gomphonema brasiliense</i> Grunow			2,5	0,1		0,1					0,1				
<i>Gomphonema cleivei</i> Fricke				0,3		1,3						0,2			
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	0,2	2,1	6,1	0,2	1,9	0,2	0,2	2,7			0,1	1,9	0,1	0,1	0,2
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	0,8	0,2	25,4	2,3	9,3	5,6	5,0	1,0	5,4	4,6	1,9	3,0	0,8	16,0	1,2
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	2,7	2,7	9,4	1,1	1,5	14,5	11,3	3,5	5,5	28,9	2,1	4,1	1,4	3,0	0,5
<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	0,8	0,2	1,3		0,8	2,1	4,9	0,2	0,6	9,2		1,7	4,5	0,1	
<i>Gomphonema subtile</i> Ehrenberg	0,2	0,2												0,1	0,1
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg				0,1				0,2						0,1	
<i>Gyrosigma nodiferum</i> (Grunow) Reimer															0,1
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow						0,8		1,5	0,2		0,1	0,4		0,5	0,2
<i>Hippodonta capitata</i>									0,2						
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	0,1	0,2		0,3	0,4	0,2	0,4	0,8	0,2			0,1	0,3		0,2
<i>Luticola saxophila</i> (Bock ex Hustedt) Mann	0,1	0,8		0,1		1,5	1,8	2,3	0,2			0,1	0,8		0,1
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) Mann															0,1
<i>Navicula bryophila</i> Boye Petersen		0,2		0,3	1,2		5,7	0,2	0,2					0,1	0,1
<i>Navicula cryptocephala</i> (Grunow) Cleve	0,9	1,3	4,2	0,1	11,2	1,7	0,3	1,6	0,8		14,9	3,6	0,7	2,7	1,5
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot			0,2			1,4	0,3		0,2	0,7	0,1	0,3		0,8	
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,1	0,8	1,0		0,8	1,9	0,1	0,2			1,3	0,2			
<i>Navicula rostellata</i> Kützing			0,2						1,1		1,3				0,1
<i>Navicula symmetrica</i> Patrick			0,2				0,1	0,3			3,3			3,5	
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Kützing								0,2							0,1
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer	0,1	0,2						0,2			1,0	0,1			0,4
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer												0,1			0,1

**Tabela 15. Continuação**

<i>Neidium catarinense</i> (Krasske) Lange-Bertalot													0,1						0,2				
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		0,2	1,0	16,0									1,7	0,2					0,6	1,2	0,1	0,1	
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith	0,1												0,2		3,5					0,4		0,1	0,4
<i>Nitzschia obtusa</i> Smith													0,1										1,9
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	0,2		1,5	1,0									0,1	0,6	0,5	0,9	7,2		0,4			0,1	0,4
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst			0,2										0,1	0,1		0,2			0,3				0,1
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith													0,1										
<i>Nupela praecipua</i>																			0,2				
<i>Orthoseira dentroteres</i> (Ehrenberg) Crawford													0,2										
<i>Pinnularia amazonica</i> Metzeltin and Lange-Bertalot		0,2		0,2																			
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg																1,0						0,1	0,2
<i>Pinnularia braunii</i> (Grunow) Cleve	0,1	0,2		0,1												0,6			0,1				0,1
<i>Pinnularia divergens</i> Krammer	0,1		1,0	0,1	4,2	0,1										0,2		1,1	1,7			1,3	0,6
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	0,4	1,1	0,8	0,2		0,1									0,3	0,2			0,2			1,3	0,9
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	0,4	0,2		0,2		0,2									2,6	0,2		0,1	1,9				0,1
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg		0,2			1,5													1,1	0,1				0,2
<i>Placoneis clementis</i> (Grunow) Cox															0,3				0,1	0,8			0,1
<i>Placoneis porifera</i> (Hustedt) Ohtsuka Fujita													0,1										
<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round and Bukhtiyarova			0,2		0,4	0,7										0,3	7,2	1,1					0,1
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Grunow			1,3	0,1	0,4	1,2	0,1									2,5	0,7		0,1	0,2			0,1
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova				0,1									1,3	1,3	2,5				3,0				0,1
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot		0,2		0,4	0,8	0,1	0,1								0,6	0,7	0,4	0,1				0,1	0,1
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller					1,2																		
<i>Rhopalodia gibberula</i>																0,2							
<i>Sellaphora laevisima</i> (Kützing) Mann																0,2			0,1				0,4
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky					2,3														0,7				0,5
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg					1,9	0,1									0,2				0,1				0,4
<i>Stauroneis</i> spp																0,5	0,7						0,1
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	0,1	1,5		0,6	0,4										1,3	24,5			9,1			17,9	63,1

**Tabela 15. Continuação**

<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) Williams and Round						2,8			
<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brébisson ex Van Heurck	0,1	1,5		4,2	0,1				0,3
<i>Surirella angusta</i> Kützing		0,2			0,3		0,1	1,1	
<i>Surirella linearis</i> Smith					0,2	0,8			1,7
<i>Surirella robusta</i> Enrenburg						0,6			0,4
<i>Surirella tenera</i> Gregory			0,2			1,1	0,2	1,2	0,1
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	0,1		1,5	1,7		0,6		0,2	0,1
							0,1	0,1	0,2

Tabela 16. Abundância relativa (porcentagem) de cada táxon encontrado nos 16 pontos amostrados, no período seco (agosto/setembro de 2010).

Espécies	S1	S2	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	S15	S16
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson) Grunow										0,1				
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow		3,2	0,1		1,6	0,4	3,5	2,9	1,0	0,5	0,9	0,1	0,8	0,2
<i>Achnanthes inflata</i> (Kuetzing) Grunow				0,2										
<i>Achnanthidium biasolettianum</i> (Grunow) Lange-Bertalot	0,4		0,9	1,2	0,1		0,1	0,7	0,2	0,4	1,3			0,2
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	8,0	0,1	3,5	10,2	3,4		59,0	7,9	4,6	3,3	32,1	0,4	0,2	13,2
<i>Actinocyclus normanii</i> (Gregory) Hustedt		0,1			0,2				0,2	0,1	0,1			0,3
<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow														0,1
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman and Archibald				0,3	0,1			0,7	0,2	0,1				
<i>Amphora montana</i> Krasske				0,2	0,1									0,1
<i>Ancyonopsis shubartii</i>					0,1							0,6		0,1
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>														0,1
<i>Aulacoseira agassizii</i> (Hustedt) Simonsen														0,1
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer										0,2				0,1
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen		0,1		0,2	0,1					0,4	0,2			0,2
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen		0,1		0,7	0,2	0,1			3,4	3,6	0,1	0,2	0,1	0,3
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen		0,1							0,2	1,1	0,2			0,2
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	4,6	0,9		5,2	6,7			1,4	0,4	0,1	3,9			1,9
<i>Brachysira serians</i> (Brébisson) Round & Mann								0,7	0,4	0,3				
<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross	0,1	0,9		8,4	5,0	1,8					3,6			0,7
<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve			0,2											
<i>Cocconeis spp</i>										0,5	0,1			0,5
<i>Craticula halophila</i> (Grunow) Mann		1,1		0,2										0,1
<i>Cyclotella meneghenia</i>					0,1					0,2				
<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt				0,7						0,7				0,1
<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve and Grunow) Van Heurck										0,4				0,2
<i>Cyclotella spp</i>						0,1			0,4				0,1	
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	0,2		0,1		0,1					0,1				0,1





**Tabela 16. Continuação**

<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,1		0,1	2,8	0,3	0,1		2,2	0,6	0,1	1,5		0,1	0,5
<i>Navicula rostellata</i> Kützing				0,3			0,6	2,2	0,6	0,2	0,1			0,1
<i>Navicula symmetrica</i> Patrick		0,1		2,9	0,2					0,4	0,1			
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Kützing					0,4				0,2	0,1	0,6			8,6
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer					0,1	0,3	0,2	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer							0,1			0,1	0,3			0,1
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		2,3	0,4							0,1	0,6			0,3
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith	0,1	0,1	0,1		0,8	0,1				1,5	0,2			0,4
<i>Nitzschia obtusa</i> Smith				0,2	0,1	0,3	0,6	0,7	2,2	0,2				
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	0,2	0,4	0,1	1,9	0,1	0,1	1,2	7,9	2,8	1,9	0,1			0,6
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst		0,5		0,2		0,1	0,1			0,1		0,4		0,1
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) Smith		0,1		0,2										
<i>Nupela cymbelloidea</i>									0,2					
<i>Nupela praecipua</i>					0,3									0,2
<i>Orthoseira dentroteres</i> (Ehrenberg) Crawford									0,6					0,1
<i>Pinnularia amazonica</i> Metzeltin and Lange-Bertalot		0,6					0,1			0,1				0,5
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg														0,1
<i>Pinnularia braunii</i> (Grunow) Cleve	0,1	0,9		0,9			0,1			0,1				
<i>Pinnularia divergens</i> Krammer		0,1		1,0	0,1	0,2	0,1			0,1	0,1		0,1	0,4
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	0,1	11,4	0,1	1,0			0,5	0,7	0,2	0,1				0,6
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	0,1	0,2		0,5		0,1	0,2	0,7	0,4	0,1				0,8
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg		0,1		0,2	0,6					0,1				0,1
<i>Placoneis clementis</i> (Grunow) Cox							0,1		0,4			0,5		0,1
<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round and Bukhtiyarova						0,8	0,3		1,6	0,1	0,2	0,2	0,8	0,1
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Grunow		0,2			0,1		0,3		1,2	0,1	0,1	0,1		0,1
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova		0,1	18,4				1,5		3,2	0,1		0,4	0,1	1,3
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	0,5		2,4		0,1	0,1	0,6			0,1	0,3		0,4	0,8
<i>Rhopalodia brebissonii</i> Krammer														0,1
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller										0,1	0,3			0,1

**Tabela 16. Continuação**

<i>Sellaphora laevissima</i> (Kützing) Mann	0,1		0,3		0,1		0,1		0,3
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	0,4	0,1	0,3	0,1	0,6	0,2	0,1		0,7
<i>Sellaphora rectangularis</i> (Gregory) Lange-Bertalot & Metzeltin					0,5		0,1		0,3
<i>Stauroneis borichii</i>				0,1	0,1	0,2			
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	5,0		1,2	0,1	0,1				0,2
<i>Stauroneis</i> spp					0,6				0,1
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg		0,1	0,3	8,5			0,1	1,4	42,6
<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brébisson ex Van Heurck	0,4		0,2	0,4	0,1	0,1	0,3		0,1
<i>Surirella angusta</i> Kützing			0,9		2,3		0,2		0,1
<i>Surirella linearis</i> Smith	0,2		0,2	0,1	0,1		0,5	0,1	0,4
<i>Surirella robusta</i> Enrenburg				0,1	0,1	0,7	0,2	0,1	0,1
<i>Surirella tenera</i> Gregory	0,1				0,4	0,7	0,2	0,4	0,1
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	0,6	1,0	0,1	2,1	0,2	0,7	0,2	1,0	0,1

#### 4.9.2 Riqueza, Dominância, Equitabilidade e Diversidade das Diatomáceas na Sub-bacia do Rio Monjolinho

Os resultados relativos aos índices de riqueza, dominância, equitabilidade e diversidade das Diatomáceas são apresentados na Tabela 17. O ponto que apresentou maior riqueza de espécies, tanto no período seco quanto chuvoso foi a Captação (Ponto 16), com 103 espécies registradas durante a primeira coleta (período chuvoso) e 99, durante a segunda (período seco). Os maiores valores para o índice de Shannon-Wiener para a coleta realizada no período chuvoso foram registrados no ponto Martinha (Ponto C10) e São Rafael foz (ponto C5); no período seco, os pontos que apresentaram maior diversidade foram Monjolinho médio (Ponto S6), Jatobá (Ponto S2) e São Rafael foz (Ponto S5). Por outro lado, o ponto Belvedere nascente (Ponto C11) foi o local onde foram registrados o menor valor de riqueza e abundância para o período chuvoso, e no período seco esses valores foram menores no ponto Ponte de Tábua foz (Ponto S9). Os pontos Monjolinho médio chuvoso (Ponto C6), Douradinho seco (Ponto S3) e Martinha seco (Ponto S10) tiveram todas as pedras arrancadas e não puderam, portanto, ser analisados.

**Tabela 17. Valores de Riqueza, Dominância, Diversidade de Shannon Wiener e Equitabilidade obtidos para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletados nos 16 pontos amostragem, na bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP, durante o período chuvoso (novembro de 2009/fevereiro de 2010) e período seco (agosto/setembro) de 2010.**

1ª coleta - chuvoso					2ª coleta - seco				
Pontos	Riqueza	Dominância	Shannon - H	Equitab	Pontos	Riqueza	Dominância	Shannon- H	Equitab
C1	63	0,22	2,22	0,15	S1	60	0,21	2,24	0,16
C2	49	0,15	2,58	0,27	S2	56	0,06	3,13	0,41
C3	35	0,12	2,6	0,39	S3	-	-	-	-
C4	64	0,09	2,8	0,26	S4	55	0,35	1,64	0,09
C5	38	0,07	3	0,53	S5	56	0,07	3,1	0,39
C6	-	-	-	-	S6	72	0,06	3,2	0,34
C7	60	0,13	2,73	0,26	S7	71	0,27	1,99	0,1
C8	53	0,18	2,37	0,2	S8	46	0,36	1,9	0,15
C9	50	0,13	2,78	0,32	S9	33	0,1	2,81	0,5
C10	55	0,07	3,12	0,41	S10	-	-	-	-
C11	18	0,13	2,37	0,59	S11	58	0,13	2,93	0,32
C12	46	0,16	2,62	0,3	S12	89	0,25	2,44	0,13
C13	61	0,08	3,01	0,33	S13	77	0,16	2,55	0,17
C14	59	0,26	2,13	0,14	S14	58	0,23	1,99	0,13
C15	40	0,08	2,92	0,46	S15	57	0,38	1,59	0,09
C16	103	0,4	2,07	0,08	S16	99	0,21	2,63	0,14

As espécies mais abundantes e encontradas em quase todos os pontos de coleta foram *Eunotia intermedia* (Eint), atingindo quase 60% de abundância relativa no ponto Espraiado II (Ponto S15) e 55,5% no ponto São Rafael nascente (Ponto S4) durante a coleta realizada no período seco, e *Eunotia bulinaris* (Ebil), espécie dominante no ponto Belvedere foz (Ponto 12) tanto na coleta realizada no período seco (52,2%), quanto no período chuvoso (38,9%), e também no ponto Espraiado I (Ponto S14) em coleta realizada no período seco, com quase 40% de abundância relativa. Consequentemente, o gênero *Eunotia* foi o mais dominante, chegando a representar 82,71% do ponto Espraiado II (Ponto S15) na coleta do período seco e 79,9% no ponto Jatobá, durante a coleta realizada no período chuvoso (Ponto S2). Apenas no ponto Belvedere nascente na primeira coleta (Ponto C11) não foram registrados organismos desse gênero.

Dentre as espécies encontradas nos pontos mais impactados da sub-bacia, *Fallacia monoculata* (Fmon) correspondeu a 17,5% da abundância total de diatomáceas registradas no ponto São Rafael nascente (C4) e a 6% no ponto Belvedere nascente (C11) durante a coleta realizada no período chuvoso; a terceira maior abundância dessa espécie foi registrada no ponto Belvedere nascente durante a coleta em época seca (S11), correspondendo apenas a 2,8%. Já a espécie *Nitzschia amphibia* (Namp) abundância relativa (16,4%) no ponto São Raquel nascente na coleta realizada no período chuvoso. Sua segunda maior contribuição (apenas 2,6% de abundância relativa) ocorreu no ponto Jatobá (S2) em coleta realizada no período seco.

Outra espécie que ocorreu em alta abundância nos pontos impactados foi *Fallacia tenera*, com 9,5% de abundância relativa no ponto Belvedere nascente (S11) durante a coleta do período seco, 9,1% no ponto Ponte de Tábua foz (C9) e 8,6% no ponto São Rafael nascente (C4), ambos para a coleta realizada no período chuvoso, com abundância baixíssimas apenas em dois pontos situados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho (Cascavel, com 0,7% e Martinha, com 0,5%, ambos na época chuvosa). Já *Luticola goeppertiana* obteve maiores porcentagens nos pontos Ponte de Tábua foz e Belvedere nascente, ambos em coleta realizada no período seco (2,3 e 2,4 %, respectivamente).

A espécie *Diadsmis contenta* representou quase 50% das diatomáceas encontradas no ponto Belvedere nascente, em coleta realizada no período seco (ponto S11), cerca de 40% da abundância relativa do ponto Ponte de Tábua nascente coletado em época chuvosa, e 18,3% das diatomáceas encontradas no ponto Espraiado I, também durante a época chuvosa (ponto C14).

Dentre as espécies consideradas sensíveis pela literatura, *Brachysira brebissonii* foi a que atingiu maior abundância relativa nos pontos de coleta: 15,6 % no ponto São Rafael foz em coleta realizada no período chuvoso, 8,7% no ponto Belvedere nascente, também no período chuvoso, e 7,3% no ponto Monjolinho médio, referente ao período seco.

A espécie *Encyonema silesiacum* teve maior abundância relativa no ponto Espraiado II durante coleta realizada no período chuvoso (C15) e correspondendo a 7,6%. A segunda abundância relativa mais alta foi registrada no ponto Jatobá, em coleta realizada no período seco (S2), e equivaleu a 5,1%.

*Ulnaria ulna*, por sua vez, obteve maiores proporções no ponto Monjolinho médio durante coleta realizada no período seco (2,3%), seguido por São Rafael nascente e Douradinho em coleta realizada no período chuvoso (1,8% e 1,6%) enquanto a espécie *Geissleria aikenensis* representou 6,3% das espécies encontradas no ponto Cascavel durante a primeira coleta, e 7,3% das espécies encontradas no ponto Espraiado II, durante a segunda coleta. Já a espécie *Aulacoseira ambígua* correspondeu a apenas 4,4% no ponto Martinha coletado na época chuvosa, e nos demais pontos não ultrapassou 1 % de abundância relativa.

#### 4.9.3. Análise de Correspondência Canônica

De um total de 141 espécies registradas pertencentes a 53 gêneros distintos, 53 espécies de 25 gêneros foram utilizadas na análise de Correspondência Canônica (espécies com mais de 5% de abundância em pelo menos um sítio, e com ocorrência em 2 pontos de amostragem). Os dois primeiros eixos da Análise Canônica (CCA) explicaram 62,7% da variabilidade encontrada para as espécies de diatomáceas; sendo que o eixo 1 explicou 33,4% e o 2, 29,3% dessa variação (Figura 61). Dentre as variáveis ambientais utilizadas, NID e matéria orgânica no sedimento foram as variáveis ambientais significativamente correlacionadas a distribuição das espécies encontradas ( $p < 0,05$ ), sendo que a primeira variável está positivamente relacionada ao eixo 2, bem como a variável fósforo total, e matéria orgânica no sedimento está positivamente relacionada ao eixo 1, assim como silicato. Os valores de pH estão negativamente relacionados a ambos os eixos e parece não contribuir para a explicabilidade da distribuição das espécies.

A CCA realizada com dados da comunidade de diatomáceas separou basicamente três grupos. O primeiro foi positivamente influenciado pela composição de nitrogênio Inorgânico dissolvido, composto pelos pontos São Rafael seco (S4) e chuvoso (C4), Belvedere nascente seco (S11) e chuvoso (C11), Ponte de Tábua nascente chuvoso (C8) e Ponte de Tábua foz chuvoso (C9), pontos de coleta mais impactados, localizados na área urbana. As espécies mais fortemente relacionadas a esses pontos toleram níveis moderados (*Achnanthydium biasolettianum*, *Gomphonema accuminatum*) a críticos (*Fallacia monoculata*, *Fallacia tenera*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea*, *Gomphonema parvulum*) de poluição. O segundo grupo, composto pelos pontos Captação seco (S16) e chuvoso (C16), e Belvedere foz seco (S12), foi influenciado positivamente por valores de matéria orgânica no sedimento, e tiveram, como espécies características *Diatoma hiemale* e *Staurosira construens*, espécies muito sensíveis a poluição, esta última comum em águas paradas, além de *Navicula viridula*, cosmopolita, com alta tolerância a poluição. Já o terceiro grupo agrupou todos os pontos situados nos afluentes da margem direita do rio Monjolinho, os pontos de coleta situados nesse rio, além dos pontos São Rafael foz seco e chuvoso (S5 e C5), Douradinho chuvoso (C3), Belvedere foz chuvoso (C12), Ponte de Tábua nascente seco (S8). Um grande número de espécies sensíveis a poluição foram registradas na comunidade perifítica amostrada nesses pontos, como *Eunotia intermedia*, *Encyonema silesiacum*, *Navicula radiosa*, *Cymbopleura naviculiformis*, *Brachysira vitrea*, espécies com moderada tolerância à poluição *Navicula symmetrica*, *Navicula cryptotenella* e *Navicula cryptocephala*, e alguns táxons considerados cosmopolitas, como *Pinnularia gibba*, *Frustulia saxônica* e *Sellaphora pupula*, entre outras.

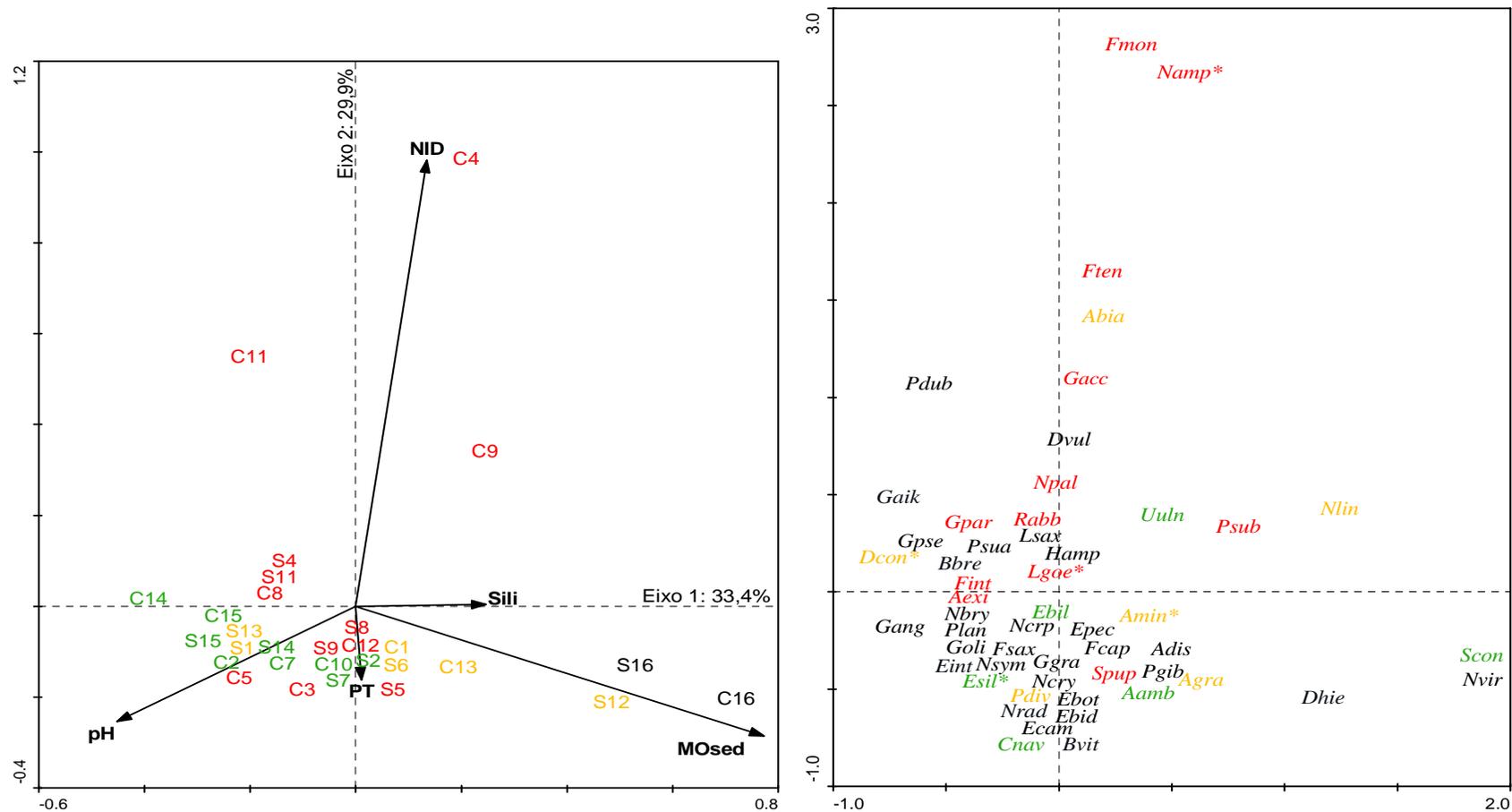


Figura 61. Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre os pontos de coleta, as variáveis ambientais: nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), pH, fósforo total na água (PT), matéria orgânica do sedimento (MOsed) e silicato (Sili) (Figura 62 A) e os grupos taxonômicos da comunidade de diatomáceas encontradas nos 16 pontos de coleta (Figura 62 B), na sub-bacia do Rio Monjolinho, São Carlos, SP amostrados no período chuvoso (novembro de 2009 a fevereiro de 2010) e no período seco (agosto/setembro) de 2010.

**Tabela 18. Classificação das espécies de diatomáceas encontradas nos 16 pontos de coleta situados na sub-bacia do rio Monjolinho quanto ao grau de trofia dos ambientes onde ocorrem e tolerância à poluição. Baseada em Taylor et al. (2007), Lobo et al. (2004).**

Espécies	Siglas	Ocorrência - Taylor et al. 2007	Tolerância a eutrofização (Lobo et al., 2004)
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	Aexi	Cosmopolita, ampla distribuição ecológica, incluindo locais atingidos por efluentes domésticos e industriais. Tolerância baixa incidência luminosa e até 40°C. Crescimento ótimo em águas alcalinas, com moderada a elevada concentração de eletrólitos.	muito alta
<i>Achnanthidium biasolettianum</i> (Grunow) Lange-Bertalot	Abia	Águas calcárias de oligo a mesotróficas, com moderado a elevado conteúdo eletrolítico.	-
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czamecki	Amin	Água doce limpa e bem oxigenada.	muito alta
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	Aamb	Encontrada tanto no bentos quanto no plâncton de rios e lagos eutróficos.	-
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	Adis	-	-
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Agra	Encontrada tanto no bentos quanto no plâncton de rios e lagos eutróficos.	-
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	Bbre	Espécie cosmopolita, encontrada em águas ácidas, oligotróficas e pobre em eletrólitos. Boa indicadora de águas naturalmente acidificadas, sem impactos antrópicos.	-
<i>Brachysira vitrea</i> (Grunow) Ross	Bvit	Espécie cosmopolita encontrada em águas limpas, de oligo a mesotróficas. Ocorrem em águas acidificadas, pobres em eletrólitos, bem como biótopos calcários alcalinos.	-
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	Cnav	Espécie cosmopolita encontrada em águas oligo a mesotróficas com baixa a moderada carga de eletrólitos.	-
<i>Diademsis contenta</i> (Grunow) Mann	Dcon	Espécie cosmopolita encontrada em pequenos corpos hídricos de água acidificada, como pequenos riachos. Também encontradas em biótopos com muito baixa intensidade luminosa.	média
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	Dvul	Águas mesotróficas a eutróficas com carga mediana de eletrólitos.	-
<i>Diatoma hiemale</i> (Lyngbye) Heiberga	Dhie	-	-
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	Esil	Espécie cosmopolita encontrada em água parada ou corrente, de oligo a eutróficas. Podem tolerar forte poluição.	baixa
<i>Eunotia intermedia</i> (Hustedt) Nörpel and Lange-Bertalot	Eint	-	-
<i>Eunotia bidentula</i> Smith	Ebid	-	-
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	Ebil	Água acidificada, parada ou corrente, com pequena carga de eletrólitos.	-
<i>Eunotia botuliformis</i> (Wild) Lange-Bertalot & Nörpel	Ebot	-	-
<i>Eunotia camelus</i> Ehrenberg	Ecam	-	-
<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabh	Epec	Águas neutras a levemente ácidas, pobres em eletrólitos.	-
<i>Fallacia monoculata</i> (Hust) Mann	Fmon	Espécie cosmopolita encontrada em uma grande variedade de águas com carga de eletrólito de moderada a elevada.	-
<i>Fallacia tenera</i>	Ften	Espécie cosmopolita encontrada em uma grande variedade de águas com carga de eletrólito de alta a muito alta (i.e. água salobra).	-
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	Fcap	Táxon bentônico cosmopolita presente em águas neutras, de oligo a mesotróficas, com moderada concentração de eletrólitos.	alta
<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow	Fint	-	-
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	Fsax	Espécie cosmopolita encontrada em águas distróficas, ácidas e pobre em eletrólitos	-
<i>Geissleria aikenensis</i> (Patrick) Torgan et Oliveira	Gaik	-	muito baixa
<i>Gomphonema accuminatum</i> Ehrenberg	Gacc	Espécie cosmopolita encontrada em águas neutras a fracamente alcalinas. Tolerantes a níveis leves ou moderados de poluição.	-

Tabela 18. Continuação

Espécies	Siglas	Ocorrência - Taylor et al. 2007	Tolerância a eutrofização (Lobo et al., 2004)
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	Gang	Cosmopolita, porém comum apenas em águas oligotróficas. Toleram altas variações de pH e concentrações de eletrólitos.	alta
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	Ggra	Cosmopolita, pode ser encontrada em águas com alta concentração de eletrólitos, porém tolera apenas níveis moderados de poluição.	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	Goli	-	-
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	Gpar	Espécie cosmopolita de ampla distribuição, de pequenas lagoas a lagos e rios; considerada tolerante a condições de poluição extrema.	alta
<i>Gomphonema pseudoaugur</i> Lange-Bertalot	Gpse	Espécie cosmopolita encontrada em águas meso a eutróficas, porém não tolerante a níveis críticos de poluição.	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	Hamp	Espécie cosmopolita encontrada em águas com elevada concentração de eletrólitos, como água salobra.	-
<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	Lgoe	Espécie cosmopolita comumente encontrada em ambientes subaéreos, ricos em eletrólitos, bem como em águas fortemente poluídas.	muito baixa
<i>Luticola saxophila</i> (Bock ex Hustedt) Mann	Lsax	-	-
<i>Navicula bryophila</i> Petersen	Nbry	Incerto, predominância em águas limpas, mas não necessariamente oligotróficas.	-
<i>Navicula cryptocephala</i> (Grunow) Cleve	Ncry	Espécie cosmopolita de grande amplitude ecológica. Toleram níveis críticos de poluição.	-
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	Ncrp	Cosmopolita, ocorre em águas de oligo a eutrófica, com exceção de ambientes com concentrações de eletrólitos muito alta ou muito baixa. Toleram níveis moderados de poluição.	média
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	Nrad	Cosmopolita, ocorre em diversos tipos de ambientes aquáticos, desde húmicos, fracamente ácidos, oligotrófico, com baixas concentrações de eletrólitos, até águas alcalinas, eutróficas e calcárias. Entretanto, é muito sensível à poluição orgânica.	-
<i>Navicula symmetrica</i> Patrick	Nsym	Cosmopolita em águas eutróficas, ricas em eletrólitos. Toleram altos níveis de poluição.	média
<i>Navicula viridula</i> Kützing	Nvir	Cosmopolita - tolera níveis críticos e poluição	-
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	Namp	Cosmopolita com grande amplitude ecológica, ocorre preferencialmente em águas neutras, ricas em oxigênio e com concentrações de oxigênio de moderada a alta; tolera níveis moderados de poluição.	baixa
<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) Smith	Nlin	Espécie cosmopolita com grande amplitude ecológica, ocorre preferencialmente em águas neutras, ricas em oxigênio e com concentrações de oxigênio de moderada a alta; tolerante a níveis moderados de poluição.	média
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	Npal	Espécie cosmopolita, ocorrem comumente em águas eutróficas, de alta a extremamente poluídas, com moderadas a altas concentrações de eletrólitos.	média
<i>Pinnularia divergens</i> Krammer	Pdiv	Águas ácidas, oligotróficas e com baixa concentração de eletrólitos	-
<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	Pgib	Cosmopolita, encontrada em águas de baixa a moderada concentração de eletrólitos, especialmente em nascentes e pequenos córregos.	-
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	Psub	Cosmopolita, encontrada em águas oligotróficas com baixa concentração de eletrólitos.	-
<i>Planothidium dubium</i> (Grunow) Round and Bukhtiyarova	Pdub	-	-
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Grunow	Plan	-	-
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	Psua	-	-
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	Rabb	Encontrada em águas interiores ricas em eletrólitos, bem como em águas salobras; tolera níveis críticos de poluição.	-
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	Spup	Espécie cosmopolita encontrada em um amplo espectro de águas ricas em eletrólitos; algumas populações encontradas em níveis críticos de poluição.	-
<i>Staurosira construens</i> Ehrenberg	Scon	Água parada de boa qualidade.	-
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	Uuln	-	muito baixa

## 5. *Discussão*

---

A expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do rio Monjolinho e o avanço das culturas intensivas em detrimento das práticas agrícolas familiares ou de subsistência, com uma intensa ocupação do solo e de recursos naturais tem sido observados em São Carlos nas últimas décadas, seguindo o modelo econômico adotado nas demais regiões do Brasil (RIBEIRO, 2008). Esse crescimento tem ocorrido sobre áreas de preservação nos quais se situam ecossistemas aquáticos que regulam importantes funções ecológicas, como a integridade e a produtividade dos corpos d'água, a diversidade de fauna e flora, a regulação dos ciclos biogeoquímicos, a qualidade da água, entre outros.

Por meio da imagem de satélite fornecida pelo SAAE e utilizada para as análises de uso e ocupação do solo foi possível observar essa expansão da cidade de São Carlos sobre as áreas de mananciais que abastecem a Estação de Captação de Água do Espraiado. Considerando-se que essa imagem é de 2008, algumas áreas naturais já foram transformadas em áreas agrícolas ou urbanas, tendo em vista o grande crescimento desta cidade nesse período. Este processo foi comprovado durante as campanhas de campo realizadas ao longo deste estudo, notando-se, principalmente, a expansão da área urbana da cidade sobre as áreas de nascente dos córregos Belvedere e Ponte de Tábua nascente.

As análises químicas, físicas, e as diversas abordagens de avaliação biológica, bem como os testes de toxicidade da água e do sedimento evidenciaram a ocorrência desde locais muito limpos, até pontos que estão claramente impactados. Os pontos situados na área urbana registraram os maiores valores dos nutrientes analisados, bem como a presença de táxons considerados resistentes a poluição, tanto pela comunidade de macroinvertebrados bentônicos quanto pela comunidade perifítica.

Os resultados obtidos evidenciaram que, por estarem situados em locais preservados, com densa mata ciliar e ausência de focos de poluição próximos, os pontos Espraiado I e Espraiado II foram os que apresentaram uma melhor qualidade ambiental, com concentrações de nutrientes na água e no sedimento dentro dos valores normalmente encontrados em sistemas mais preservados, comparáveis àqueles reportados por Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008). Os valores obtidos para a variável condutividade elétrica da água foram menores

nesses dois pontos, o que de acordo com Sé (1992) deve-se à influência das águas subterrâneas, que apresentam baixas concentrações de eletrólitos. Esses também foram os locais onde se obtiveram as maiores pontuações pela aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida- P.A.R. (Espreado I com 80 pontos e Espreado II, com 82), corroborando desta forma maior integridade e qualidade ambiental neste córrego.

A Análise de Componentes Principais (PCA), realizada com as variáveis ambientais revelou uma separação clara entre os pontos situados nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho dos da margem direita, agrupando os pontos mais conservados por sua relação positiva com a concentração de oxigênio dissolvido na água e relação negativa com os valores de fósforo total na água, material em suspensão total, e principalmente nitrogênio inorgânico dissolvido e condutividade elétrica, métricas reconhecidamente relacionadas à poluição orgânica. A maioria dos pontos situados nos afluentes da margem esquerda, por outro lado, foram associados a essas variáveis ambientais.

Nos trechos estudados na sub-bacia do rio Monjolinho as concentrações dos compostos de nitrogênio e de fósforo analisadas nos períodos chuvoso e seco estiveram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para córregos de classe II. Entretanto, de acordo com Allan e Callisto (2007), em sistemas naturais com pequena influência humana, as concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido (amônio, nitrito e nitrato) são baixas, em torno de  $0,12 \text{ mg L}^{-1}$ .

No presente estudo, no período chuvoso, ocorreram valores de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) maiores que  $0,12 \text{ mg L}^{-1}$  em todos os pontos de coleta situados nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho, enquanto que nos afluentes da margem direita, sem influência da expansão urbana, todos os pontos de coleta registraram valores de nitrogênio inorgânico dissolvido abaixo deste valor. Já no período de seca, foram registradas elevadas concentrações de nitrito e amônio somente nos pontos de coleta Ponte de Tábua foz, e nas nascentes dos córregos São Rafael e Belvedere. Essas formas reativas de nitrogênio prejudicam a qualidade do ar, da água e do solo, afetando os ecossistemas como um todo e particularmente a biodiversidade, além de alterarem o balanço dos gases do efeito estufa (SUTTON et al., 2011). Dentre esses compostos, o nitrato inorgânico é altamente solúvel e abundante em águas que recebem grandes concentrações de nitrogênio, resultantes de descarga de esgotos domésticos ou de atividades agrícolas por meio de drenagem de solo fertilizado (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008) e pode prejudicar a saúde humana

quando em altas concentrações na água de abastecimento por aumentar os riscos de câncer de intestino (SUTTON et al., 2011). Os resultados combinados dos testes ecotoxicológicos, das concentrações de nutrientes detectados na água e da Análise de Componentes Principais (ACP) evidenciam que os pontos mais impactados são: Ponte de Tábua foz e São Rafael nascente, por apresentarem, além de altas concentrações de nutrientes na água, toxicidade aos componentes da biota aquática tanto no período seco quanto no chuvoso; Belvedere nascente, pelos altos valores de compostos de nitrogênio e condutividade elétrica encontrados em ambas as coletas, e Douradinho devido aos altos valores de fósforo total e material em suspensão total registrados na água. Desses, os três primeiros pontos situam-se nos córregos que possuem grande parte da sua área de drenagem ocupada por área urbana.

No córrego Douradinho, apesar de haver um grande fragmento florestal na área de drenagem deste rio, o que confere a essa sub-bacia uma porcentagem relativamente alta de áreas preservadas (28%), e de possuir apenas 20% de área urbanizada, o desenvolvimento urbano ocorreu muito próximo à nascente desse rio, localizada em uma encosta de difícil acesso, e que está tão fortemente impactada que não foi possível coletar neste local. A grande área de mata preservada provavelmente melhora a qualidade da água vinda da nascente, como observado próximo à foz deste córrego, porém a água deste local ainda apresenta indícios de poluição. Para o período chuvoso, o valor registrado de material em suspensão total, constituído em grande parte pela fração inorgânica, foi muito maior que todos os demais pontos. Este ponto apresentou também, para o mesmo período, as maiores concentrações de fósforo total, composto principalmente por fósforo particulado. As formas de fósforo particulado são geralmente transportadas ao corpo d'água por fontes difusas associadas ao sedimento, principalmente quando a erosão é alta (ALLAN, 2007). Os altos valores de material inorgânico em suspensão e de fósforo particulado indicam os elevados processos erosivos que este local está sendo submetido.

Ao longo do córrego Ponte de Tábua foram percebidos fortes impactos, principalmente próximo à sua confluência com o rio Monjolinho, localizada perto de tubulação de esgoto e onde foram registrados elevados valores de compostos de nitrogênio e fósforo nas amostras de água coletada. Além disso, apesar de não ter sido registrada toxicidade na água, o sedimento deste córrego acarretou, em ambos períodos, altos valores de mortalidade, indicando que os contaminantes presentes no sedimento estão biodisponíveis no sistema.

As formas dissolvidas de fósforo podem ser transportadas por meio de escoamento superficial em áreas de criação de gado ou cultivos agrícolas por ser a forma disponível em adubo ou fertilizantes (HATCH et al., 1999). Porém, geralmente grandes volumes de fósforo dissolvido na água se devem á fontes pontuais de poluição como lançamento de esgoto doméstico sem tratamento (ALLAN; CASTILLO, 2007), o que indica que esgoto urbano está atingindo o córrego Ponte de Tábua. A entrada de esgoto sanitário altera a qualidade da água tanto por causar uma diminuição na concentração de oxigênio dissolvido na água, impactando a fauna aquática, quanto por introduzir na água microrganismos potencialmente patogênicos (GOLDMAN; HORNE, 1983).

A grande urbanização na área de drenagem do córrego Ponte de Tábua teve como consequências a retirada da mata ciliar ao longo de quase todo o rio, a grande presença de lixo e entulho carregado pelas chuvas e levados até sua calha, além da entrada de poluentes oriundos do despejo de esgoto sanitário. Esses impactos afetaram diretamente a integridade biológica desse ecossistema aquático, causando conseqüentemente, a perda da qualidade da água deste córrego.

A recuperação do córrego São Rafael diminuiu processos erosivos e problemas de escoamento superficial da água, porém este foi o local onde se registrou a maior mortalidade dos organismos-teste nos bioensaios realizados com amostras do sedimento (40% dos indivíduos testados) no período chuvoso, além de toxicidade crônica nos testes realizados no período seco. Analisando-se os resultados obtidos para as variáveis químicas, pode-se perceber que neste ponto foi registrado um pH muito baixo na água no período chuvoso, o maior valor de condutividade elétrica e as mais altas concentrações de nitrato e nitrogênio total da água, tanto no período seco quanto chuvoso. Estas variáveis são relacionados à poluição orgânica (BARRETO, 1999; GOLDMAN; HORNE, 1983), e no caso do córrego São Rafael sugerem que, apesar da restauração realizada pela prefeitura nesta área (o que explica o alto valor do P.A.R.), o local provavelmente continua recebendo aporte de esgoto doméstico, o que impede uma recuperação eficiente deste corpo d'água, uma vez que o primeiro passo para o retorno das funções ecológicas dos ecossistemas é remover a fonte de distúrbios, neste caso, o despejo de efluentes no local.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos demonstrou melhora neste ponto quando se compara a coleta realizada no período chuvoso com o período seco. Na primeira foram coletados 306 indivíduos de apenas 3 táxons diferentes, porém compostos basicamente

Oligochaetas, o que explica a alta dominância e o baixo valor do índice de diversidade de Shannon-Wiener. De acordo com Hepp e Santos (2009), baixos valores de riqueza, diversidade e equitabilidade servem como um bom indicador de impactos na bacia de drenagem. Na segunda coleta, realizada na época seca, coletou-se quase o mesmo número de indivíduos (378), porém o número de táxons registrados foi muito maior: foram coletados 21 taxa, o terceiro maior valor de riqueza obtido entre todos os pontos amostrados neste estudo. Além disso, no período seco, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos coletada apresentou o menor valor de dominância e maior valor de Diversidade de Shannon-Wiener em comparação com todos os outros locais amostrados, o que reflete uma contribuição mais equitativa dos táxons encontrados. Essas métricas simples, como riqueza, diversidade e equitabilidade e comunidade de macroinvertebrados bentônicos são parâmetros eficientes de se medir qualidade de água, possibilitando uma análise sólida das condições ambientais (HEPP; RESTELLO, 2007).

Apesar dos parâmetros pH, condutividade elétrica e dos compostos de nitrogênio terem tido valores similares a de pontos de coleta menos impactados, indicando possivelmente um processo de autodepuração do rio, o ponto São Rafael foz foi o único cuja amostra de água coletada no período chuvoso apresentou toxicidade aguda. Isso pode ter sido causado por algum outro componente químico presente na água não avaliado neste estudo (pesticidas, metais, etc.). Os resultados obtidos indicam que este córrego continua sendo submetido a um alto grau de impacto e que novas medidas devem ser tomadas para melhorar efetivamente a qualidade de sua água.

No ponto localizado na Captação de Água foi registrada a maior concentração de matéria orgânica no sedimento. Isso está provavelmente relacionado à maior produtividade primária e posterior decomposição da matéria orgânica originária das algas macrófitas, abundantes neste sistema lântico, mas que foram pouco observados nos córregos estudados devido ao fluxo da água e sombreamento em algumas partes. A porcentagem de silte e argila também foi maior neste ponto, pois ele está situado em um ambiente lântico, onde as taxas de sedimentação de partículas menores e mais leves, como silte e argila, é maior. Às partículas de argila encontram-se adsorvidos compostos de fósforo e nitrogênio (PAYNE, 1975), fazendo com que, neste ponto, estes nutrientes ocorressem em maior concentração no sedimento. Já os córregos São Rafael e Belvedere tiveram as calhas alteradas nas suas porções inferiores e a mata ciliar parcialmente retirada, o que pode explicar a elevada fração de argila e silte em seus sedimentos, no período seco. De acordo com Lowrance et al. (1997) e Hickey

e Doran (2004), a retirada da vegetação ripária é seguida por erosão das margens, deposição de silte, aquecimento da água e alterações nas cadeias alimentares.

A toxicidade encontrada no sedimento do ponto Monjolinho médio durante teste realizado no período chuvoso também pode ter sido causada por erro de leitura dos testes, uma vez que em apenas uma réplica foi registrada alta mortalidade (7 entre 10 indivíduos não foram encontrados na réplica 1; nas réplicas 2 e 3 não houve mortalidade, e na réplica 4, apenas 1 organismo não foi encontrado). No período seco, por outro lado, foi registrada uma sobrevivência de 100% dos organismos testados, a maior entre todos os pontos de coleta. Além disso, Massaro (2011) analisando a possível toxicidade da água e sedimento do rio Monjolinho superior em amostras coletadas em fevereiro de 2010, período chuvoso, verificou que tais amostras não causaram toxicidade às espécies *Hydra viridissima* e *Hydra salmacidis*.

Em geral, os valores de nutrientes registrados na porção superior e média do rio Monjolinho são maiores do que os valores registrados no ponto inferior, o que indica que as altas concentrações desses compostos foram diluídas pela água proveniente dos demais afluentes e pela água oriunda da drenagem do próprio rio Monjolinho, evidenciando a importância da diluição das águas deste rio por afluentes com águas de melhor qualidade, antes da captação para abastecimento.

A Análise de Correspondência Canônica (ACC), feita com os dados da comunidade de macroinvertebrados bentônicos também separou bem os grupos encontrados nos pontos coletados na margem esquerda do rio Monjolinho, que estão sendo impactados devido à expansão da cidade sob sua área de drenagem, dos coletados na margem direita desse rio, locais com maior proporção de áreas naturais e características rurais.

Ometo et al. (2000) e Hepp e Santos (2009) similarmente registraram grandes impactos da urbanização sobre a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Pisca, na cidade de Piracicaba - SP e no rio Jacutinga, município de Jacutinga - RS, como diminuição de riqueza, principalmente de espécies sensíveis das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera - EPTs. De acordo com Bacey e Spurlock (2007), a condutividade elétrica possui uma relação negativa com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, em especial com as ordens de EPT, cujo número de famílias e indivíduos diminuem significativamente com o aumento dessa variável ambiental. Isso também pode ser observado nesse estudo, uma vez que a CCA demonstrou forte correlação negativa entre a condutividade

e os pontos onde foram encontradas as famílias pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

Os táxons Chironomidae, Ceratopogonidae e Oligochaeta localizaram-se no centro do gráfico gerado pela Análise de Correspondência Canônica por estarem presentes em quase todos os pontos de coleta; já os grupos Nematoda, bem como Hirudinea, estão mais relacionados a locais que foram impactados pela ação antrópica causada pela expansão da cidade - pontos situados na margem esquerda do rio Monjolinho.

Os organismos pertencentes aos táxons Chironomidae e Oligochaeta foram dominantes em praticamente todos os pontos de coleta, tanto no período seco quanto no chuvoso. Roque e Trivinho-Strixino (2001), Pareschi (2008) entre outros também encontraram predominância desses táxons em muitos córregos tropicais de leito arenoso e vegetação característica de cerrado. Quando tais organismos ocorrerem com baixa diversidade de táxons, indicam perturbações ambientais. Guerreschi (1995) e Barreto (1999) verificaram uma baixa diversidade específica para esses dois grupos bentônicos em pontos coletados no rio Monjolinho, associando-os a altas concentrações de carga orgânica de origem antrópica.

Os quironomídeos compõem um grupo extremamente diverso por possuírem amplo hábito alimentar, curto ciclo de vida, além de espécies muito tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (ROLDÁN, 2003), o que os torna capazes de se adaptar às mais variadas condições ambientais (PARESCHI, 2008). Essas características podem explicar a ocorrência desse táxon em todos os pontos de coleta. Já os Oligochaetas, apesar de serem característicos de ambientes orgânico-arenosos, também apresentam distribuição cosmopolita, podendo ser encontrados em qualquer ambiente aquático (BRINKHURST et al., 1974). São organismos reconhecidamente tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (principalmente os da família Tubificidae), e por isso, muito abundantes em ambientes ricos em matéria orgânica e pobres em oxigênio, com grande disponibilidade de alimento e baixa competição com outros organismos (WIEDERHOLM, 1980).

No ponto de coleta Monjolinho superior em coleta realizada durante o período chuvoso foram observadas as maiores abundâncias relativas da classe Oligochaeta, que de acordo com identificações feitas pela Profa. Dra. Mercedes Marchese, foram compostas basicamente pela espécie *Limnodrilus hoffmeisteri*. Esta, quando em altas densidades, é um indicador de poluição orgânica, sendo comum em lugares eutrofizados por apresentar alta tolerância a

pequenas concentrações de oxigênio dissolvido na água (BRINKHURST; GELDER, 2001; CHAPMAN; BRINKHURST, et al., 1984). Neste ponto, a concentração de oxigênio dissolvido na água registrada no momento da coleta foi muito baixa tanto no período chuvoso ( $2,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) quanto no período seco ( $3,46 \text{ mg L}^{-1}$ ) e a água do local se encontrava praticamente estagnada, devido a interferências antrópicas no local. O sedimento do local não apresentou, entretanto, toxicidade a *Hyalella meinerti* provavelmente porque as concentrações de oxigênio nos recipientes-testes não alcançavam valores muito baixos devido à constante renovação de parte da água. Isso fornece indicações de que a poluição neste ponto é essencialmente orgânica, não havendo no sedimento nem na água compostos tóxicos aos organismos testados.

As amostras obtidas com a draga de Van Veen obtiveram baixa riqueza, e foram compostas basicamente por organismos pertencentes aos táxons Oligochaeta e Chironomidae. De acordo com Roldán (1992), os macroinvertebrados bentônicos apresentam uma grande distribuição espacial: alguns vivem enterrados no sedimento por toda a vida, como os oligoquetos, ou parte dela (quironomídeos), outros localizam-se preferencialmente na interface água-sedimento, alguns têm maior motilidade, enquanto outros vivem presos à substratos como rochas ou troncos. Assim, a draga captura basicamente organismos que estão enterrados no sedimento, que são em sua maioria pertencentes aos grupos Chironomidae e Oligochaeta, sendo, portanto, um método seletivo de coleta. Os demais organismos bentônicos fogem quando percebem alguma alteração no ambiente, impedindo sua captura, ou nem sequer se encontram diretamente associados ao sedimento.

Já a rede em D capturou um número muito maior de organismos das famílias pertencentes às ordens EPTs, uma vez que esses táxons geralmente ficam associados a vegetação ou aderidos a algum tipo de substrato, e foi, portanto, de grande importância para melhor caracterizar a comunidade bentônica dos pontos amostrados.

De acordo com Chapman (2007), contaminação é apenas a presença de determinada substância onde não deveria existir ou em concentrações acima do limite, enquanto poluição é a contaminação que causa ou pode causar efeitos biológicos adversos na comunidade residente. O intuito deste trabalho foi inferir sobre a poluição ambiental dos sítios de coleta, principalmente do sedimento, uma vez que a maioria dos compostos químicos de origem antrópica (e.g. pesticidas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos – HPA – e hidrocarbonetos clorados) tendem a se adsorver ao sedimento e a matéria orgânica presente neste, e acabam se

acumulando esse compartimento (BURTON; MacPHERSON, 1995). Por isso, achou-se melhor utilizar um método de coleta que privilegiasse a comunidade intra-bentônica por estar em contato direto com o sedimento durante grande parte do seu ciclo de vida. Porém o tempo escasso para a realização de todo o trabalho impossibilitou a identificação mais detalhada desses organismos.

Apesar de alguns problemas encontrados, a comunidade bentônica coletada refletiu as condições ambientais dos locais onde foram amostradas, com ocorrência de maior riqueza de táxons e abundância de organismos sensíveis, como os pertencentes às famílias de EPTs, nos pontos mais bem preservados Espraiado I e II, tanto no período chuvoso, quanto no período seco. Indivíduos da ordem Plecoptera, representados pelas famílias Perlidae e Gripopterygidae, por exemplo, só foram registrados nestes pontos. Bacey e Surlock (2007) e Hepp e Santos (2009) também encontraram a família Perlidae apenas em áreas naturais, demonstrando o desaparecimento dessas espécies sensíveis em áreas agrícolas e urbanas. As demais famílias de EPTs encontradas, como Leptophlebiidae, Leptoceridae, Odontoceridae, foram registradas em maior abundância nos pontos localizados no córrego Espraiado, mostrando que a composição taxonômica nesses dois pontos de coleta é bem diferente de todos os demais locais amostrados. A dominância nesses locais, entretanto, foi relativamente alta devido ao grande número de indivíduos da família Chironomidae, o que também interferiu na diversidade de Shannon-Wiener.

Além da qualidade de água, outro fator responsável pela ocorrência de maior riqueza é a presença de mata ciliar ao longo de todo o córrego Espraiado. A mata ripária, além de servir como principal fonte alóctone de matéria orgânica para as comunidades que habitam os corpos d'água, fornece, por meio de troncos, galhos, folhas e frutos que caem nesses córregos, um ambiente mais heterogêneo (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008), e conseqüentemente uma grande gama de nichos a serem explorados.

Porém, as comunidades de macroinvertebrados e diatomáceas analisadas indicaram que a faixa de mata ciliar presente nos pontos Ponte de Tábua nascente e Belvedere nascente não está sendo suficiente para manter a integridade biológica desses córregos. Uma vez que foram observadas alterações nessas comunidades, esses locais devem estar submetidos a impactos a montante, que estão influenciando a composição de macroinvertebrados e das algas nos pontos de coleta, causando, principalmente, baixos valores de riqueza devido ao desaparecimento de espécies sensíveis à poluição. De acordo com Bere e Tundisi (2010), uma das características mais marcantes de ambientes lóticos é que distúrbios em um ponto do

corpo d'água afetam processos e organismos localizados a jusante, complicando o manejo desses sistemas.

No ponto Belvedere nascente foram encontrados, nas duas coletas realizadas, indícios de queimadas na mata ciliar desse córrego. Além disso, as obras de terraplanagem no local podem estar interferindo na qualidade da água deste local. Este ponto foi indicado como um local com excesso dos nutrientes analisados, principalmente compostos de nitrogênio e condutividade elétrica. Porém, apesar desses impactos e de este ponto estar situado no córrego cuja sub-bacia é mais urbanizada, nem as amostras de sedimento nem as de água causaram toxicidade aos indivíduos testados. Isso pode ser explicado pelo fato de os pontos de coletas estarem situados em locais com presença de vegetação natural, o que diminui o impacto antrópico. Porém, as altas concentrações de nutrientes e as alterações na comunidade são um sinal de que medidas preventivas precisam ser tomadas, antes que esses compostos, e outros não analisados nesse estudo, causem toxicidade. Esses fatos indicam que está ocorrendo uma degradação ambiental neste córrego, porém ela não deve ser causada por lançamento de algum composto químico na água.

Já no ponto Ponte de Tábua nascente, especialmente na primeira coleta, a ausência de toxicidade nos testes e as concentrações não tão altas de nutrientes sugerem que a baixa riqueza e diversidade pode ser devido a interações bióticas como a predação por turbelários abundantes neste local, ou outro tipo de interação não detectada.

Os índices bióticos Biological Monitoring Working Party (BMWP) e a Tríade da Qualidade ambiental classificaram de maneira similar os pontos de coleta de acordo com o grau de impacto a que estes locais estão sendo submetidos. Porém a Tríade da Qualidade de sedimento mostrou-se mais confiável, pois o BMWP considera apenas a presença de determinados táxons da comunidade de macroinvertebrados bentônicos para calcular este índice, enquanto que a Tríade além de avaliar outras métricas da comunidade bentônica, como riqueza, abundância, % de organismos sensíveis (EPTs), métrica de poluição orgânica (Oligochaeta/(Oligochaeta + Chironomidae)), e o próprio índice BMWP, considera igualmente importante os valores de nutrientes medidos nos locais de coleta, além do grau de toxicidade que o sedimento de cada ponto causou aos organismos testados durante a realização dos bioensaios.

A aplicação da Tríade mostra-se mais útil para analisar alterações induzidas por poluição, pois ajuda a prever onde a degradação ambiental irá ocorrer, baseando-se nos

níveis de contaminação e toxicidade. Quando estes níveis estão altos, porém alterações na biota não foram identificadas, a tríade indica que o ambiente analisado está sendo estressado e que impactos adicionais não são toleráveis (CHAPMAN, 1990). Por outro lado, se há uma alteração da comunidade estudada e não verificadas contaminação e toxicidade nos locais analisados, essas alterações são causadas por outros fatores, como competição, predação, tipo de sedimento, entre outros (CHAPMAN, 1990). Assim sendo, a Tríade é um instrumento valioso pois pode indicar com antecedência distúrbios que estão ocorrendo no ecossistema antes que estes atinjam a biota, o que permite uma remediação desses impactos antes que eles alterem os ecossistemas aquáticos de maneira irreversível. Já o BMWP, por outro lado, ao considerar apenas a comunidade de macroinvertebrados, reflete impactos que já estão alterando a composição e distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, o que de certa forma, contradiz o principal objetivo do monitoramento biológico, que é promover uma avaliação antecipada do impacto na qualidade nos ecossistemas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008), permitindo a remediação desses distúrbios antes que eles alterem os ecossistemas aquáticos de maneira mais drástica.

Apesar de o sedimento dos pontos São Rafael nascente e Douradinho não ter causado mortalidade significativamente diferente do controle no período seco, os teores de nutrientes foram muito maiores do que os registrados no ponto de referência, o que conferiu maior impacto a estes pontos do que o previsto pelo índice BMWP. Mesmo a alteração de apenas um componente da tríade (geralmente, a primeira a ocorrer é um aumento da concentração de contaminantes no sistema) já permite predizer que este sistema está sendo ameaçado, e que medidas para cessar essa contaminação devem ser tomadas. Assim, a Tríade funciona como um modelo preditivo.

A métrica BMWP, por sua vez, apresentou alguns problemas neste estudo, o que pode ter enfraquecido o seu poder de resposta frente aos distúrbios. As baixas pontuações deste índice, principalmente para o período chuvoso, podem ser explicadas pelo grande volume de chuva durante as coletas. Foi marcante a diferença entre o número de indivíduos coletados no período chuvoso e no período seco. As fortes chuvas da estação devem ter carreado muitos organismos, influenciando o número de indivíduos e de táxons encontrados em cada ponto, resultando em *scores* abaixo do esperado. Pareschi (2008), estudando rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP) também não obteve resultados satisfatórios de classificação dos corpos d'água ao utilizar o índice BMWP no período chuvoso devido à perda de organismos pela deriva.

Outro fator que pode subestimar os valores obtidos pelo índice BMWP é a ausência de pontuação padronizada para táxons importantes como Perlidae, Leptophlebiidae, entre outros, que ocorreram em alguns pontos de coleta, mas que devido a isso, não puderam ser utilizados no cálculo final do índice. Suriano et al. (2010), ao analisar diversas métricas de macroinvertebrados para avaliar as condições ambientais de córregos em áreas de Mata Atlântica no Brasil, encontraram forte correlação entre valores obtidos pelo índice BMWP e preditores ambientais e espaciais, mas recomendam que seja feita uma adaptação regional a este índice e que se avalie os níveis de tolerância de famílias ainda não incluídas, como Calamoceratidae, Megapodagrionidae, Aeshnidae, Corduliidae, Cryopidae, entre outros, para que esse índice reflita melhor a qualidade da água dos locais analisados.

Além disso, a utilização da draga de Van Veen como instrumento de coleta pode ter favorecido a captura dos organismos intra-bentônicos pertencentes aos táxons Chironomidae e Oligochaeta, tradicionalmente considerados de ambientes poluídos, mas que podem ter seu papel de bioindicadores subestimado, uma vez que a alta classificação taxonômica não reflete a grande variedade que pode ser encontrada neste grupo. Porém a varredura feita com rede em D serviu para complementar a diversidade de organismos capturados pela draga, fornecendo uma melhor caracterização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de cada ponto de coleta.

De acordo com os resultados obtidos pela ferramenta Tríade de Qualidade Ambiental, as nascentes dos córregos São Rafael, Belvedere e Ponte de Tábua estiveram entre os 5 pontos mais impactados dos sítios de coleta, tanto no período seco quanto no período chuvoso, resultado também obtido pelo índice BMWP no período chuvoso, ao contrário do que normalmente se espera: um aumento da poluição no sentido nascente – foz. (MARGALEF, 1983).

A comunidade de diatomáceas também apresentou resposta similar, demonstrando forte relação à mudanças na qualidade da água causadas por alterações no uso e ocupação do solo. Nota-se um claro gradiente de espécies tolerantes a poluição na Análise de Correspondência Canônica (CCA), influenciadas pela alta concentração de compostos inorgânicos de nitrogênio, principalmente nos pontos São Rafael nascente, Belvedere nascente e Ponte de Tábua foz, locais claramente impactados pela expansão da cidade de São Carlos. As espécies *F. monoculata*, *F. tenera* e *N. amphibia* ocorreram quase que exclusivamente nesses pontos. Esta última espécie foi caracterizada por Taylor (2007) como tolerante a níveis moderados de

poluição, enquanto Lobo et al. (2004) a classificou como baixa tolerância a eutrofização. Nesse estudo, no entanto, ela foi encontrada em maior concentração no ponto São Rafael nascente, local fortemente poluído por compostos de nitrogênio inorgânico dissolvido e elevada condutividade elétrica, ocorrendo em abundâncias muito menores nos outros pontos, o que indica uma elevada capacidade de tolerar poluentes na água. Essas espécies apresentam vantagem competitiva em rios poluídos (POTAPOVA; CHARLES, 2003), o que garante elevadas abundâncias relativas.

Os pontos de coleta São Rafael nascente, Belvedere nascente, coletados no período seco e Ponte de Tábua nascente coletado no período chuvoso também estão associados a espécies tolerantes a poluição, como *N. palea*, *G. parvulum* e *R. abbreviata*.

Em estudo realizado por Bere e Tundisi (2011a) na bacia hidrográfica do rio Monjolinho, as espécies *P. lanceolata*, *A. exigua*, *F. monoculata*, *G. accuminatun*, *G. parvulu*, *F. intermedia*, *L. goeppertiana*, *N. palea*, *P. subcapitata*, *R. abbreviata* e *S. pupula* foram encontradas em locais cuja água foi classificada como muito impactada. Essas espécies são resistentes a altos níveis de poluição, encontradas associadas a gradientes de concentração de metais, poluição orgânica e eutrofização (ROUND, 1991; VAN DAM et al., 1994; POTAPOVA; CHARLES, 2003). Por respondem de maneira particular a esses poluentes e outras variáveis ambientais devido a diferenças no desenvolvimento de tolerâncias por esses organismos (BERE; TUNDISI, 2011), podem fornecer importantes respostas sobre esses tipos de contaminação nos ecossistemas aquáticos.

O menor valor de riqueza para o período seco foi registrado no ponto Ponte de Tábua foz. Como evidenciado pela análise de CCA, este ponto caracteriza-se por altos valores de nitrogênio inorgânico dissolvido e neste local foram encontrados desde espécies tolerantes a elevados níveis de poluição, como *F. tenera*, porém abundâncias relativas muito maiores de *E. bilunaris* e *S. construens*, espécies consideradas sensíveis à poluição. Apenas uma das três pedras colocadas no córrego foi recuperada, o que pode ter contribuído para os baixos valores de riqueza e abundância encontrados. A continuidade dos estudos neste local poderá levar a resultados antes conclusivos sobre o real status da qualidade ambiental neste sítio.

As espécies da comunidade de diatomáceas consideradas sensíveis pela literatura utilizada representaram uma porcentagem muito pequena nos pontos em que foram encontradas, e ocorreram em maior abundância em outros pontos, não nos de referência Espreado I e Espreado II, como era de se esperar. Elas não forneceram, para o estudo em

questão, boas respostas sobre a qualidade ambiental dos pontos analisados. As métricas clássicas de qualidade ambiental, como riqueza e diversidade para a comunidade de diatomáceas também não apresentaram fortes relações com o grau de poluição encontrado nos sítios de coleta. Ao contrário do que ocorre com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a diversidade da comunidade de diatomáceas aumentou, de maneira geral, conforme aumentou o nível de poluição. O mesmo foi registrado por Lobo e Kobayasi (1990) e Round (1991). Por outro lado, a alta porcentagem de espécies tolerantes a poluição em sítios antropizados parece distinguir melhor pontos poluídos de pontos não impactados. A abundância dessas espécies nos pontos São Rafael nascente, Belvedere nascente, Ponte de Tábua nascente e foz corroboram os outros resultados obtidos, evidenciando que há alterações ambientais nesses pontos.

Por inacessibilidade não foi possível coletar no ponto Douradinho nascente, porém esse ponto apresentava claros sinais de intensos impactos antrópicos, como a grande quantidade de lixo em suas margens, bem como uma coloração acinzentada da água, indícios de contaminação por esgoto sanitário.

Torna-se claro que a expansão da cidade de São Carlos está impactando diretamente os córregos situados na margem esquerda do rio Monjolinho, uma vez que a cidade está se expandindo sobre suas área de drenagem, chegando muitas vezes às margens destas nascentes, destruindo áreas de mata ciliar, além de contribuírem com aporte direto de poluição.

## 6. Conclusões

---

- Existe forte impacto da expansão da cidade de São Carlos sobre os córregos situados na margem esquerda do rio Monjolinho, evidenciado pela maior concentração de nutrientes nesses pontos, confirmando a primeira hipótese.
- A presença de táxons tolerantes a altos níveis de poluição em ambas comunidades, a de macroinvertebrados e a perifítica (diatomáceas) confirmam a segunda hipótese de maior comprometimento da qualidade da água nos afluentes da margem esquerda do rio Monjolinho.
- Os afluentes da margem direita embora menos impactados, já apresentam diferentes graus de deterioração ambiental, sendo que apenas o Córrego Espraiado em ambas locais avaliados puderam ser considerados ambientes prístinos.
- As microbacias mais degradadas foram São Rafael, Belvedere, Ponte de Tábua e Douradinho.
- O empreendimento de recuperação da nascente do córrego São Rafael pela Prefeitura Municipal de São Carlos não se refletiu em melhor qualidade ambiental desta microbacia quando comparada às outras microbacias.
- A água e o sedimento do córrego São Rafael e o sedimento do córrego Ponte de Tábua foram tóxicos à biota aquática.
- A rede em D mostrou-se um instrumento de coleta mais eficiente que a draga de Van Veen.
- A abordagem da Tríade de Qualidade Ambiental foi uma ferramenta mais adequada para a avaliação da integridade das nascentes e microbacias do rio Monjolinho do que outros índices isolados como o BWMP.
- A riqueza de táxons e a diversidade da comunidade de macroinvertebrados (nível de família) refletem a qualidade ambiental da microbacia do Espraiado e evidenciam os diferentes graus de degradação das demais microbacias do rio Monjolinho a montante da Estação de Captação de Água do Espraiado.

## *7. Considerações finais*

---

Uma das medidas mais importantes em um processo de restauração de rios é a reposição da camada vegetal em sua área de entorno. A perda de vegetação ripária resulta em erosão das margens, deposição de silte, águas de temperatura mais elevada e cadeias alimentares alteradas. A água da chuva transporta grandes quantidades de sedimentos para os corpos d'água e junto com estes, uma alta carga de contaminantes quando há ocupação antrópica na área de drenagem (Hickey e Doran, 2004), causando assoreamento, do rio, aumento de Materiais em suspensão, turbidez da água e contaminação dos recursos hídricos. A recomposição da cobertura vegetal nas nascentes é essencial pois a vegetação ripária estabiliza as margens, diminui a incidência direta de radiação solar sobre os córregos, diminuindo, conseqüentemente a temperatura da água, filtra nutrientes e sedimentos e interfere fortemente nos fluxos de energia por influenciar a disponibilidade de luz e entrada de matéria orgânica particulada nos corpos hídricos (Gregory et al. 1991).

Mesmo o tratamento adequado de efluentes domésticos e industriais pode não ser suficiente para melhorar a qualidade de água dos rios se o impacto das águas pluviais não for considerado (HATT et al., 2004). De acordo com Palmer et al., (2005), um dos maiores impactos em riachos situados em áreas urbanas são picos de fluxo de água causados pelo escoamento superficial de áreas impermeabilizadas da bacia de drenagem. Uma alternativa ecológica para a recuperação desses riachos é a criação de planícies alagadas para interceptar a água de escoamento superficial e poluentes e aumentar a infiltração, que de acordo com o autor, é muito mais eficaz para promover uma recuperação das funções ecológicas do rio do que estruturas de proteção artificiais como paredes de pedras, enrocamentos ou gabiões, método utilizados na recuperação da nascente do córrego São Rafael.

É necessário que o poder público contenha a expansão urbana sobre essa área de Manancial, uma vez que a influência antrópica vem deteriorando a qualidade da água dos afluentes da margem direita, principalmente nos locais considerados expansão consolidada. Para diminuir a pressão do crescimento da cidade de São Carlos sobre os recursos hídricos é necessário manter a faixa média de mata ciliar definida pela lei Municipal, que determinam 50 m de vegetação nativa em cada margem do rio.

## 8. Referências

---

- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). NBR: 12713: Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro, 21p.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005). NBR: 15088: Ecotoxicologia Aquática - Toxicidade crônica – Método de Ensaio com *Ceriodaphnia* spp. (Cladocera, Crustacea). Rio de Janeiro, 15p.
- ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2007). NBR: 15470: Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade em Sedimento – Método de Ensaio com *Hyalella* spp. (Amphipoda). Rio de Janeiro, 20p.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. 2007. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. 2<sup>a</sup> ed. Springer. 436 p.
- ALONSO, C. D. 1995. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo, CETESB.
- ANDERSEN, J. M. 1976. An Ignition Method for Determination of Total Phosphorus in Lake Sediments. **Water Research**, v. 10, p. 329-331.
- APHA- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1989. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 17th ed. Washington, U.S.A.
- APHA- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1999. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19<sup>th</sup> ed. Washington, U.S.A. 1325 p.
- AZEVEDO, M. T. P. 2002. **Cianobactérias Formadoras de Florações: Biodiversidade em Águas de Abastecimento**. In: Reunião Brasileira de Ficologia, v.9, 2002, Aracruz. Resumos. Aracruz: Sociedade Brasileira de Ficologia, 2002. p.19.

- BACEY, J.; SPURLOCK, F. 2007. Biological Assessment of Urban and Agricultural Streams in the California Central Valley. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 130, p. 483– 493, doi:10.1007/s10661-006-9438-8.
- BARRETO, A. S. 1999. **Estudo da Distribuição de Metais em Ambiente Lótico, com ênfase na Assimilação pelas Comunidades Biológicas e a sua Quantificação no Sedimento e na Água**. Tese de Doutorado, CHREA/EESC/USP, 274 p.
- BERE, T.; TUNDISI, J. G. 2010. Benthic diatom community structure and habitat preferences along an urban pollution gradient in the Monjolinho River, São Carlos, SP, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 22, p. 80-92.
- BERE, T.; TUNDISI, J. G. 2010a. Biological monitoring of lotic ecosystems: the role of diatoms. **Brazilian Journal of Biology** (Impresso), v. 70, p. 493-502.
- BERE, T.; TUNDISI, J. G. 2011. The Effects of Substrate Type on Diatom-Based Multivariate Water Quality Assessment. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 216, p. 391-409.
- BERNHARDT, E.; PALMER, M.; ALLAN, J. D.; ALEXANDER, G.; BARNAS K.; BROOKS, S. 2005. Ecology – Synthesizing US River Restoration Efforts. **Science**, v. 308, p. 636-637.
- BICUDO, C.; MENEZES, M. 2006. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. Rima Editora, São Carlos-SP, Brasil.
- BIGGS, B. J. F.; KILROY, C. 2000. **Stream Periphyton Monitoring Manual**. NIWA, Christchurch, New Zealand.
- BRINKHURST, R. O. 1974. Factors mediating interspecific aggregation of tubificid oligochaetes. **Journal of the Fisheries Research of Canada**, v. 31, p. 460-462.

- BRINKHURST, R. O.; GELDER, S. R. 2001. Annelida: Oligochaeta, including Branchiobdellidae. In: THORP, J. H.; COVISH, A. P. (eds.), **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. 2<sup>nd</sup> Ed: San Diego, CA, Academic Press, p. 431-463.
- BUCHMAN, H. O.; BRADY, N. C. 1979. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 5 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 85 p.
- BURTON, G.A. Jr.; MacPHERSON, C. 1995. Sediment Toxicity Testing Issues and Methods. In: HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON G. A.; CAIRNS, J. (eds.). **Handbook of ecotoxicology**. Lewis Publishers, CRC Press, p. 70-103.
- BUSS, F. D; BAPTISTA, D. F; NESSIMIAN, J. L. 2003. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473.
- CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. 2002. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em Atividades de Ensino e Pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensia.**, v. 14, p. 91-98.
- CALOR, A. R. 2007. Trichoptera. In: FROELICH C. G. (Ed) **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acessado em 10/03/2009.
- CETESB- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 1992. **Água- Métodos de Avaliação de Toxicidade de Poluentes a Organismos Aquáticos**. v.1, São Paulo: CETESB.
- CHAPMAN, P. M.; BRINKHURST, R. O. 1984. Lethal and Sub-lethal Tolerances of Aquatic Oligochaetes with Reference to their use as a Biotic Index of Pollution: **Hydrobiologia**, v. 115, p. 139-144.
- CHAPMAN, P. M.; DEXTER, R. N.; LONG, E. R. 1987. Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (the Sediment Quality Triad) in San Francisco Bay. **Marine Ecology Prog. Ser.** v.37. p.75-96.

- CHAPMAN, P. M. 1990. The Sediment Quality Triad Approach to Determining Pollution-Induced Degradation. **The Science of the Total Environment**, 97/98 p. 815-825.
- CHAPMAN, P. M. 2007. Determining when contamination is pollution – Weight of evidence determinations for sediments and effluents. **Environmental International** v. 33, p. 492-501.
- COSTA, J. M, SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. 2004. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos. **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, v. 99, p. 1-44.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. 1987. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Columbus. vI-III. 120 pp. (Surface Water Section).
- GOLDMAN, C. R.; HORNE, A. J. 1983. **Limnology**. New York: McGraw-Hill, Inc. 464 p.
- GOLTERMAN, H. L. CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. 1978. **Methods for Physical and Chemical Analysis of Fresh Waters**. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 215 p.
- GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, A.; CUMMINS, K. W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zones: focus on links between land and water. **Bioscience**, v. 41, p. 540–551.
- GUERESCHI, R. M. 1995. **Monitoramento Biológico da Bacia Hidrográfica do Rio do Monjolinho pelo uso de Invertebrados Bentônicos**. Monografia de graduação. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP. 54p.
- HAMILTON, M. A.; RUSSO, R. C.; THURFTON, R. B. 1977. Trimmed Spearman-Kärber methods for estimating median lethal concentration in toxicity bioassay. **Environ. Sci. Technol.**, v. 11.

- HATCH, L. K.; REUTER, J. E.; GOLDMAN, C. R. 1999. Daily phosphorus variation in a mountain stream. **Water Resources Research**, v. 35, p. 3783–3791
- HATT, B. E.; FLETCHER, T. D.; WALSH, C. J., TAYLOR, S. L. 2004. The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams. **Environmental Management**, v. 34, p. 112–124.
- HEPP, L. U.; SANTOS, S. 2009. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 157, p. 305–318.
- HEPP, L. U.; RESTELLO, R. M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. In: ZAKRZEVISKI, S. B. (Ed.). **Conservação e uso sustentável da água: Múltiplos olhares**. Erechim: Edifapes. p. 75–86.
- HICKEY, M. B. C.; DORAN, B. 2004. A Review of the Efficiency of Buffer Strips for the Maintenance and Enhancement of Riparian Ecosystems. **Water Quality Resource Journal Canada**, v. 39, p. 311-317.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1971. **Carta Cartográfica do Brasil**. Folhas: Araraquara, Ibaté, Ribeirão Bonito e São Carlos. Escala: 1:50.000. Rio de Janeiro.
- INMET, 2010. Instituto Nacional de Meteorologia: dados da Estação Automática de São Carlos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- KARR, J. R.; DUDLEY, D. R. 1981. Ecological perspective on water quality goals. **Environmental Management**, v. 5, p.55- 68.
- KARR, J. R. 1991. Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. **Ecol. Appl.** v. 1, p. 66-84.

- KAUFFMAN, J. B.; BESCHTA, R. L.; OTTING N.; LYTJEN, D. 1997. An ecological Perspective of Riparian and Stream Restoration in the Western United States. **Fisheries**, v. 22, p. 12-24.
- LECCI, L. S.; FROELICH, C. G. 2007. Plecoptera. In: FROELICH, C. G. (Ed). **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline> . Acesso em 10/03/2009
- LEME, R.S.; LEME P.S. 2008. **Recuperação e Requalificação Ambiental de Área Degradada em Taludes com Nascentes em São Carlos – SP**. In: Anais do IV CICES- Congresso Ibero-Americano de Controle de Erosão e Sedimentos.
- LI, L.; ZHENG, B.; LIU, L. 2010. Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1510-1524.
- LOBO, E. A.; KOBAYASI, H. 1990. Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River system (Kanagawa Pref., Japan) and its use as an indicator of water quality. **Japanese Journal of Phycology**, v. 38, n. 2, p. 229-243.
- LOBO, E. A.; CALEGARO, V. L. 2000. Avaliação da qualidade de águas doces continentais com base em algas diatomáceas epilíticas: Enfoque metodológico. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. (Eds). **Avaliação e controle da grenagem urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 558p.
- LOBO, E. A.; CALLEGARO, V. L.; HERMANY, G.; BES, D.; WETZEL, C. E; OLIVEIRA, M. A. 2004. Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in southern Brazil, with special emphasis on eutrophication. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 25-40.
- LOWRANCE, R.; ALTIER, L.S.; NEWBOLD, J.D.; SCHNABEL, R.R.; GROFFMAN, P.M.; et al. 1995. **Water quality functions of riparian forest buffer systems in the Chesapeake Bay Watershed**. Rep. Nutrient Subcommittee Chesapeake Bay Program. Annapolis, MD: US Environ. Protect. Agency.

- MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. 1978. **Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists**. Fresh Water Biological Association. Scientific Publication. N.36. Titus Wilson & Son Ltd., Kendall. 117p.
- MAIN, H.; WILLIAM, S. W. (ed). 1994. **Marginal Urban Environments as Havens for Low-income Housing: Third World Regional Comparisons in Environment and Housing in Third World Cities**, John Wiley and Sons, Chichester.
- MARGALEF, R., 1983. **Limnologia**; Ediciones Omega S., Barcelona, Espanha.
- MARIANO, R 2007. Ephemeroptera. In: FROELICH, C. G. (Ed) **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em 10/03/2009.
- MASSARO, F. C. 2011. **Estudos ecológicos e ecotoxicológicos de espécies nativas de Hydra (Cnidaria: Hydrozoa)**. Tese (Doutorado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 502 p.
- MEGAN, M. H., NASH, M. S., NEALE, A. C., & Pitchford, A. M. (2007). Biological integrity in Mid-Atlantic Coastal plains headwater streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, v.124, p.141–156.
- MENDIONDO, E. M. 2005. **Flood risk management of urban waters in humid tropics: early-warning, protection and rehabilitation**. In: TUCCI, C.; GOLDENFUM, J. (orgs.). Workshop on Integrated Urban Water Managmt. in Humid Tropics, UNESCO IHP-VI (Int. Hydrol. Program), 2-3 April 2005, Foz de Iguaçu, Brazil.
- METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H. 2007. Tropical Diatoms of South America II. **Iconographia Diatomologica**, v. 18, 877 p.
- METZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H.; GARCÍA-RODRÍGUEZ. F. 2005. Diatoms of Uruguay. **Iconographia Diatomologica**, v. 15, 736 p.
- MEYBECK, M.; HELMER R. 1992. An introduction to water quality In: CHAPNMAN, D. 1992. **Water quality assessment**. Cambridge, University Press. 585p.

- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Ed. Technical Books. 174 p.
- OMETO, J. P. H. B.; MARTINELLI, L. A.; BALLESTER, M. V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORA, R. L.; WILLIAMS, M. 2000. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v. 44, p. 327-337.
- PALMER, M.; BERNHARDT E. S.; CHORNESKY, E.; COLLINS, S.; DOBSON, A.; DUKE, C. 2004. Ecology for a Crowded Planet. **Science**, v. 304, p. 1251-1252.
- PALMER, M. A.; BERNHARDT, E. S.; ALLAN, J. D.; LAKE, P. S.; ALEXANDER, G.; BROOKS, S. 2005. Standards for Ecologically Successful River Restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 208-217.
- PARESCHI, D. C. 2008. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré (SP)**. Tese (Doutorado). CCBS- Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. 172 p.
- PAYNE, A. I. 1975. **The ecology of Tropical Lakes and Rivers**. 1<sup>st</sup>. Ed. John Wiley & Sons, Chichester, 301p.
- PEDROSO, F.; BONETTO, C. A.; ZALOCAR, Y. A. 1988. **Comparative study on phosphorus and nitrogen transport in the Parana, Paraguay and Bermejo Rivers. Limnologia e Manejo de Represas**. Séries: Monografias em Limnologia. São Paulo. ACIESP. v. 1, p. 91 – 117.
- PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. 2001. **Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas**. 175p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- PEREIRA, D. L. V.; MELO, A.L.; HAMADA, N. 2007. Chaves de Identificação para Famílias e Gêneros de Gerromorpha e Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) na Amazônica Central. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 1, p. 210-228.

- PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. 2005. Identification key to families and genera of larvae of Trichoptera from Central Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n.2, p.181-204.
- PINHO, L. C. 2007. Diptera. In: FROELICH, C. G. (Ed). **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline> . Acesso em 10/03/2009.
- PORTO, R. M. 2006. **Hidráulica básica**. 4a. ed. São Paulo Rettec Gráfica e Editora. v. 2500. 529 p.
- POSTEL, S. L.; THOMPSON, Jr. 2005. Watershed protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. **Natural Resources Forum**, v. 29, p. 98–108.
- POTAPOVA, M.; CHARLES, D. F. 2003. Distribution of benthic diatoms in U.S. rivers in relation to conductivity and ionic composition. **Freshwater Biology**. v. 48, p. 1311-1328.
- ROCHA, A. A. 1992. Algae as indicators of water pollution. In: CORDEIRO-MARINO M.; AZEVEDO, M. T. P.; SANTÁNA, C. L.; TOMITA, N. Y.; PASTINO, E. M. (eds.). **Algae and Environment: A General Approach**. Sociedade Brasileira de Ficologia, CETESB, São Paulo. 34-55.
- ROLDÁN, G. P. 2003. **Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP**. Col. Ciência y Tecnología, Editorial Universidad de Antioquia, Colômbia. 170p.
- ROLDÁN, G. A. P. 1992. **Fundamentos de limnologia neotropical**. Editorial Universidad de Antioquia, Colômbia. 529p.
- ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. 2001. Benthic macroinvertebrates in mesohabitats of different spatial dimensions in a first order stream (São Carlos-SP). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 13, p. 69-77.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **Freshwater Biomonitoring and Benthic**

**Macroinvertebrates** (eds D.M. Rosenberg & V.H. Resh). Chapman & Hall, London. 1-9.

ROUND, F. E. 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. **Journal of Applied Phycology**, v. 3, n 1, p.129-145.

ROUND, F. E. 1993. **A Review and Methods for the Use of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes in River Water Quality**. HMOS Publisher, London. 63p.

SAAE. SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO, 2011. **A rede de água em São Carlos**. Disponível em: <http://www.saaesaocarlos.com.br/historia/redeagua.htm>. Acesso em: 19 abr. 2011.

SALOMONI, S. E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V.L.; LOBO, E. A. 2006. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hydrobiologia**, 559, p.233-246.

SÃO CARLOS. 2006. Prefeitura Municipal de São Carlos. **Lei nº 13.944 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a criação e Recuperação dos Mananciais do Município – APREM e dá outras Providências. Disponível em: [http://leis.saocarlos.sp.gov.br/html-wikileis/lei\\_13944.htm#CAP.C3.8DTULO\\_II\\_-\\_DOS\\_OBJETIVOS](http://leis.saocarlos.sp.gov.br/html-wikileis/lei_13944.htm#CAP.C3.8DTULO_II_-_DOS_OBJETIVOS).

SÃO CARLOS. 2007. Prefeitura Municipal de São Carlos. MANCINI, P. J. P. & FERREIRA, J. F. Cartas do município de São Carlos In: Legislação Ambiental do Município de São Carlos e Pareceres do COMDEMA – SC. Meio Digital.

SÉ, J. A. S. 1992. **O Rio Monjolinho e sua Bacia Hidrográfica como Integradores de Sistemas Ecológicos**. 381 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

SILVA, A. C.; BATTISTELLE, R. A. C.; CABRAL, N. R. A. J. 2000. Clima. In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDÓN, M. M. **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho**. RiMa Editora, São Carlos. p. 60-76.

- SIOLI, H. 1975. **Tropical Rivers as Expression of their Terrestrial Environments. Tropical Ecological Systems/Trends in Terrestrial and Aquatic Research.** New York City: Springer – Verla, p. 275-288.
- SOUZA, M. G. M. 2002. **Varição da comunidade de Diatomáceas Epilíticas ao Longo de um Rio Impactado no Município de São Carlos – SP e sua Relação com Variáveis Físicas e Químicas.** Tese (Doutorado). CCBS- Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. 168 p.
- STEVENSON, R. J.; BOTHTHWEL, M. L.; LOWE, R. L. 1996. **Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems.** Academic Press, 752 pp.
- STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Bel. Can.*, vol 125, 1-185p.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução à Sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blucher. 317 p.
- SURIANO, M. T.; FONSECA-GESSNER, A. A.; ROQUE, F. O.; FROEHLICH, C. G. 2010. Choice of macroinvertebrate metrics to evaluate stream conditions in Atlantic Forest, Brazil. *Environ. Monit. Ass.* DOI 10.1007/s10661-010-1495-3.
- SUTTON, M. A.; OENEMA, O.; ERISMAN, J. W.; LEIP, A.; VAN GRINSVEN, H.; WINIWARTER, W. 2011. Too much of a good thing. *Nature*. v. 472, p. 159–161 doi:10.1038/472159a
- TAYLOR, J. C.; HARDING, W. R.; ARCHIBALD, C. G. M. 2007. **An Illustrated Guide to some Common Diatom Species from South Africa.** 210p.
- TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. G.; KUTNER, M. B. 1965. Plankton studies in a mangrove IV: size fraction of phytoplankton. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, v. 26, p. 39-42.
- TRINDADE, M. **Nutrientes em Sedimentos da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina).** 1980. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 219p.

TUNDISI, J. G. 2003. **Água no século XXI** – Enfrentando a Escassez. São Carlos, RiMa, 248p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. 2008. **Limnologia**. 1ª. Ed. Oficina de Textos, São Paulo, 632p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). 2000. Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment Associated Contaminants with freshwater Invertebrates. 2<sup>nd</sup>. Ed. **EPA/600/R-99/064**.

VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural water. **Mar. Chem.**, v. 10, p. 109-122.

VAN DAM, H.; MERTENS, A.; SINKELDAM, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. **Aquat. Ecol.**, v. 28, p. 117-133.

VIANA, S. M. 2005. **Riqueza e Distribuição da Macrófitas Aquáticas no Rio Monjolinho e Tributários (São Carlos, SP) e Análise de sua Relação com as Variáveis Físicas e Químicas**. 135 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

WIEDERHOLM, T. 1980. Use of Benthos in the Lake Monitoring. **Journal Water Pollution Control**, v. 52, n. 3, p. 537-547.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI. 2006. **Ecotoxicologia aquática - princípios e aplicações**. Rima, São Carlos.

## Apêndices

Tabela 19. Uso e ocupação do solo na parte superior da Bacia do rio Monjolinho: % de agropecuária, % de área urbana, % de áreas naturais da área de drenagem de cada córrego afluente e % total da sub-bacia.

	Agropecuária (%)	Área urbana (%)	Áreas naturais (%)	Reflorestamento (%)
<b>Jatobá</b>	95,01	0,00	4,99	0,00
<b>Douradinho</b>	51,54	20,34	28,11	0,00
<b>São Rafael</b>	33,60	42,48	23,91	0,00
<b>Cascavel</b>	94,37	0,00	5,63	0,00
<b>Ponte de Tábua</b>	28,40	63,69	7,91	0,00
<b>Martinha</b>	93,53	0,00	6,47	0,00
<b>Belvedere</b>	7,82	87,40	4,78	0,00
<b>Espraiado</b>	0,00	0,00	69,82	30,17
<b>Monjolinho sup.</b>	89,81	0,82	9,37	0,00
<b>Dois Portões</b>	83,58	0,00	16,42	0,00
<b>Áreas de drenagem direta no Monjolinho</b>	66,98	16,51	16,51	0,00
<b>Sub-bacia Monjolinho</b>	60,09	17,56	18,78	3,57

Tabela 20. Dia e horário da coleta, temperatura, valores de pH, condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e temperatura da água medidas por meio do multisensor “Water Checker – Modelo Horiba U-10” no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.

Ponto	Local	chuvoso		seco		OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )		Cond. ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )		pH		Temp. água	
		Dia	hora	Dia	hora	C	S	C	S	C	S	C	S
1	Monj sup	10/03/2010	13:50	27/08/2010	10:40	2,18	3,46	26,00	26,00	5,96	6,21	22,70	17,23
2	Jatobá	11/03/2010	12:00	27/08/2010	10:50	4,30	5,79	30,00	22,00	5,95	5,69	25,77	19,10
3	Douradinho	11/03/2010	11:35	27/08/2010	10:10	7,55	9,99	29,33	30,00	5,93	6,84	23,93	18,70
4	São Raf nasc	25/02/2010	10:35	27/08/2010	08:55	6,05	5,80	137,50	101,67	4,92	6,16	23,20	20,43
5	São Raffoz	11/03/2010	14:00	27/08/2010	09:37	5,80	8,56	52,00	35,67	6,04	6,70	24,70	16,10
6	Monj médio	10/03/2010	14:30	01/09/2010	13:10	6,21	6,44	28,00	26,00	5,76	6,29	24,50	21,77
7	Cascavel	11/03/2010	10:50	01/09/2010	10:50	8,26	7,18	19,00	15,00	5,89	6,14	22,10	19,20
8	Pte Táb nasc	10/03/2010	12:15	01/09/2010	14:10	6,97	5,59	43,00	41,00	6,20	6,24	23,00	21,70
9	Pte Táb foz	10/03/2010	11:28	01/09/2010	11:20	6,15	6,05	49,33	40,67	6,03	6,28	24,00	20,10
10	Martinha	11/03/2010	10:00	24/08/2010	16:35	8,01	8,27	14,00	12,00	5,81	5,73	23,60	20,20
11	Belv nasc	11/03/2010	14:35	01/09/2010	14:40	6,86	5,55	72,67	66,00	6,12	5,96	22,03	20,47
12	Belv foz	11/03/2010	09:30	24/08/2010	15:55	3,87	3,89	59,00	52,33	5,82	6,32	21,90	17,70
13	Monj inf	10/03/2010	10:10	24/08/2010	14:35	7,62	6,96	30,00	21,00	5,85	6,75	23,00	22,17
14	Espraiado I	11/03/2010	08:40	01/09/2010	09:40	6,58	5,56	6,67	9,33	5,41	5,27	18,80	16,30
15	Espraiado II	11/03/2010	08:00	01/09/2010	09:00	5,67	4,47	8,67	15,67	6,10	5,76	19,70	17,53
16	Captação	10/03/2010	10:40	24/08/2010	15:20	6,38	7,58	30	34,67	5,98	6,34	24,97	19,30

Tabela 21. Concentração de nitrito, nitrato, amônio e nitrogênio total, (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.

Pontos de coleta	Nitrito ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		Nitrato ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		Amônio ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		N Total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	
	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco
<b>Monjolinho sup</b>	4,61	1,95	91,54	12,68	50,08	116,93	206,46	233,85
<b>Jatobá</b>	0,41	0,53	8,90	0,40	11,99	40,75	205,15	620,67
<b>Douradinho</b>	1,89	1,55	82,10	50,93	87,39	42,30	235,81	147,10
<b>São Rafael Nasc</b>	2,51	1,38	2540,97	389,99	8,10	45,02	4163,31	819,62
<b>São Rafael Foz</b>	0,70	0,36	79,27	7,02	12,76	63,29	505,86	139,92
<b>Monjolinho Médio</b>	8,81	2,29	19,77	7,49	45,41	82,72	214,94	323,22
<b>Cascavel</b>	0,70	0,98	39,13	22,60	58,63	24,03	675,46	673,50
<b>Ponte Tábua nasc</b>	4,56	2,46	201,57	76,90	106,04	130,14	419,76	297,78
<b>Ponte Tabua foz</b>	173,81	3,08	485,85	22,60	507,16	242,86	1272,31	325,18
<b>Martinha</b>	0,75	4,44	11,74	7,49	28,31	42,30	244,29	61,65
<b>Belvedere nasc</b>	11,88	2,63	1398,19	256,49	60,96	38,42	1978,10	488,90
<b>Belvedere foz</b>	0,64	0,93	112,79	18,35	9,65	56,29	269,73	100,13
<b>Monjolinho inf</b>	0,81	4,39	25,43	48,10	25,98	115,37	221,46	184,28
<b>Espraiado I</b>	1,04	0,87	83,99	4,18	27,53	40,75	817,01	611,53
<b>Espraiado II</b>	10,29	0,87	114,68	7,49	8,10	37,64	1183,60	94,91
<b>Captação</b>	1,27	5,98	15,04	10,32	44,63	278,62	201,24	303,65

Tabela 22. Concentração de fósforo total, fosfato inorgânico, fosfato orgânico, fósforo total (em  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) nos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.

Pontos de coleta	Fosfato Total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		Fosfato Inorg ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		Fosfato Org ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )		Fósforo Total ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	
	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco
<b>Monj sup</b>	11,26	22,87	8,56	11,78	2,70	11,09	26,51	55,55
<b>Jatobá</b>	8,82	6,07	8,56	3,87	0,26	2,20	16,40	19,66
<b>Douradinho</b>	16,46	14,93	6,51	1,23	9,95	13,70	212,79	33,69
<b>São Rafael Nasc</b>	8,51	9,43	7,68	3,28	0,83	6,14	17,70	43,80
<b>São Rafael Foz</b>	32,04	12,79	5,04	3,58	27,00	9,21	95,35	82,62
<b>Monj Médio</b>	10,95	12,18	8,56	4,45	2,40	7,72	35,97	26,84
<b>Cascavel</b>	13,40	19,21	9,44	9,44	3,96	9,77	32,06	26,84
<b>Ponte Táb nasc</b>	14,93	10,95	9,15	3,87	5,78	7,09	34,34	17,38
<b>Ponte Tab foz</b>	27,76	69,93	10,32	46,09	17,44	23,85	84,25	87,19
<b>Martinha</b>	13,40	8,51	8,56	2,11	4,84	6,40	21,94	36,95
<b>Belvedere nasc</b>	14,01	16,76	8,85	8,56	5,16	8,20	20,97	20,97
<b>Belvedere foz</b>	14,01	22,57	7,09	16,77	6,92	5,80	17,05	38,91
<b>Monj inf</b>	12,18	9,73	7,97	5,63	4,20	4,10	21,29	20,64
<b>Espraiado I</b>	11,57	14,62	7,09	7,39	4,47	7,24	14,77	22,92
<b>Espraiado II</b>	16,46	11,87	10,32	9,44	6,14	2,43	33,04	26,51
<b>Captação</b>	20,73	20,43	8,56	13,84	12,17	6,59	34,34	50,98

Tabela 23. Concentração de material em suspensão total e seus constituintes matéria inorgânica e matéria orgânica (em mg L<sup>-1</sup>) coletados na água dos 16 pontos amostrados no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.

	chuvoso - 1ª coleta			seco - 2ª coleta		
	Mat. Inorg (mg L <sup>-1</sup> )	Mat. Org. (mg L <sup>-1</sup> )	M.S.T (mg L <sup>-1</sup> )	Mat. Inorg (mg L <sup>-1</sup> )	Mat. Org. (mg L <sup>-1</sup> )	M.S.T (mg L <sup>-1</sup> )
<b>Monjolinho sup</b>	1,18	2,35	3,53	0,71	3,53	4,24
<b>Jatobá</b>	0,59	1,18	1,76	1,20	1,80	3,00
<b>Douradinho</b>	590,37	127,78	718,15	1,90	0,90	2,80
<b>São Rafael Nasc</b>	0,56	2,22	2,78	0,00	0,00	0,00
<b>São Rafael Foz</b>	11,30	11,30	22,61	1,43	1,00	2,43
<b>Monjolinho Médio</b>	14,38	5,31	19,69	3,40	3,60	7,00
<b>Cascavel</b>	34,12	6,47	40,59	23,50	9,00	32,50
<b>Ponte Tábua nasc</b>	10,63	11,25	21,88	0,75	0,88	1,62
<b>Ponte Tabua foz</b>	1,25	3,75	5,00	0,14	2,14	2,29
<b>Martinha</b>	4,67	9,33	14,00	6,00	2,00	8,00
<b>Belvedere nasc</b>	11,60	8,40	20,00	1,75	1,62	3,37
<b>Belvedere foz</b>	1,85	2,96	4,81	4,86	2,14	7,00
<b>Monjolinho inf</b>	0,59	7,65	8,24	3,57	1,86	5,43
<b>Espraiado I</b>	3,60	7,20	10,80	0,00	1,14	1,14
<b>Espraiado II</b>	1,18	5,88	7,06	1,43	2,14	3,57
<b>Captação</b>	40,00	56,80	96,80	1,67	1,33	3,00

Tabela 24. Porcentagem de areia, silte e argila do sedimento dos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.

	% Total (período chuvoso)			% Total (período seco)		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
<b>Monjolinho sup</b>	92,54	2,49	4,98	95,87	0	4,13
<b>Jatobá</b>	95,31	0	4,69	62,8	14,88	22,32
<b>Douradinho</b>	98,01	0	2	97,89	0	2,12
<b>São Rafael Nasc</b>	84,3	4,49	11,22	82,78	4,92	12,3
<b>São Rafael Foz</b>	67,47	10,01	22,52	39,31	13,49	47,2
<b>Monjolinho Médio</b>	84,03	5,32	10,65	35,54	21,49	42,97
<b>Cascavel</b>	74,08	2,59	23,33	88,31	3,9	7,79
<b>Ponte Tábua nasc</b>	98,12	0	1,88	98,1	0	1,91
<b>Ponte Tabua foz</b>	94,91	1,7	3,39	97,58	0	2,42
<b>Martinha</b>	93,01	2,33	4,66	86,63	2,67	10,7
<b>Belvedere nasc</b>	96,31	0	3,69	95,48	0	4,51
<b>Belvedere foz</b>	77,25	4,55	18,2	55,14	12,23	32,63
<b>Monjolinho inf</b>	97,95	0	2,06	95,93	0	4,07
<b>Espraiado I</b>	98,03	0	1,97	98,33	0	1,67
<b>Espraiado II</b>	97,55	0	2,45	98	0	2
<b>Captação</b>	12,93	37,31	49,75	17,23	34,08	48,69

**Tabela 25. Concentração de nitrogênio total (em mg kg<sup>-1</sup>) e Fósforo total (em mg kg<sup>-1</sup>) no sedimento dos 16 pontos amostrados, no período chuvoso (março) e seco (agosto/setembro) de 2010.**

Pontos de coleta	N. Total (mg kg <sup>-1</sup> )		P Total ( mg kg <sup>-1</sup> )	
	chuvoso	seco	chuvoso	seco
<b>Monjolinho sup</b>	46,67	46,67	13,30	3,78
<b>Jatobá</b>	46,67	74,67	2,09	2,88
<b>Douradinho</b>	35,00	28,00	1,46	0,49
<b>São Rafael Nasc</b>	23,33	37,33	0,78	0,49
<b>São Rafael Foz</b>	39,67	140,00	15,23	1,77
<b>Monjolinho Médio</b>	84,00	56,00	10,86	0,31
<b>Cascavel</b>	70,00	93,33	7,79	1,69
<b>Ponte Tábua nasc</b>	35,00	37,33	1,09	0,41
<b>Ponte Tabua foz</b>	39,67	46,67	2,84	0,68
<b>Martinha</b>	39,67	65,33	2,84	0,87
<b>Belvedere nasc</b>	46,67	37,33	1,32	0,33
<b>Belvedere foz</b>	46,67	1241,33	17,30	1,49
<b>Monjolinho inf</b>	23,33	37,33	2,87	0,76
<b>Espraiado I</b>	23,33	28,00	0,82	2,65
<b>Espraiado II</b>	30,33	37,33	0,92	2,12
<b>Captação</b>	233,33	448,00	39,64	3,18

Tabela 26. Testes de sensibilidade: percentagem de imobilidade e valores de CE50-48h para o dafínídeo *Ceriodaphnia silvestrii* (Crustacea, Cladocera) expostos a diferentes concentrações de NaCl, e valores de pH e dureza monitorados no início e final dos testes.

<b>Teste de sensibilidade 1</b>											
<b>Início</b>		26/04/2010	14:05	<b>Término</b>							28/04/2010 14:10
organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Características					
						pH		Dureza			
(g L <sup>-1</sup> )	1	2	3	4	total	% imob	i	f	i	f	
Controle	0	0	2	1	3	15	7,33	7,5	46	-	
0,6	0	1	1	1	3	15	7,37	7,47	48	-	
1	3	5	5	3	16	80	7,35	7,45	48	-	
1,3	4	2	1	5	12	60	7,39	7,46	46	-	
1,6	4	3	5	4	16	80	7,37	7,44	48	-	
2,2	5	5	5	5	20	100	7,34	7,43	46	-	
<b>CE-50/48h</b>				<b>1,03 g L<sup>-1</sup> (IC 95% 0,92 - 1,14)</b>							
<b>Teste de sensibilidade 2</b>											
<b>Início:</b>		30/4	17:30-17:50	<b>Término:</b>							02/05 17:00
organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Características					
						pH		Dureza			
(g L <sup>-1</sup> )	1	2	3	4	total	% imob	i	f	i	f	
Controle	0	0	0	0	0	0	7,56	7,47	46	-	
0,6	0	0	1	1	2	10	7,32	7,5	46	-	
1	2	3	3	2	10	50	7,36	7,51	48	-	
1,3	2	5	2	4	13	65	7,35	7,52	48	-	
1,6	5	5	5	4	19	95	7,35	7,51	46	-	
2,2	5	5	5	5	20	100	7,33	7,48	46	-	
<b>CE-50/48h</b>				<b>1,01 g L<sup>-1</sup> (IC 95%: 0,88 - 1,15)</b>							
<b>Teste de sensibilidade 3</b>											
<b>Início</b>		28/9	17:00	<b>Término:</b>							30/09 18:00
organismo-teste: <i>Ceriodaphnia silvestrii</i>						Características					
						pH		Dureza			
(g L <sup>-1</sup> )	1	2	3	4	total	% imob	i	f	i	f	
Controle	1	0	0	0	1	5	7,36	7,48	46	-	
0,6	1	1	0	0	2	10	6,27	6,88	40	-	
1	4	4	3	2	13	65	6,41	6,89	40	-	
1,3	0	2	2	2	6	30	7,08	7,32	40	-	
1,6	3	1	1	3	8	40	7,31	7,42	40	-	
2,2	5	5	5	5	20	100	7,29	7,42	48	-	
<b>CE-50/48h</b>				<b>1,22 g L<sup>-1</sup> (IC 95%: 1,06 - 1,40)</b>							

Tabela 27. Percentagem de imobilidade e valores de CE50-96h para o anfípoda *Hyalella meinerti* expostos à  $\text{CuSO}_4$  e valores de pH e dureza monitorados durante os testes de sensibilidade.

<b>Teste preliminar: 48h</b>		<b>Início</b>	12/12/2009	14:14		
		<b>Término</b>	14/12/2009	14:40		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>			<b>Características</b>			
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,41	7,6	48	48
0,01	0/10	0	7,53	7,62	48	50
0,1	0/10	0	7,49	7,69	48	50
1	9/10	90	7,43	7,6	200	200
3	10/10	100	7,31	7,57	250	250
10	10/10	100	6,98	7,47	*	*
30	10/10	100	6,44	7,31	*	*

**CL 50/48h: 0,37 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,27-0,52)**

<b>Teste 1: 96h</b>		<b>Início</b>	25/01/2010	18:10	<b>Término:</b>	29/01/2010 18:00
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>			<b>Características</b>			
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,46	7,5	46	48
0,1	0/10	0	7,6	7,52	48	56
0,5	1/10	10	7,55	7,57	100	100
1	6/10	60	7,68	7,58	200	200
1,5	8/10	80	7,78	7,59	220	224
3	10/10	100	7,66	7,55	240	250

**CL 50:96h 0,88 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,64-1,19)**

<b>Teste 2: 96h</b>		<b>Início</b>	14/03/2010	16:52	<b>Término</b>	18/03/2010
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>			<b>Características</b>			
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,41	7,4	46	48
0,1	0/10	0	7,33	7,46	75	56
0,5	5/10	50	7,43	7,43	115	115
1	7/10	70	7,41	7,45	200	220
1,5	10/10	100	7,41	7,42	220	230
3	10/10	100	7,35	7,46	250	250

**CL 50:96h 0,52 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,31-0,87)**

Tabela 27. Continuação

<b>Teste 3: 96h</b>		<b>Início</b>	14/03/2010	16:40		
		<b>Término</b>	18/03/2010	16:20		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,41	7,4	46	48
0,1	1/10	10	7,33	7,46	75	56
0,5	4/10	40	7,43	7,43	115	115
1	7/10	70	7,41	7,45	200	220
1,5	10/10	100	7,41	7,42	220	230
3	10/10	100	7,35	7,46	250	250
<b>CL 50:96h 0,47 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,32-0,7)</b>						
<b>Teste 4: 96h</b>		<b>Início</b>	08/04/2010	17:00		
		<b>Término</b>	12/04/2010	16:45		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,3	7,44	46	48
0,1	0/10	0	7,39	7,55	48	48
0,5	5/10	50	7,45	7,57	48	58
1	9/10	90	7,42	7,57	50	60
1,5	10/10	100	7,4	7,52	50	60
3	9/10	90	7,33	7,67	50	64
<b>CL 50:96h 0,43 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,28 - 0,65)</b>						
<b>Teste 5: 96h</b>		<b>Início</b>	08/04/2010	17:00	<b>Término: 12/04/2010</b>	
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,3	7,44	46	48
0,1	0/10	0	7,39	7,55	48	48
0,5	5/10	50	7,45	7,57	48	58
1	9/10	90	7,42	7,57	200	230
1,5	9/10	90	7,4	7,52	250	230
3	10/10	100	7,33	7,67	300	250
<b>CL 50:96h 0,44 mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub> (IC 95% 0,30 - 0,66)</b>						

Tabela 27. Continuação

<b>Teste 6: 96h</b>		<b>Início</b>	30/04/2010	19:38		
		<b>Término</b>	02/05/2010	19:00		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,35	7,55	48	52
0,1	0/10	0	7,35	7,53	50	50
0,5	3/10	30	7,32	7,54	48	52
1	6/10	60	7,3	7,51	54	54
1,5	9/10	90	7,25	7,51	52	55
3	10/10	100	7,16	7,51	52	65
<b>CL 50:96h</b>	<b>0,66</b>	<b>mg L<sup>-1</sup> CuSO4</b>	<b>(IC 95% 0,45 - 0,97)</b>			

<b>Teste 7: 96h</b>		<b>Início</b>	17/05/2010	15:15		
		<b>Término</b>	21/05/2010	15:40		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,39	7,26	46	44
0,1	1/10	10	7,43	7,35	44	46
0,5	2/10	20	7,44	7,37	46	46
1	9/10	90	7,36	7,39	52	48
1,5	10/10	100	7,35	7,39	60	48
3	10/10	100	7,22	7,34	68	50
<b>CL 50:96h</b>	<b>0,61</b>	<b>mg L<sup>-1</sup> CuSO4</b>	<b>(IC 95% 0,40 - 0,93)</b>			

<b>Teste 8: 96h</b>		<b>Início</b>	25/05/2010	17:50		
		<b>Término</b>	29/05/2010	16:56-17:14		
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>				<b>Características</b>		
<b>Concentração (g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
			<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,4	7,88	46	48
0,1	1/10	10	7,4	7,94	46	48
0,5	1/10	10	7,37	7,82	47	50
1	10/10	100	7,34	7,91	48	50
1,5	9/10	90	7,32	7,93	48	54
3	10/10	100	7,21	7,81	50	52
<b>CL 50:96h</b>	<b>0,69</b>	<b>mg L<sup>-1</sup> CuSO4</b>	<b>(IC 95% 0,63 - 0,76)</b>			

**Tabela 27.**  
**Continuação**

<b>Teste 9: 96h</b>	<b>Início</b>	25/set	14:20			
	<b>Término</b>	27/set	14:00			
organismo-teste: <i>Hyalella meinerti</i>			<b>Características</b>			
<b>Concentração</b>			<b>pH</b>		<b>Dureza</b>	
<b>(g L<sup>-1</sup>)</b>	<b>imobilidade</b>	<b>imobilidade (%)</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>	<b>inicial</b>	<b>final</b>
Controle	0/10	0	7,57	7,58	44	62
0,1	0/10	0	7,52	7,61	46	64
0,5	2/10	20	7,49	7,65	48	90
1	6/10	60	7,45	7,59	48	58
1,5	9/10	90	7,37	7,64	50	58
3	10/10	100	7,34	7,62	50	70
<b>CL 50:96h</b>	<b>0,74</b>	<b>mg L<sup>-1</sup> CuSO<sub>4</sub></b>	<b>(IC 95% 0,52 - 1,05)</b>			

**Tabela 28. Valores de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ ) da durante a realização dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos de coleta. Coleta referente ao período chuvoso (março de 2010).**

Início	01/05/2010		hora 12:40																									
fim	11/05/2010		hora 13:10																									
<b>Teste 1</b>	01/mai		2/5		03/mai		4/5		05/mai		6/5		07/mai		10/mai		11/mai											
	dia 0		dia 1		dia 2		dia 3		dia 4		dia 5		dia 6		dia 9		dia 10											
<b>Pontos</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	<b>O.D.</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	<b>O.D.</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	<b>O.D.</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b>	<b>O.D.</b>	<b>Dureza</b>	
	$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$		$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$		$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$		$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$	$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$	$\mu\text{S/cm}$	$\text{mg/L}$	$\text{mg CaCO}_3/\text{L}$	$\text{mg/L}$	
<b>C 1</b>	7,43	132,4	5,32	-	6,06	7,5	151,4	5,54	46	4,89	7,35	165,7	5,02	50	4,68	7,13	160,2	4,11	48	7,39	169,5	5,25	52	7,03	160,5	6,35	48	
<b>C 2</b>	7,43	132,4	5,37	-	5,31	-	-	-	-	4,13	-	-	-	-	4,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,14	156,6	6,13	50
<b>C 3</b>	7,43	132,4	5,2	-	5,43	-	-	-	-	4,8	-	-	-	-	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,04	156,6	6,5	50
<b>C 4</b>	7,43	132,4	5,45	-	5,36	-	-	-	-	4,68	-	-	-	-	4,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,14	161,2	6,7	50
<b>Média</b>	7,43	132,4	5,34	-	5,54	-	-	-	-	4,63	-	-	-	-	4,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,09	158,73	6,42	49,50
<b>Desv pad</b>	0	0	0,10	-	0,35	-	-	-	-	0,34	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06	2,47	0,24	1,00
<b>Captação 1</b>	6,47	120,1	3,72	-	4,79	6,63	103,2	5,08	36	3,7	6,59	120	4,65	24	3,82	6,28	123,2	4,15	25	5,94	108,8	4,7	28	6,1	-	-	-	
<b>Captação 2</b>	6,25	110,4	4,47	-	4,74	-	-	-	-	3,74	-	-	-	-	3,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,04	100,9	5,57	26
<b>Captação 3</b>	6,19	110	4,09	-	5,14	-	-	-	-	3,42	-	-	-	-	3,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,34	105,9	5,76	28
<b>Captação 4</b>	6,43	108,8	4,71	-	4,35	-	-	-	-	3,52	-	-	-	-	3,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,19	104,6	5,57	30
<b>Média</b>	6,34	112,33	4,25	-	4,76	-	-	-	-	3,60	-	-	-	-	3,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,17	103,80	5,63	28,00
<b>Desv pad</b>	0,14	5,23	0,43	-	0,32	-	-	-	-	0,15	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13	2,59	0,11	2,00
<b>Monj sup 1</b>	6,76	149,6	4,44	-	4,64	7,26	162,9	4,86	52	3,57	7,16	172	4,74	68	4,11	7,13	180	4,57	74	7,51	186,1	5,06	74	7,33	187,9	5,29	88	
<b>Monj sup 2</b>	6,88	141,2	4,65	-	4,91	-	-	-	-	3,62	-	-	-	-	3,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,99	157,6	5,29	64
<b>Monj sup 3</b>	6,9	142,8	4,95	-	4,44	-	-	-	-	3,95	-	-	-	-	3,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,02	160,2	5,19	68
<b>Monj sup 4</b>	6,93	141	4,51	-	4,78	-	-	-	-	3,9	-	-	-	-	3,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,99	161,8	5,08	66
<b>Média</b>	6,87	143,65	4,64	-	4,69	-	-	-	-	3,76	-	-	-	-	3,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,08	166,88	5,21	71,50
<b>Desv pad</b>	0,07	4,05	0,23	-	0,20	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	14,12	0,10	11,12
<b>Monj inf 1</b>	5,88	115,5	3,61	-	4,52	6,5	111,9	4,8	32	3,73	6,62	138,8	4,84	42	4,21	6,47	139	4,08	42	6,82	141,1	5,36	42	6,75	130,2	5,85	42	
<b>Monj inf 2</b>	6,06	113,1	3,57	-	4,47	-	-	-	-	4,2	-	-	-	-	3,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,53	132,6	5,33	42
<b>Monj inf 3</b>	6,09	115,2	3,87	-	4,48	-	-	-	-	4,01	-	-	-	-	4,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,35	134,7	5,2	45
<b>Monj inf 4</b>	6,07	117	3,5	-	4,49	-	-	-	-	3,93	-	-	-	-	3,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,56	130,3	5,25	44
<b>Média</b>	6,03	115,20	3,64	-	4,49	-	-	-	-	3,97	-	-	-	-	4,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,55	131,95	5,41	43,25
<b>Desv pad</b>	0,10	1,61	0,16	-	0,02	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	2,14	0,30	1,50
<b>São Raf nasc 1</b>	6,79	116,5	5,68	-	4,84	6,7	106,8	4,96	22	3,51	6,71	128,6	4,89	36	3,73	6,64	133,7	4,16	38	6,85	145,5	5,65	40	6,59	127,2	5,69	42	
<b>São Raf nasc 2</b>	6,42	115,7	5,36	-	4,9	-	-	-	-	3,57	-	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,63	136,1	5,77	42
<b>São Raf nasc 3</b>	6,54	104,2	5,35	-	4,84	-	-	-	-	3,67	-	-	-	-	3,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,68	132,1	6,14	42
<b>São Raf nasc 4</b>	6,62	105,2	5,23	-	4,65	-	-	-	-	3,66	-	-	-	-	3,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,57	133	5,44	40
<b>Média</b>	6,59	110,40	5,41	-	4,81	-	-	-	-	3,60	-	-	-	-	3,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,62	132,10	5,76	41,50
<b>Desv pad</b>	0,16	6,60	0,19	-	0,11	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	3,69	0,29	1,00

Tabel 28. Continuação

Início dia 18/05 16:00-17:30																																								
Fim dia 28/05 17:15																																								
Teste 2	18/mai dia 0				19/mai dia 1				20/mai dia 2				21/mai dia 3				22/mai dia 4				24/mai dia 6				dia 7				dia 8				dia 9				dia 10			
Pontos	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.	pH	Condut	O.D.	Dureza	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.	pH	Condut	O.D.	Dureza	O.D.						
	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L	mg/L	μS/cm	mg/L	ig CaCO <sub>3</sub>	mg/L		
Controle 1	7,36	123,90	7,14	-	6,91	-	-	-	-	6,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,11	-	-	-	-	6,69	7,27	135,30	6,03	46											
Controle 2	7,36	123,20	6,91	-	6,70	-	-	-	-	6,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,35	7,19	140,70	5,97	45																
Controle 3	7,36	123,20	6,65	-	6,78	-	-	-	-	6,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,43	-	-	-	6,01	7,15	140,70	6,04	48												
Controle 4	7,36	123,20	6,71	-	7,32	-	-	-	-	6,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,91	-	-	-	5,80	7,14	142,70	6,40	46												
Média	<b>7,36</b>	<b>123,38</b>	<b>6,85</b>	-	<b>6,93</b>	<b>7,44</b>	<b>140,40</b>	<b>7,13</b>	<b>45</b>	<b>6,43</b>	<b>7,28</b>	<b>143,50</b>	<b>5,79</b>	<b>46</b>	<b>7,38</b>	<b>151,30</b>	<b>6,91</b>	<b>44</b>	<b>5,69</b>	<b>7,26</b>	<b>147,60</b>	<b>7,11</b>	<b>43</b>	<b>6,21</b>	<b>7,19</b>	<b>139,85</b>	<b>6,11</b>	<b>46,25</b>												
Desv pad	0,00	0,35	0,22	-	0,28	-	-	-	-	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	-	-	-	0,39	0,06	3,18	0,20	1,26												
Espraiado 1	6,21	94,40	6,33	-	5,73	-	-	-	-	5,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,52	-	-	-	5,84	6,74	116,80	6,22	26												
Espraiado 2	6,33	96,80	6,36	-	5,95	-	-	-	-	5,96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,41	-	-	-	5,78	6,72	116,90	6,08	-												
Espraiado 3	6,38	96,60	6,37	-	5,62	-	-	-	-	5,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,24	-	-	-	5,76	6,66	118,60	6,17	28												
Espraiado 4	6,24	93,60	6,25	-	5,39	-	-	-	-	5,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,19	-	-	-	5,57	6,46	112,90	5,84	22												
Média	<b>6,29</b>	<b>95,35</b>	<b>6,33</b>	-	<b>5,67</b>	<b>6,69</b>	<b>91,60</b>	<b>6,71</b>	<b>18</b>	<b>5,61</b>	<b>6,76</b>	<b>106,00</b>	<b>6,29</b>	<b>22</b>	<b>6,92</b>	<b>108,30</b>	<b>6,54</b>	<b>20</b>	<b>5,34</b>	<b>6,53</b>	<b>112,00</b>	<b>7,08</b>	<b>22</b>	<b>5,74</b>	<b>6,65</b>	<b>116,30</b>	<b>6,08</b>	<b>25,33</b>												
Desv pad	0,08	1,59	0,05	-	0,23	-	-	-	-	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	-	0,12	0,13	2,41	0,17	3,06												
Cascavel 1	5,74	83,10	5,74	-	5,52	-	-	-	-	5,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,43	-	-	-	5,40	6,26	104,40	5,79	-												
Cascavel 2	6,05	92,90	5,69	-	5,61	-	-	-	-	5,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,60	-	-	-	5,99	6,31	103,90	5,45	26												
Cascavel 3	6,05	93,20	5,54	-	5,37	-	-	-	-	4,88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,12	-	-	-	5,02	6,10	104,60	5,84	-												
Cascavel 4	5,95	90,00	5,49	-	5,53	-	-	-	-	5,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,46	-	-	-	5,15	6,16	104,10	-	26												
Média	<b>5,95</b>	<b>89,80</b>	<b>5,62</b>	-	<b>5,51</b>	<b>6,43</b>	<b>75,80</b>	<b>6,96</b>	<b>16</b>	<b>5,19</b>	<b>6,47</b>	<b>89,90</b>	<b>6,19</b>	<b>20</b>	<b>6,65</b>	<b>95,70</b>	<b>6,23</b>	<b>20</b>	<b>5,40</b>	<b>6,32</b>	<b>100,60</b>	<b>7,22</b>	<b>22</b>	<b>5,39</b>	<b>6,21</b>	<b>104,25</b>	<b>5,69</b>	<b>26</b>												
Desv pad	0,15	4,69	0,12	-	0,10	-	-	-	-	0,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	0,43	0,09	0,31	0,21	0,00												
Pte tábua nasc. 1	7,00	114,00	5,87	-	4,62	-	-	-	-	5,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,63	-	-	-	6,04	6,74	135,50	5,70	-												
Pte tábua nasc. 2	6,84	114,30	5,86	-	4,92	-	-	-	-	5,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,69	-	-	-	6,56	6,60	133,10	6,63	44												
Pte tábua nasc. 3	6,87	112,50	5,65	-	4,83	-	-	-	-	5,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,50	-	-	-	6,01	6,65	130,40	6,04	46												
Pte tábua nasc. 4	6,71	107,70	5,33	-	4,87	-	-	-	-	5,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,32	-	-	-	5,77	6,61	129,50	5,80	44												
Média	<b>6,86</b>	<b>112,13</b>	<b>5,68</b>	-	<b>4,81</b>	<b>7,25</b>	<b>112,70</b>	<b>7,01</b>	<b>36</b>	<b>5,61</b>	<b>7,19</b>	<b>128,10</b>	<b>6,30</b>	<b>38</b>	<b>7,02</b>	<b>131,60</b>	<b>6,18</b>	<b>42</b>	<b>5,54</b>	<b>6,46</b>	<b>128,10</b>	<b>6,94</b>	<b>42</b>	<b>6,10</b>	<b>6,65</b>	<b>132,13</b>	<b>6,04</b>	<b>44,67</b>												
Desv pad	0,12	3,05	0,25	-	0,13	-	-	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	-	-	-	0,33	0,06	2,72	0,42	1,15												
Pte Tábua foz 1	6,23	104,50	5,54	-	4,97	-	-	-	-	6,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,54	-	-	-	5,77	6,73	122,30	6,47	38												
Pte Tábua foz 2	6,51	105,30	5,57	-	5,24	-	-	-	-	5,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,13	-	-	-	5,33	6,63	122,30	5,49	40												
Pte Tábua foz 3	6,63	103,00	5,77	-	4,75	-	-	-	-	5,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,08	-	-	-	5,27	6,85	123,20	5,50	46												
Pte Tábua foz 4	6,53	103,00	5,69	-	5,13	-	-	-	-	5,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,19	-	-	-	5,37	6,43	125,00	5,54	40												
Média	<b>6,48</b>	<b>103,95</b>	<b>5,64</b>	-	<b>5,02</b>	<b>7,03</b>	<b>116,00</b>	<b>6,78</b>	<b>30</b>	<b>5,62</b>	<b>6,90</b>	<b>115,20</b>	<b>5,72</b>	<b>32</b>	<b>6,57</b>	<b>119,20</b>	<b>5,87</b>	<b>34</b>	<b>5,24</b>	<b>6,55</b>	<b>117,90</b>	<b>6,19</b>	<b>34</b>	<b>5,44</b>	<b>6,66</b>	<b>123,20</b>	<b>5,75</b>	<b>41</b>												
Desv pad	0,17	1,14	0,11	-	0,21	-	-	-	-	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,23	0,18	1,27	0,48	3,46												
Monj médio 1	6,18	109,40	5,18	-	4,39	-	-	-	-	6,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,28	-	-	-	5,49	6,39	127,00	5,66	44												
Monj médio 2	6,24	111,90	4,77	-	4,16	-	-	-	-	6,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,95	-	-	-	5,22	6,40	127,20	5,55	42												
Monj médio 3	6,23	113,00	4,64	-	4,69	-	-	-	-	6,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,84	-	-	-	5,95	6,45	132,20	5,03	46												
Monj médio 4	6,21	113,00	4,69	-	4,43	-	-	-	-	6,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,86	-	-	-	5,25	6,31	128,20	4,79	45												
Média	<b>6,22</b>	<b>111,83</b>	<b>4,82</b>	-	<b>4,42</b>	<b>6,99</b>	<b>121,20</b>	<b>6,53</b>	<b>36</b>	<b>6,25</b>	<b>7,02</b>	<b>126,90</b>	<b>5,89</b>	<b>40</b>	<b>6,57</b>	<b>128,40</b>	<b>5,68</b>	<b>42</b>	<b>4,98</b>	<b>6,88</b>	<b>128,60</b>	<b>6,99</b>	<b>40</b>	<b>5,48</b>	<b>6,39</b>	<b>128,65</b>	<b>5,26</b>	<b>44,25</b>												
Desv pad	0,03	1,70	0,25	-	0,22	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	-	-	-	0,34	0,06	2,42	0,42	1,71												
Martinha 1	6,40	101,90	5,36	-	5,43	-	-	-	-	5,79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,11	-	-	-	5,72	6,25	125,90	5,93	36												
Martinha 2	6,51	100,40	5,48	-	5,46	-	-	-	-	5,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,10	-	-	-	5,44	6,53	127,30	6,07	38												
Martinha 3	6,43	100,80	5,63	-	5,35	-	-	-	-	5,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,19	-	-	-	5,52	6,49	124,00	5,86	38												
Martinha 4	6,43	99,10	5,35	-	5,32	-	-	-	-	5,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,14	-	-	-	5,50	6,40	124,90	5,12	38												
Média	<b>6,44</b>	<b>100,55</b>	<b>5,46</b>	-	<b>5,39</b>	<b>6,93</b>	<b>95,20</b>	<b>6,32</b>	<b>18</b>	<b>5,62</b>	<b>6,96</b>	<b>116,00</b>	<b>5,53</b>	<b>32</b>	<b>6,75</b>	<b>118,70</b>	<b>5,54</b>	<b>30</b>	<b>5,14</b>	<b>6,53</b>	<b>121,70</b>	<b>6,49</b>	<b>32</b>	<b>5,55</b>	<b>6,42</b>	<b>125,53</b>	<b>5,75</b>	<b>37,5</b>												
Desv pad	0,05	1,16	0,13	-	0,07	-	-	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	0,12	0,12	1,42	0,43	1,00												

Tabela 28. Continuação

teste preparado dia 22/05 13:30-15:00  
 indução dos organismos dia 23/05 14:30 - 15:30  
 Fim dia 02/06 13:30

Teste 3	23/mai dia 0				24/mai dia 1				25/mai dia 2				26/mai dia 3				27/mai dia 4				29/mai dia 6				31/mai dia 8				01/jun dia 9				02/jun dia 10			
	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L	pH	Condut µS/cm	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	O.D. mg/L						
Controle 1	7,56	130,90	6,30	-	5,38	-	-	-	-	5,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,88	6,89	154,50	7,64	46											
Controle 2	-	130,20	5,30	-	5,87	-	-	-	-	5,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,84	7,03	151,40	7,48	46											
Controle 3	-	130,00	5,96	-	6,23	-	-	-	-	5,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,04	6,96	147,90	7,63	46											
Controle 4	-	130,10	6,00	-	5,80	-	-	-	-	6,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,09	7,01	144,70	7,26	48											
Média	<b>7,56</b>	<b>130,30</b>	<b>5,89</b>	-	<b>5,82</b>	<b>7,39</b>	<b>140,20</b>	<b>6,82</b>	<b>44</b>	<b>5,87</b>	<b>6,93</b>	<b>153,60</b>	<b>6,73</b>	<b>48</b>	<b>7,77</b>	<b>151,60</b>	<b>6,75</b>	<b>46</b>	<b>7,31</b>	<b>144,50</b>	<b>6,60</b>	<b>48</b>	<b>6,97</b>	<b>6,97</b>	<b>149,63</b>	<b>7,50</b>	<b>46,50</b>									
Desv pad	-	0,41	0,42	-	0,35	-	-	-	-	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,46	0,06	4,25	0,18	1,00											
Espraiado II 1	6,07	94,40	5,44	-	5,50	-	-	-	-	5,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,95	6,84	105,00	6,56	24											
Espraiado II 2	6,06	96,80	5,37	-	5,58	-	-	-	-	5,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,91	6,55	104,50	6,39	22											
Espraiado II 3	6,15	96,60	5,35	-	5,62	-	-	-	-	5,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,79	6,34	108,50	6,17	24											
Espraiado II 4	6,05	93,60	5,24	-	5,36	-	-	-	-	5,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,81	6,46	111,10	6,14	25											
Média	<b>6,08</b>	<b>95,35</b>	<b>5,35</b>	-	<b>5,52</b>	<b>6,62</b>	<b>91,80</b>	<b>5,79</b>	<b>22</b>	<b>5,52</b>	<b>6,10</b>	<b>109,70</b>	<b>6,98</b>	<b>20</b>	<b>7,06</b>	<b>109,20</b>	<b>6,91</b>	<b>21</b>	<b>6,42</b>	<b>106,10</b>	<b>6,35</b>	<b>21</b>	<b>5,87</b>	<b>6,55</b>	<b>107,28</b>	<b>6,32</b>	<b>23,75</b>									
Desv pad	0,05	1,59	0,08	-	0,11	-	-	-	-	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	0,21	3,11	0,20	1,26											
Jatobá 1	6,32	108,70	5,84	-	5,44	-	-	-	-	5,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,14	6,46	124,10	6,93	38											
Jatobá 2	6,38	109,50	5,38	-	5,62	-	-	-	-	5,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,96	6,74	118,80	6,96	38											
Jatobá 3	6,28	109,20	5,59	-	6,28	-	-	-	-	5,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,91	6,55	115,90	6,85	38											
Jatobá 4	6,44	110,00	5,30	-	5,80	-	-	-	-	5,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,73	6,45	119,60	6,39	38											
Média	<b>6,36</b>	<b>109,35</b>	<b>5,53</b>	-	<b>5,79</b>	<b>6,92</b>	<b>101,90</b>	<b>5,95</b>	<b>30</b>	<b>5,17</b>	<b>6,53</b>	<b>116,80</b>	<b>6,70</b>	<b>32,00</b>	<b>7,18</b>	<b>118,50</b>	<b>6,72</b>	<b>34</b>	<b>6,60</b>	<b>116,00</b>	<b>6,34</b>	<b>34</b>	<b>5,94</b>	<b>6,55</b>	<b>119,60</b>	<b>6,78</b>	<b>38,00</b>									
Desv pad	0,07	0,54	0,24	-	0,36	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,17	0,13	3,40	0,27	0,00											
Douradinho 1	6,96	116,80	5,90	-	5,04	-	-	-	-	5,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,89	6,65	135,00	6,88	48											
Douradinho 2	6,99	115,10	5,94	-	5,56	-	-	-	-	5,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,52	6,54	136,10	6,70	48											
Douradinho 3	6,98	107,40	5,91	-	5,50	-	-	-	-	5,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,28	6,75	134,10	6,76	50											
Douradinho 4	6,98	116,90	5,98	-	5,34	-	-	-	-	5,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,21	7,02	135,20	6,87	52											
Média	<b>6,98</b>	<b>114,05</b>	<b>5,93</b>	-	<b>5,36</b>	<b>7,15</b>	<b>120,60</b>	<b>5,72</b>	<b>39</b>	<b>5,42</b>	<b>6,77</b>	<b>137,80</b>	<b>6,60</b>	<b>46</b>	<b>7,39</b>	<b>140,10</b>	<b>6,59</b>	<b>44</b>	<b>6,93</b>	<b>133,50</b>	<b>6,34</b>	<b>44</b>	<b>5,98</b>	<b>6,74</b>	<b>135,10</b>	<b>6,80</b>	<b>49,50</b>									
Desv pad	0,01	4,51	0,04	-	0,23	-	-	-	-	0,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	0,21	0,82	0,09	1,91											
São Raf foz 1	6,30	108,40	5,41	-	5,41	-	-	-	-	5,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,16	6,72	120,20	6,84	40											
São Raf foz 2	6,29	108,90	5,43	-	5,31	-	-	-	-	4,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,10	6,59	118,20	6,72	38											
São Raf foz 3	6,17	105,80	5,34	-	5,18	-	-	-	-	5,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,05	6,45	119,60	6,52	40											
São Raf foz 4	6,20	106,50	5,38	-	5,19	-	-	-	-	5,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,08	6,31	119,00	6,33	40											
Média	<b>6,24</b>	<b>107,40</b>	<b>5,39</b>	-	<b>5,27</b>	<b>6,85</b>	<b>107,00</b>	<b>5,63</b>	<b>30</b>	<b>5,41</b>	<b>6,43</b>	<b>121,60</b>	<b>6,71</b>	<b>38</b>	<b>7,42</b>	<b>122,70</b>	<b>6,55</b>	<b>36</b>	<b>6,58</b>	<b>116,00</b>	<b>6,32</b>	<b>34</b>	<b>6,10</b>	<b>6,52</b>	<b>119,25</b>	<b>6,60</b>	<b>39,5</b>									
Desv pad	0,06	1,49	0,04	-	0,11	-	-	-	-	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,18	0,85	0,22	1,00											
Belv nasc 1	6,50	114,00	5,73	-	5,68	-	-	-	-	5,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,43	6,50	123,30	6,05	35											
Belv nasc 2	6,40	107,90	5,59	-	5,31	-	-	-	-	5,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,59	6,55	121,00	5,85	38											
Belv nasc 3	6,15	112,70	5,26	-	5,33	-	-	-	-	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,49	6,44	121,30	5,84	36											
Belv nasc 4	6,33	112,10	5,28	-	5,53	-	-	-	-	5,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,54	6,49	121,70	6,05	38											
Média	<b>6,35</b>	<b>111,68</b>	<b>5,47</b>	-	<b>5,46</b>	<b>6,82</b>	<b>107,40</b>	<b>5,67</b>	<b>28</b>	<b>5,22</b>	<b>6,87</b>	<b>123,20</b>	<b>6,40</b>	<b>34</b>	<b>7,55</b>	<b>124,60</b>	<b>6,59</b>	<b>34</b>	<b>6,56</b>	<b>120,10</b>	<b>6,06</b>	<b>34</b>	<b>5,51</b>	<b>6,50</b>	<b>121,83</b>	<b>5,95</b>	<b>36,75</b>									
Desv pad	0,15	2,64	0,23	-	0,18	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,05	1,02	0,12	1,50											
Belv foz 1	6,57	122,50	5,78	-	5,37	-	-	-	-	5,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,45	6,77	140,40	6,11	50											
Belv foz 2	6,62	122,70	5,44	-	5,33	-	-	-	-	5,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,41	6,76	139,50	5,79	50											
Belv foz 3	6,66	121,40	5,48	-	5,26	-	-	-	-	5,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,58	6,65	140,00	6,19	52											
Belv foz 4	6,63	123,20	4,97	-	5,29	-	-	-	-	5,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,36	6,78	136,30	5,71	50											
Média	<b>6,62</b>	<b>122,45</b>	<b>5,42</b>	-	<b>5,31</b>	<b>7,20</b>	<b>131,10</b>	<b>5,47</b>	<b>44</b>	<b>5,15</b>	<b>7,17</b>	<b>136,80</b>	<b>6,51</b>	<b>48</b>	<b>7,58</b>	<b>138,20</b>	<b>6,67</b>	<b>49</b>	<b>6,79</b>	<b>136,30</b>	<b>6,42</b>	<b>46</b>	<b>5,45</b>	<b>6,74</b>	<b>139,05</b>	<b>5,95</b>	<b>50,5</b>									
Desv pad	0,04	0,76	0,33	-	0,05	-	-	-	-	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,06	1,87	0,24	1,00											

Tabela 29. Valores de pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), concentração de Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e dureza ( $\text{mg CaCO}_3 \text{L}^{-1}$ ) da durante a realização dos testes de toxicidade do sedimento dos 16 pontos de coleta. Coleta referente ao período seco (agosto/setembro de 2010).

Início		28/09/2010 16:30																
fim		08/10/2010 16:40																
Teste 1	28/set dia 0			30/set dia 2				03/out dia 5				06/out dia 8			08/out dia 10			
Pontos	pH	Condut $\mu\text{S/cm}$	O.D. mg/L	pH	Condut $\mu\text{S/cm}$	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	pH	Condut $\mu\text{S/cm}$	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	pH	Condut $\mu\text{S/cm}$	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L	pH	Condut $\mu\text{S/cm}$	O.D. mg/L	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /L
C 1	7,39	143,5	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,16	147,7	5,94	49
C 2	7,39	143,5	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,05	155,3	5,81	48
C 3	7,39	143,5	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,15	151,4	5,9	-
C 4	7,39	143,5	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,13	154	5,85	48
<b>Média</b>	<b>7,39</b>	<b>143,50</b>	<b>7,02</b>	<b>7,04</b>	<b>150,10</b>	<b>5,47</b>	<b>46</b>	<b>7,22</b>	<b>156,60</b>	<b>4,67</b>	<b>46</b>	<b>7,33</b>	<b>154,70</b>	<b>45,00</b>	<b>7,12</b>	<b>152,10</b>	<b>5,88</b>	<b>48,33</b>
Desv pad	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,05</b>	<b>3,35</b>	<b>0,06</b>	<b>0,58</b>
Espraiado 1	6,43	116,5	5,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,84	138,4	6,38	-
Espraiado 2	6,63	111,7	5,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	138,5	6,02	-
Espraiado 3	6,55	110,7	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,68	137,2	5,68	-
Espraiado 4	6,53	106,2	5,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,78	140,3	5,54	-
<b>Média</b>	<b>6,54</b>	<b>111,28</b>	<b>5,40</b>	<b>6,64</b>	<b>111,70</b>	<b>5,18</b>	<b>24</b>	<b>6,96</b>	<b>131,00</b>	<b>5,49</b>	<b>22</b>	<b>7,10</b>	<b>125,90</b>	<b>21,00</b>	<b>6,75</b>	<b>138,60</b>	<b>5,91</b>	-
Desv pad	<b>0,08</b>	<b>4,23</b>	<b>0,10</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,07</b>	<b>1,28</b>	<b>0,38</b>	-
Captação 1	6,5	122,4	4,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	104,5	5,38	22
Captação 2	6,28	99,7	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,02	105,7	5,19	24
Captação 3	6,51	94,1	4,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,07	106,1	6,38	22
Captação 4	6,48	91,4	4,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,06	105,6	6,23	24
<b>Média</b>	<b>6,44</b>	<b>101,90</b>	<b>4,62</b>	<b>6,42</b>	<b>93,50</b>	<b>5,06</b>	<b>22</b>	<b>6,33</b>	<b>103,80</b>	<b>5,84</b>	<b>24</b>	<b>6,17</b>	<b>104,50</b>	<b>14,00</b>	<b>6,01</b>	<b>105,48</b>	<b>5,80</b>	<b>23,00</b>
Desv pad	<b>0,11</b>	<b>14,10</b>	<b>0,17</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,08</b>	<b>0,68</b>	<b>0,60</b>	<b>1,15</b>
Douradinho 1	6,81	123,2	5,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,72	140,1	5,41	44
Douradinho 2	6,79	123,2	5,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,87	139,8	5,46	46
Douradinho 3	6,8	124,6	5,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,69	137,1	5,3	44
Douradinho 4	6,91	123,4	5,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,71	141	5,5	50
<b>Média</b>	<b>6,83</b>	<b>123,60</b>	<b>5,56</b>	<b>6,94</b>	<b>135,80</b>	<b>5,52</b>	<b>42</b>	<b>7,05</b>	<b>142,80</b>	<b>5,73</b>	<b>44</b>	<b>7,15</b>	<b>143,70</b>	<b>44,00</b>	<b>6,75</b>	<b>139,50</b>	<b>5,42</b>	<b>46,00</b>
Desv pad	<b>0,06</b>	<b>0,67</b>	<b>0,08</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,08</b>	<b>1,68</b>	<b>0,09</b>	<b>2,83</b>
Pte Tábua foz 1	7,16	121,2	5,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	135,6	5,53	44
Pte Tábua foz 2	7,18	121,4	5,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,82	139,1	5,65	46
Pte Tábua foz 3	7,12	119,9	6,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,84	139,6	5,69	45
Pte Tábua foz 4	7,12	118,3	5,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	137,1	5,8	45
<b>Média</b>	<b>7,15</b>	<b>120,20</b>	<b>5,93</b>	<b>6,89</b>	<b>129,50</b>	<b>5,46</b>	<b>40</b>	<b>7,15</b>	<b>142,70</b>	<b>4,53</b>	<b>32</b>	<b>7,07</b>	<b>142,30</b>	<b>42,00</b>	<b>6,84</b>	<b>137,85</b>	<b>5,67</b>	<b>45,00</b>
Desv pad	<b>0,03</b>	<b>1,43</b>	<b>0,09</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,04</b>	<b>1,85</b>	<b>0,11</b>	<b>0,82</b>
Martinha 1	6,17	100,3	4,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,55	119,2	5,77	30
Martinha 2	6,18	105,1	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,63	127	5,57	30
Martinha 3	6,35	104,4	4,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,35	118	5,65	30
Martinha 4	6,31	103,1	4,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,34	114,6	5,64	30
<b>Média</b>	<b>6,2525</b>	<b>103,23</b>	<b>4,55</b>	<b>6,34</b>	<b>100,3</b>	<b>5,27</b>	<b>28</b>	<b>6,79</b>	<b>109,9</b>	<b>6,15</b>	<b>26</b>	<b>6,88</b>	<b>118,7</b>	<b>14</b>	<b>6,47</b>	<b>119,70</b>	<b>5,66</b>	<b>30,00</b>
Desv pad	<b>0,09</b>	<b>2,12</b>	<b>0,19</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,15</b>	<b>5,24</b>	<b>0,08</b>	<b>0,00</b>
Cascavel 1	5,84	92,50	4,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,10	97,20	6,04	18,00
Cascavel 2	5,93	94,2	4,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,05	94,9	5,05	16
Cascavel 3	5,98	96,1	4,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,15	97,6	5,47	16
Cascavel 4	5,85	90,3	4,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,18	97,7	5,74	17
<b>Média</b>	<b>5,90</b>	<b>93,28</b>	<b>4,53</b>	<b>5,81</b>	<b>70,90</b>	<b>5,28</b>	<b>16</b>	<b>6,21</b>	<b>82,90</b>	<b>5,23</b>	<b>14</b>	<b>6,51</b>	<b>93,80</b>	<b>12,00</b>	<b>6,12</b>	<b>96,85</b>	<b>5,58</b>	<b>16,75</b>
Desv pad	<b>0,07</b>	<b>2,47</b>	<b>0,08</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,06</b>	<b>1,32</b>	<b>0,42</b>	<b>0,96</b>

Tabela 29. Continuação

Início	01/10/2010	17:00														
fim	11/10/2010	16:00														
<b>Teste 1</b>	01/out dia 0	03/out dia 2			06/out dia 5			09/out dia 8			08/out dia 10					
<b>Pontos</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b> µS/cm	<b>O.D.</b> mg/L	<b>pH</b>	<b>Condut</b> µS/cm	<b>O.D.</b> mg/L	<b>Dureza</b> µg CaCO <sub>3</sub> /L	<b>pH</b>	<b>Condut</b> µS/cm	<b>Dureza</b> µg CaCO <sub>3</sub> /L	<b>pH</b>	<b>Condut</b> µS/cm	<b>O.D.</b> mg/L	<b>Dureza</b> µg CaCO <sub>3</sub> /L	<b>pH</b>	<b>Condut</b> µS/cm
C 1	7,45	133,7	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,28	164,2
C 2	7,45	133,7	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,17	156,7
C 3	7,45	133,7	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,43	157,5
C 4	7,45	133,7	7,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,28	152,5
<b>Média</b>	<b>7,45</b>	<b>133,70</b>	<b>7,02</b>	<b>7,04</b>	<b>150,10</b>	<b>5,47</b>	<b>46</b>	<b>7,41</b>	<b>156,60</b>	<b>48</b>	<b>7,31</b>	<b>161,00</b>	<b>6,38</b>	<b>48</b>	<b>7,29</b>	<b>157,73</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,11</b>	<b>4,84</b>
Monj sup 1	7,18	171,5	4,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,22	167,8
Monj sup 2	7,19	175,9	4,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,39	182,9
Monj sup 3	7,23	171,5	4,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,35	175,9
Monj sup 4	7,14	166,8	4,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,33	189,9
<b>Média</b>	<b>7,19</b>	<b>171,43</b>	<b>4,33</b>	<b>7,32</b>	<b>214,00</b>	<b>6,36</b>	<b>92</b>	<b>7,68</b>	<b>214,00</b>	<b>88</b>	<b>7,23</b>	<b>197,80</b>	<b>5,55</b>	<b>88</b>	<b>7,32</b>	<b>179,13</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,04</b>	<b>3,72</b>	<b>0,16</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,07</b>	<b>9,47</b>
Monj médio 1	5,87	96,8	4,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,46	114
Monj médio 2	5,94	94,7	4,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,31	112,1
Monj médio 3	6,01	100	4,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,27	110,6
Monj médio 4	5,95	97,9	4,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,32	115,4
<b>Média</b>	<b>5,94</b>	<b>97,35</b>	<b>4,08</b>	<b>6,42</b>	<b>93,50</b>	<b>5,06</b>	<b>22</b>	<b>6,33</b>	<b>103,80</b>	<b>18</b>	<b>6,12</b>	<b>112,00</b>	<b>6,06</b>	<b>25</b>	<b>6,34</b>	<b>113,03</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,06</b>	<b>2,21</b>	<b>0,03</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,08</b>	<b>2,11</b>
Monj inf 1	6,68	103,8	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,96	144,3
Monj inf 2	6,65	102,4	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,88	135,8
Monj inf 3	6,45	103	4,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,84	138,2
Monj inf 4	6,57	105,4	4,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,93	138
<b>Média</b>	<b>6,59</b>	<b>103,65</b>	<b>4,48</b>	<b>7,16</b>	<b>117,00</b>	<b>6,47</b>	<b>30</b>	<b>7,05</b>	<b>142,80</b>	<b>34</b>	<b>6,69</b>	<b>144,80</b>	<b>6,40</b>	<b>40</b>	<b>6,90</b>	<b>139,08</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,10</b>	<b>1,30</b>	<b>0,02</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,05</b>	<b>3,65</b>
Pte Tábua nasc 1	6,35	101,5	4,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,75	128,7
Pte Tábua nasc 2	6,46	101,7	4,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,84	133,7
Pte Tábua nasc 3	6,33	101,3	4,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,71	131,4
Pte Tábua nasc 4	6,34	103,2	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,78	142,2
<b>Média</b>	<b>6,37</b>	<b>101,93</b>	<b>4,18</b>	<b>6,82</b>	<b>106,50</b>	<b>6,44</b>	<b>24</b>	<b>7,15</b>	<b>142,70</b>	<b>32</b>	<b>7,08</b>	<b>134,40</b>	<b>6,16</b>	<b>34</b>	<b>6,77</b>	<b>134,00</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,06</b>	<b>0,87</b>	<b>0,08</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,05</b>	<b>5,84</b>
São Rafael foz 1	6,58	122,6	4,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,79	141,1
São Rafael foz 2	6,3	117,1	4,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,92	139,1
São Rafael foz 3	6,31	115,5	4,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,86	134,9
São Rafael foz 4	6,45	115,5	4,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,9	140,3
<b>Média</b>	<b>6,41</b>	<b>117,675</b>	<b>4,61</b>	<b>7,19</b>	<b>113,5</b>	<b>6,53</b>	<b>40</b>	<b>7,31</b>	<b>125,9</b>	<b>42</b>	<b>7,62</b>	<b>134,7</b>	<b>5,74</b>	<b>46</b>	<b>6,87</b>	<b>138,85</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,13</b>	<b>3,37</b>	<b>0,15</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,06</b>	<b>2,76</b>

Tabela 29. Continuação

Início	11/01/2011 16:00																
fim	21/01/2011 15:20																
<b>Teste 3</b>	11/jan dia 0		13/jan dia 2			15/jan dia 4			17/jan dia 6			19/jan dia 8			21/jan dia 10		
<b>Pontos</b>	<b>pH</b>	<b>Condut</b> μS/cm	<b>pH</b>	<b>Condut</b> μS/cm	<b>Dureza</b> mg CaCO3/L	<b>pH</b>	<b>Condut</b> μS/cm	<b>Dureza</b> mg CaCO3/L									
C 1	7,58	122,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,12	168,3	-
C 2	7,58	122,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,04	179	-
C 3	7,58	122,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,03	179	-
C 4	7,58	122,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,02	190,3	-
<b>Média</b>	<b>7,58</b>	<b>122,30</b>	<b>7,63</b>	<b>134,50</b>	<b>44</b>	<b>7,24</b>	<b>141,30</b>	<b>42</b>	<b>7,68</b>	<b>145,50</b>	<b>42</b>	<b>7,53</b>	<b>147,60</b>	<b>44</b>	<b>7,05</b>	<b>179,15</b>	<b>58</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,05</b>	<b>8,98</b>	-
Belv nasc 1	5,85	107,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belv nasc 2	6,22	100,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,26	136,2	-
Belv nasc 3	5,92	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,18	140,9	-
Belv nasc 4	6,24	97,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,27	149,3	-
<b>Média</b>	<b>6,06</b>	<b>100,88</b>	<b>6,72</b>	<b>98,50</b>	<b>32</b>	<b>6,28</b>	<b>105,90</b>	<b>30</b>	<b>6,78</b>	<b>110,00</b>	<b>26</b>	<b>6,74</b>	<b>107,10</b>	<b>26</b>	<b>6,24</b>	<b>142,13</b>	<b>30</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,20</b>	<b>4,70</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,05</b>	<b>6,64</b>	-
Belv foz 1	6,7	140,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,33	194,4	-
Belv foz 2	6,2	136,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,13	178,5	-
Belv foz 3	6,4	150,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,19	183,3	-
Belv foz 4	6,2	132,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,14	-	-
<b>Média</b>	<b>6,01</b>	<b>140,10</b>	<b>6,50</b>	<b>148,35</b>	<b>41,00</b>	<b>6,20</b>	<b>147,00</b>	<b>40</b>	<b>6,80</b>	<b>149,70</b>	<b>42</b>	<b>6,66</b>	<b>140,50</b>	<b>38</b>	<b>6,20</b>	<b>185,40</b>	<b>50</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,24</b>	<b>7,66</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,09</b>	<b>8,16</b>	-
Esp II 1	6,02	95,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,32	148,4	-
Esp II 2	5,97	93,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,39	149,6	-
Esp II 3	5,93	96,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,75	150,8	-
Esp II 4	5,83	95,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,44	155	-
<b>Média</b>	<b>5,94</b>	<b>95,23</b>	<b>6,80</b>	<b>99,30</b>	<b>28</b>	<b>6,64</b>	<b>106,50</b>	<b>24</b>	<b>7,10</b>	<b>125,60</b>	<b>28</b>	<b>6,80</b>	<b>118,40</b>	<b>30</b>	<b>6,48</b>	<b>150,95</b>	<b>36</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,08</b>	<b>1,07</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,19</b>	<b>2,87</b>	-
Jatobá 1	6,51	107,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,52	157,5	-
Jatobá 2	6,57	109,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,58	155,2	-
Jatobá 3	6,43	104,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,73	160,8	-
Jatobá 4	6,48	106,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,70	-	-
<b>Média</b>	<b>6,50</b>	<b>107,10</b>	<b>7,58</b>	<b>117,1</b>	<b>8</b>	<b>6,71</b>	<b>122,3</b>	<b>36</b>	<b>7,53</b>	<b>118,5</b>	<b>10</b>	<b>7,2</b>	<b>119</b>	<b>2</b>	<b>6,63</b>	<b>157,83</b>	<b>46</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,06</b>	<b>2,03</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,10</b>	<b>2,81</b>	-
São Raf nasc 1	7,03	102,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,99	188,8	-
São Raf nasc 2	7,12	102,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,00	173,5	-
São Raf nasc 3	7,11	102,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,78	174,8	-
São Raf nasc 4	7,06	102,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,91	178	-
<b>Média</b>	<b>7,08</b>	<b>102,65</b>	<b>7,4</b>	<b>103,2</b>	<b>24</b>	<b>7,22</b>	<b>120,2</b>	<b>30</b>	<b>7,46</b>	<b>132,2</b>	<b>36</b>	<b>7,28</b>	<b>126,3</b>	<b>38</b>	<b>6,92</b>	<b>178,78</b>	<b>54</b>
<b>Desv pad</b>	<b>0,04</b>	<b>0,33</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>0,10</b>	<b>6,95</b>	-

**Tabela 30. Valores médios de pH , Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), Oxigênio Dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura da água e precipitação acumulada 24 horas e 7 dias antes da coleta de macroinvertebrados bentônicos realizada no período chuvoso (novembro de 2009/ fevereiro 2010).**

<b>Pontos</b>	<b>pH</b>	<b>Condutiv (<math>\mu\text{S cm}^{-1}</math>)</b>	<b>OD (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>	<b>Temp. água (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>Chuva 24 h (mm)</b>	<b>chuva 7 dias (mm)</b>
Monjolinho sup	5,68	36	2,1	25,3	0	53,8
Jatobá	6,27	24	4,3	27,53	0	53,8
Douradinho	6,13	69,67	3,08	27,5	13,8	62,2
São Rafael Nasc	4,91	137,5	6,05	23,2	6,6	34,8
São Rafael foz	6,04	52	5,8	24,7	0	62,4
Monj médio	5,76	28	6,21	24,5	0	62,4
Cascavel	6,31	20	9,53	21,7	0	53,8
Ponte Tábua nasc	6,2	43	6,97	23	0	62,4
Ponte Tabua foz	5,24	44	7,14	22,2	39,8	93,2
Martinha	5,77	15	8,4	24,4	0	53,8
Belvedere nasc	6,74	67,33	7,51	23,13	0	56
Belvedere foz	5,6	62,67	2,75	23,5	0	56
Monjolinho inf	5,03	0,3	7,03	24	0,8	33
Espraiado I	6,27	8	7,16	19,47	8,6	56
Espraiado II	6,51	12	6,21	19,93	0	56
Captação	4,85	42,67	5,33	22,77	0	0

**Tabela 31. Cálculo da 1ª componente da Triáde da Qualidade Ambiental: nutrientes, composta pela média dos valores de nitrato, amônio, fósforo total, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido (OD) e material em suspensão total (MST) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espreado II (RTR) para o período chuvoso (março/2010).**

Pontos	Nitrato		Amônio		P Total		condutividade		OD		MST		Nutrientes média (RTR)
	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	
Monjolinho sup	91,54	0,80	50,08	6,18	26,51	0,80	26,00	3,00	2,18	0,38	3,53	0,50	<b>1,94</b>
Jatobá	8,90	0,08	11,99	1,48	16,40	0,50	30,00	3,46	4,30	0,76	1,76	0,25	<b>1,09</b>
Douradinho	82,10	0,72	87,39	10,79	212,79	6,44	29,33	3,38	7,55	1,33	718,15	101,74	<b>20,73</b>
São Rafael Nasc	2540,97	22,16	8,10	1,00	17,70	0,54	137,50	15,87	6,05	1,07	2,78	0,39	<b>6,84</b>
São Rafael Foz	79,27	0,69	12,76	1,58	95,35	2,89	52,00	6,00	5,80	1,02	22,61	3,20	<b>2,56</b>
Monjolinho Médio	19,77	0,17	45,41	5,61	35,97	1,09	28,00	3,23	6,21	1,10	19,69	2,79	<b>2,33</b>
Cascavel	39,13	0,34	58,63	7,24	32,06	0,97	19,00	2,19	8,26	1,46	40,59	5,75	<b>2,99</b>
Ponte Tábua nasc	201,57	1,76	106,04	13,09	34,34	1,04	43,00	4,96	6,97	1,23	21,88	3,10	<b>4,20</b>
Ponte Tabua foz	485,85	4,24	507,16	62,62	84,25	2,55	49,33	5,69	6,15	1,08	5,00	0,71	<b>12,82</b>
Martinha	11,74	0,10	28,31	3,50	21,94	0,66	14,00	1,62	8,01	1,41	14,00	1,98	<b>1,55</b>
Belvedere nasc	1398,19	12,19	60,96	7,53	20,97	0,63	72,67	8,38	6,86	1,21	20,00	2,83	<b>5,46</b>
Belvedere foz	112,79	0,98	9,65	1,19	17,05	0,52	59,00	6,81	3,87	0,68	4,81	0,68	<b>1,81</b>
Monjolinho inf	25,43	0,22	25,98	3,21	21,29	0,64	30,00	3,46	7,62	1,34	8,24	1,17	<b>1,67</b>
Espraiado I	83,99	0,73	27,53	3,40	14,77	0,45	6,67	0,77	6,58	1,16	10,80	1,53	<b>1,34</b>
Espraiado II	114,68	1,00	8,10	1,00	33,04	1,00	8,67	1,00	5,67	1,00	7,06	1,00	<b>1,00</b>
Captação	15,04	0,13	44,63	5,51	34,34	1,04	30,00	3,46	6,38	1,13	96,80	13,71	<b>4,16</b>

Tabela 32. Cálculo da 2ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: toxicidade, composta pelas porcentagens de sobrevivência de *H. meinerti* nos testes de toxicidade com sedimento, normalizados pela mortalidade registrada no controle, para o período chuvoso (março/2010).

	% vivos	RTR	1/RTR
<b>Teste 1</b>			
Controle	90		
Captção	95	1,06	0,95
São Rafael nasc	60	0,67	1,50
Monj sup	97,5	1,08	0,92
Monj inf	97,5	1,08	0,92
<b>Teste 2</b>			
controle	97,5		
Espraiado	92,5	0,95	1,05
Cascavel	82,5	0,85	1,18
Martinha	97,5	1,00	1,00
Monj médio	80	0,82	1,22
Ponte de Tábua Foz	67,5	0,69	1,44
Pte de Tábua Nasc	95	0,97	1,03
<b>Teste 3</b>			
<b>Controle</b>	87,5		
Espraiado II	82,5	0,94	1,06
Jatobá	95	1,15	0,87
Douradinho	85	0,89	1,12
São Raf foz	92,5	1,09	0,92
Belv nascente	97,5	1,05	0,95
Belv foz	95	0,97	1,03

**Tabela 33. Cálculo da 3ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: comunidade de macroinvertebrados bentônicos, composta pela média das métricas riqueza, abundância, índice BMWP, índice de Wiederholm (O/(O+C)) e porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espraiado II (RTR) para o período chuvoso (março/2010).**

Pontos	Riqueza			Abundância			BMWP			O/(O+C)		% EPT			Bentos
	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	1/RTR	média (RTR)
Monj_sup	13	0,68	1,46	1389	0,94	1,07	44	0,83	1,20	0,99	11,00	0,24	0,06	15,88	<b>6,12</b>
Jatobá	11	0,58	1,73	108	0,07	13,73	38	0,72	1,39	0,72	8,00	7,51	1,97	0,51	<b>5,07</b>
Douradinho	5	0,26	3,80	63	0,04	23,54	16	0,30	3,31	0,24	2,67	7,24	1,90	0,53	<b>6,77</b>
São_Raf_nasc	3	0,16	6,33	306	0,21	4,85	6	0,11	8,83	0,29	3,22	0,1	0,03	38,10	<b>12,27</b>
São_Raf_foz	10	0,53	1,90	138	0,09	10,75	45	0,85	1,18	0,94	10,44	14,59	3,83	0,26	<b>4,91</b>
Monj_médio	15	0,79	1,27	1259	0,85	1,18	38	0,72	1,39	0,16	1,78	1,45	0,38	2,63	<b>1,65</b>
Cascavel	5	0,26	3,80	21	0,01	70,62	6	0,11	8,83	0	0,00	19,15	5,03	0,20	<b>16,69</b>
Pte_Tábua_nasc	3	0,16	6,33	287	0,19	5,17	3	0,06	17,67	0,93	10,33	0,1	0,03	38,10	<b>15,52</b>
Pte_Tábua_foz	4	0,21	4,75	220	0,15	6,74	9	0,17	5,89	0,44	4,89	0,1	0,03	38,10	<b>12,07</b>
Martinha	7	0,37	2,71	215	0,14	6,90	23	0,43	2,30	0,33	3,67	0,1	0,03	38,10	<b>10,74</b>
Belv_nasc	4	0,21	4,75	46	0,03	32,24	11	0,21	4,82	0,68	7,56	0,1	0,03	38,10	<b>17,49</b>
Belv_foz	12	0,63	1,58	734	0,49	2,02	25	0,47	2,12	0,72	8,00	14,91	3,91	0,26	<b>2,80</b>
Monj_sup	10	0,53	1,90	837	0,56	1,77	36	0,68	1,47	0,85	9,44	3,56	0,93	1,07	<b>3,13</b>
Esp_I	15	0,79	1,27	967	0,65	1,53	50	0,94	1,06	0,13	1,44	3	0,79	1,27	<b>1,31</b>
Esp_II	19	1,00	1,00	1483	1,00	1,00	53	1,00	1,00	0,09	1,00	3,81	1,00	1,00	<b>1,00</b>
Captação	6	0,32	3,17	680	0,46	2,18	12	0,23	4,42	0,37	4,11	0,25	0,07	15,24	<b>5,82</b>

**Tabela 34. Cálculo da 1ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental, composta pela média dos valores de nitrato, amônio, fósforo total, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido (OD), material em suspensão total (MST) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espraiado II (RTR) para o período seco (agosto/setembro de 2010).**

Pontos	Nitrato		Amônio		P Total		condutividade		OD		MST		Nutrientes
	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	Média (RTR)
Monjolinho sup	12,68	1,69	116,93	3,11	55,55	2,10	26,00	1,66	3,46	0,77	4,24	1,19	<b>1,75</b>
Jatobá	0,40	0,05	40,75	1,08	19,66	0,74	22,00	1,40	5,79	1,29	3,00	0,84	<b>0,90</b>
Douradinho	50,93	6,80	42,30	1,12	33,69	1,27	30,00	1,91	9,99	2,23	2,80	0,78	<b>2,35</b>
São Rafael Nasc	389,99	52,07	45,02	1,20	43,80	1,65	101,67	6,49	5,80	1,30	0,00	0,00	<b>10,45</b>
São Rafael Foz	7,02	0,94	63,29	1,68	82,62	3,12	35,67	2,28	8,56	1,92	2,43	0,68	<b>1,77</b>
Monjolinho Médio	7,49	1,00	82,72	2,20	26,84	1,01	26,00	1,66	6,44	1,44	7,00	1,96	<b>1,55</b>
Cascavel	22,60	3,02	24,03	0,64	26,84	1,01	15,00	0,96	7,18	1,61	32,50	9,10	<b>2,72</b>
Ponte Tábua nasc	76,90	10,27	130,14	3,46	17,38	0,66	41,00	2,62	5,59	1,25	1,62	0,45	<b>3,12</b>
Ponte Tabua foz	22,60	3,02	242,86	6,45	87,19	3,29	40,67	2,60	6,05	1,35	2,29	0,64	<b>2,89</b>
Martinha	7,49	1,00	42,30	1,12	36,95	1,39	12,00	0,77	8,27	1,85	8,00	2,24	<b>1,40</b>
Belvedere nasc	256,49	34,24	38,42	1,02	20,97	0,79	66,00	4,21	5,55	1,24	3,37	0,94	<b>7,08</b>
Belvedere foz	18,35	2,45	56,29	1,50	38,91	1,47	52,33	3,34	3,89	0,87	7,00	1,96	<b>1,93</b>
Monjolinho inf	48,10	6,42	115,37	3,07	20,64	0,78	21,00	1,34	6,96	1,56	5,43	1,52	<b>2,45</b>
Espraído I	4,18	0,56	40,75	1,08	22,92	0,86	9,33	0,60	5,56	1,24	1,14	0,32	<b>0,78</b>
Espraído II	7,49	1,00	37,64	1,00	26,51	1,00	15,67	1,00	4,47	1,00	3,57	1,00	<b>1,00</b>
Captação	10,32	1,38	278,62	7,40	50,98	1,92	34,67	2,21	7,58	1,70	3,00	0,84	<b>2,58</b>

Tabela 35. Cálculo da 2ª componente da Tríade da Qualidade Ambiental: toxicidade, composta pelas porcentagens de sobrevivência de *H. meinerti* nos testes de toxicidade com sedimento, normalizados pela mortalidade registrada no controle, para o período seco (agosto/setembro de 2010).

	% vivos	RTR	1/RTR
<b>Teste 1</b>			
Controle	95,00		
Espraiado II	100,00	1,05	<b>0,95</b>
Monj foz	100,00	1,05	<b>0,95</b>
Pte Tab nasc	90,00	0,95	<b>1,06</b>
Pte Tab foz	100,00	1,05	<b>0,95</b>
São Raf. Nasc	100,00	1,05	<b>0,95</b>
<b>Teste 2</b>			
Controle	100,00		
Captção	100,00	1,00	<b>1,00</b>
Monj nasc	100,00	1,00	<b>1,00</b>
Monj médio	100,00	1,00	<b>1,00</b>
Douradinho	100,00	1,00	<b>1,00</b>
Cascavel	100,00	1,00	<b>1,00</b>
<b>Teste 3</b>			
Controle	90,00		
Jatobá	90,00	1,00	<b>1,00</b>
Espraiado I	100,00	1,11	<b>0,90</b>
São Rafael foz	85,00	0,94	<b>1,06</b>
Belvedere			
nasc	100,00	1,11	<b>0,90</b>
Belvedere foz	100,00	1,11	<b>0,90</b>
Martinha	90,00	1,00	<b>1,00</b>

Tabela 36. Cálculo da 3ª componente da Tríade da Qualidade do Sedimento: comunidade de macroinvertebrados bentônicos, composta pela média das métricas riqueza, abundância, índice BMWP, índice de Wiederholm (O/(O+C)) e porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT) normalizados pelos valores obtidos no ponto de referência Espriado II (RTR) para o período período seco (agosto/setembro de 2010).

Pontos	Riqueza			Abundância			BMWP			O/(O+C)		% EPT			Bentos
	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	1/RTR	Valor	RTR	Valor	RTR	1/RTR	média (RTR)
Monj_sup	9	0,35	2,89	1274	0,73	1,37	18	0,19	5,17	0,43	3,76	0,26	0,03	34,12	<b>9,46</b>
Jatobá	7	0,27	3,71	272	0,16	6,40	16	0,17	5,81	0,09	0,77	1,20	0,14	7,29	<b>4,80</b>
Douradinho	16	0,62	1,63	6951	3,99	0,25	45	0,48	2,07	0,48	4,18	0,14	0,02	61,25	<b>13,87</b>
São_Raf_nasc	21	0,81	1,24	378	0,22	4,61	67	0,72	1,39	0,56	4,84	25,76	2,94	0,34	<b>2,48</b>
São_Raf_foz	16	0,62	1,63	589	0,34	2,96	47	0,51	1,98	0,14	1,22	4,96	0,57	1,77	<b>1,91</b>
Monj_médio	8	0,31	3,25	736	0,42	2,37	15	0,16	6,20	0,11	0,95	2,14	0,24	4,10	<b>3,37</b>
Cascavel	12	0,46	2,17	555	0,32	3,14	34	0,37	2,74	0,08	0,69	4,42	0,50	1,98	<b>2,14</b>
Pte_Tábua_nasc	7	0,27	3,71	493	0,28	3,53	9	0,10	10,33	0,02	0,15	0,10	0,01	87,59	<b>21,07</b>
Pte_Tábua_foz	10	0,38	2,60	813	0,47	2,14	16	0,17	5,81	0,34	2,96	0,35	0,04	25,34	<b>7,77</b>
Martinha	8	0,31	3,25	971	0,56	1,79	15	0,16	6,20	0,92	8,02	0,10	0,01	87,68	<b>21,39</b>
Belv_nasc	10	0,38	2,60	468	0,27	3,72	18	0,19	5,17	0,17	1,45	0,95	0,11	9,18	<b>4,42</b>
Belv_foz	13	0,50	2,00	114	0,07	15,28	30	0,32	3,10	0,27	2,37	3,61	0,41	2,43	<b>5,04</b>
Monj_inf	15	0,58	1,73	713	0,41	2,44	42	0,45	2,21	0,39	3,40	9,64	1,10	0,91	<b>2,14</b>
Esp_I	26	1,00	1,00	2942	1,69	0,59	98	1,05	0,95	0,04	0,38	5,37	0,61	1,63	<b>0,91</b>
Esp_II	26	1,00	1,00	1742	1,00	1,00	93	1,00	1,00	0,11	1,00	8,77	1,00	1,00	<b>1,00</b>
Captação	20	0,77	1,30	843	0,48	2,07	49	0,53	1,90	0,31	2,66	9,83	1,12	0,89	<b>1,76</b>

**Tabela 37. Abundância numérica das espécies de diatomáceas amostradas 16 pontos amostrados, no período chuvoso (novembro 2009 – fevereiro 2010) e seco (agosto/setembro) de 2010.**

Espécies	C1	C2	C3	C4	C5	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	S1	S2	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S11	S12	S13	S14	S15	S16	
<i>Achnanthes coarctata</i>		1																												
<i>Achnanthes exigua</i>	28	1	44	25		120	9	4	28	11	36	1	18	25	6		9	1		8	3	10	4	2	3	7	1	6	1	
<i>Achnanthes inflata</i>			1		2	4	1								2															
<i>Achnanthidium biasolettianum</i>				74			17	1			2	1	2			3		11	2	1		1		2	10			1		
<i>Achnanthidium minutissimum</i>	1	9	8	144	2	2	8	1	8	1	7	7	3	9	41	54		40	20	18		173	11	8	20	253	6	1	78	
<i>Actinocyclus normanii</i>															1					1					1			2		
<i>Actinella brasiliensis</i>								2																					1	
<i>Amphora copulata</i>				1															1			1								
<i>Amphora montana</i>				3																										
<i>Ancyonopsis shubartii</i>																				1						7			1	
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>														6	1															1
<i>Aulacoseira agassizii</i>			1												1															1
<i>Aulacoseira alpigena</i>									1						1										1					1
<i>Aulacoseira ambigua</i>									9		3				1	7									3	2				1
<i>Aulacoseira distans</i>						7		4	5		2	2		8	5				1	1	1			6	23	1	2	1	2	
<i>Aulacoseira granulata</i>					1			1	5					2	3										7	2			1	
<i>Brachysira brebissonii</i>	6	1			36					13					8	31	2		10	36			2	1		31			11	
<i>Brachysira serians</i>								2						7	4								1	1	2					
<i>Brachysira vitrea</i>	3	1			3										5	1	2		16	27	13					28			4	
<i>Caloneis bacillum</i>				4															3											
<i>Capartograma cruciola</i>												5																		
<i>Cocconeis spp</i>																									3	1			3	
<i>Craticula halophila</i>	5														1		3													
<i>Cyclotella meneghenia</i>																									1					
<i>Cyclotella pseudostelligera</i>												1								1					4				1	
<i>Cyclotella stelligera</i>												3													3				1	









## ***Anexo A – Elaboração de água reconstituída***

---

### **Preparo de água reconstituída (água de cultivo):**

Água reconstituída ou natural com dureza total de 40 a 48 mg/L em CaCO<sub>3</sub>, pH 7,2 a 7,6 e condutividade de aproximadamente 160 µS/cm.

Água destilada ou deionizada com condutividade igual ou menor que 10 µS/cm, isenta de contaminantes.

#### Solução 1:

Sulfato de cálcio (CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O) .....	1,5g
Água bidesionizada ou destilada .....	1000mL

#### Solução 2:

Cloreto de potássio (KCl) .....	0,2g
Bicarbonato de sódio (NaHCO <sub>3</sub> ) .....	4,8g
Sulfato de magnésio (MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O) .....	6,1g
Água bidesionizada ou destilada .....	1000mL

Para preparar a água de diluição adicionar 20 mL da solução 1 e 10 mL da solução 2 em 970mL de água destilada ou deionizada. Introduzir aeração durante pelo menos 24h.