

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI - UFVJM**

**JULIANA ROCHA DE MEIRA PIRES**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA E AS  
ASSEMBLEIAS ZOOBENTÔNICAS DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA,  
NO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, EM DIAMANTINA-MG**

**DIAMANTINA  
2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**JULIANA ROCHA DE MEIRA PIRES**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA E AS  
ASSEMBLEIAS ZOOBENTÔNICAS DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA,  
NO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, EM DIAMANTINA-MG**

**Dissertação apresentada à Universidade  
Federal dos Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, área de concentração  
em Qualidade de Água, para a obtenção  
do título de Mestre.**

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Márcio Pereira de Souza

Coorientador: Prof. Dr. André Rinaldo Senna Garraffoni

**DIAMANTINA  
2010**

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecária Alessandra Rodrigues da Silva - CRB6 2459

D376e  
2010

De Meira Pires, Juliana Rocha

Estudo comparativo entre a qualidade da água e as assembleias zoobentônicas do Córrego Água Limpa, no Parque Estadual do Biribiri, em Diamantina-MG./ Juliana Rocha de Meira Pires. ó Diamantina: UFVJM, 2010.

88 p. : il. (algumas color.)

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Ó Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Márcio Pereira de Souza

Coorientador: Prof. Dr. André Rinaldo Senna Garraffoni

1. Qualidade da água. 2. Bioindicador ambiental. 3. Poluição hídrica. I.  
Título

**CDD 572.539**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA E AS  
ASSEMBLEIAS ZOOBENTÔNICAS DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA,  
NO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, EM DIAMANTINA-MG**

**JULIANA ROCHA DE MEIRA PIRES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, nível Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 26 /02 /2010

Prof. Dr. Claudionor Camilo Costa - IFET-MG  
MEMBRO

Prof. Dr. André Rinaldo Senna Garraffoni - UFVJM  
MEMBRO

Prof. Dr. José Sebastião Cunha Fernandes - UFVJM  
MEMBRO

Prof. Dr. Cláudio Márcio Pereira de Souza - UFVJM  
PRESIDENTE

**DIAMANTINA  
2010**

## OFEREÇO

*A Deus que sempre ilumina meus caminhos e me abre portas que levam às melhores oportunidades. Ao meu pai, Odilon, pelo exemplo de integridade, amor, dedicação à família e por me fazer ter a certeza de que sempre estará ao meu lado. À minha mãe, Maria do Carmo (in memoriam), que, mesmo não estando mais entre nós, é constante em meus pensamentos e meu incentivo na busca pelos acertos como mãe, como profissional e como ser humano. À minha Tia Ângela, pela dedicação, carinho e apoio em todos os momentos em que precisei, e, sobretudo, por dar continuidade e solidificar os laços da minha família. Ao meu marido, Marco Antônio, pelo amor, compreensão, companheirismo, amizade, por me fazer sentir capaz de alcançar meus objetivos e por idealizá-los junto comigo. Aos meus filhos, Ana Júlia e Davi, por me tornarem Mãe, sempre me mostrando como é grande a capacidade de amar, por, apesar de tão pequenos, entenderem, às suas maneiras, a minha ausência em grande parte dos dias dedicados ao trabalho, por fazerem a minha vida ficar mais leve, mais doce e, sobretudo, mais feliz a cada dia.*

## DEDICO

*Aos meus queridos irmãos, Rodrigo e Fabiana, pelo amor, incentivo, carinho; por se fazerem presentes em minha vida, por dividirem comigo momentos de alegria, tornando-os mais intensos; e momentos de angústia, tornando-os mais amenos.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica;

Ao Professor Dr. Cláudio Pereira de Souza pela orientação, paciência, oportunidade; e pela confiança que em mim depositou, permitindo-me alcançar esta etapa de grande importância em minha formação acadêmica;

Ao Professor Dr. André Rinaldo Senna Garraffoni, pela coorientação realizada de forma tão competente, pela paciência e por me auxiliar, com presteza, em todos os momentos de dúvidas e dificuldades;

Ao Professor Dr. José Sebastião Cunha Fernandes, pelos esclarecimentos e grande ajuda nos cálculos estatísticos, pelas palavras de incentivo e sugestões tão valiosas;

Aos membros da comissão examinadora, pela disponibilidade de tempo e atenção na leitura e análise deste trabalho;

Ao laboratório de Microbiologia do Solo, na pessoa do Professor Dr. Paulo Henrique Graziotti, pelo material e equipamentos dispensados, o que possibilitou a realização das análises físico-químicas e microbiológicas;

Ao Professor Dr. Marcos Callisto do Laboratório de Ecologia dos Bentos/ Projeto Manuelzão-UFMG, pela receptividade, atenção, auxílio, material bibliográfico e de microscopia necessários à identificação da macrofauna bentônica. À Juliana França, pelas explicações relacionadas à metodologia de coleta. Aos Biólogos Wander Ferreira Ribeiro e Lurdemar Tavares de Paiva, pelo acompanhamento e ensinamentos seguidos na chave de identificação dos bentos;

À Maryana F. Fonseca, pelo apoio técnico, esclarecimentos, sugestões, disponibilidade em realizar, junto comigo, as análises físico-químicas de forma tão criteriosa e paciente;

Ao Elton N. Hizuka, pelas explicações iniciais, de suma importância, na condução das análises físico-químicas;

Ao Filipe Rodrigues Moura, pelo longo período de auxílio nas triagens e identificação dos bentos, companheirismo, dedicação e por, muitas vezes, compartilhar comigo a sua tranquilidade e confiança, tão importantes no desfecho desse trabalho;

Ao Eder R. P. Fernandes, pela amizade, paciência, companheirismo e ajuda nos estudos de estatística, nas coletas e pelo incentivo nos momentos de angústia;

Ao Instituto Estadual de Florestas (IEF), pelo consentimento em realizar essa pesquisa no Parque Estadual do Biribiri;

Ao Edimar, companheiro de todas as coletas, pessoa sem a qual seria impossível chegar aos locais de difícil acesso; pela boa vontade em ajudar, prontamente, no que fosse preciso;

Aos colegas de Laboratório de Zoologia dos Invertebrados: Thiago, Rosana, Roberta e Pedro, pela ajuda nas triagens iniciais, e à Darliana, pelo preparo do material de coleta. A todos os outros pesquisadores desse laboratório que, dos õbastidoresö, também contribuíram, de alguma forma, com este trabalho.

À Adriana, secretária da Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pela cordialidade e presteza em auxiliar nos momentos em que precisei;

A todos os colegas de curso, Caio, Mayara, Fábio, José Ricardo, Samuel, José, Wagner, Francine, Jaqueline, Sula, Viviane, Cíntia, André, Tiago, Marília, Daniele, Ricardo, Alessandro, Elizzandra e Andrezza, pela amizade e agradável convívio;

À D. Lia, Ana Cláudia, Teresa, Luciana e ao Tiago, pelo amor, carinho e mimos dedicados aos meus filhos e por compartilharem da educação dada a eles com tanto zelo. É impossível descrever, com palavras, o quanto me sinto agradecida. Sem eles, com certeza, não seria possível a conclusão de mais esta etapa em minha vida.

Aos primos, Cássio e Heloisa, pela amizade, torcida e presença;

À minha irmã de coração, Eliane, por não me abandonar nunca, por sempre me fazer olhar as fases difíceis como superáveis;

A mais alguém que sabe que se insere nesse contexto e que eu tenha me esquecido.

Muito Obrigada!

## RESUMO

PIRES, Juliana Rocha de Meira. **Estudo comparativo entre a qualidade da água e as assembleias zoobentônicas do Córrego Água Limpa no Parque Estadual do Biribiri, em Diamantina-MG.** 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) ó Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

Este estudo objetiva avaliar a qualidade das águas com base nas condições físico-químicas e nas assembleias zoobentônicas em um córrego chamado Água Limpa, localizado no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina-MG, no período de março a setembro de 2009. Em um trecho de aproximadamente 4 km, foram escolhidos quatro pontos de coleta, em que as variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas foram: temperatura, turbidez, ferro, fósforo, amônia, nitrito, nitrato e coliformes fecais. As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, devidamente fechados. Os frascos com as amostras foram mantidos em caixa de isopor com gelo, até o momento de análise. A caracterização, nos diferentes pontos de amostragem, foi realizada de acordo com os limites definidos pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Para a coleta dos organismos aquáticos, cada um dos quatro pontos foi amostrado em três subáreas replicadas em três pontos distintos, totalizando 144 amostras em duas coletas realizadas em período chuvoso ó março 2009 - e duas em período seco ó agosto 2009. O amostrador utilizado foi um corer de PVC com 3,0 cm de diâmetro, por 5 cm de profundidade. As amostras foram colocadas em sacos plásticos adicionando-se 500ml de formol a 4% e 125 g de sacarose, etiquetados de acordo com cada ponto de coleta, subárea e repetição. Os organismos zoobentônicos foram triados e identificados, com o auxílio de microscópio estereoscópio e óptico, ao menor nível taxonômico possível. As diferenças nos valores das médias dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e dos organismos zoobentônicos obtidas entre pontos e datas de coleta foram testadas estatisticamente através de análise de variância (ANOVA). Quando a ANOVA mostrou diferenças significativas ao nível de 5%, foi aplicado o Teste Tukey. Foi observado que os pontos 1, 2 e 3 se apresentaram semelhantes quanto às condições físico-químicas, porém, quanto aos coliformes fecais, somente o ponto 1 se enquadrou dentro dos limites permitidos. Os taxons mais expressivos nesses pontos foram Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, que são mais exigentes quanto à qualidade ambiental. Já o ponto 4 se destacou com médias elevadas de coliformes fecais, fósforo e turbidez e baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Os grupos resistentes à elevada contaminação orgânica foram dominantes nesse local: Oligochaeta, Chironomidae e Hirudinea. O ponto 4 tem contribuído para a queda da qualidade da água do córrego e para agravar processos de eutrofização, extinção de espécies aquáticas e veiculação de doenças. As assembleias zoobentônicas mostraram-se eficientes para indicar os níveis de poluição existentes no trecho estudado e subsidiar futuros estudos de biomonitoramento.

**Palavras-chave:** Qualidade da água. Bioindicador ambiental. Poluição hídrica.

## ABSTRACT

PIRES, Juliana Rocha Meira. **Comparative study between water quality and assemblies zoobenthos of the Córrego Água Limpa Parque Estadual do Biribiri in Diamantina-MG.** 2010. 71p. Dissertation (MSc in Plant Production) ó Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

This study aims to evaluate the quality of water based on physical-chemical conditions and in the zoobenthos assemblages in a stream called Água Limpa, located in the Parque Estadual do Biribiri, Diamantina-MG in the period from March to September 2009. On a stretch of about 4 km, was chosen four collect points, in that the variable physico-chemical and microbiological parameters were: temperature, turbidity, iron, phosphorus, ammonia, nitrite, nitrate and fecal coliform. The water samples were collected in glass bottles previously sterilized, properly closed. The vials with samples were kept in a Styrofoam box with ice until the time of analysis. The characterization in the different sampling points was conducted in accordance with the limits established by CONAMA Resolution 357 of March 17, 2005. For the collection of aquatic organisms, each of the four points were sampled in three subareas replicated at three different points, totaling 144 samples in two collect carried out in the rainy season - March 2009 - and two in dry season - in August 2009. The sampler used was a PVC corer with 3.0 cm diameter by 5 cm deep. The samples were placed in plastic bags by adding 500ml of 4% formalin and 125 g of sucrose, labeled according to each collection point, subarea and repetition. The zoobenthos organisms were screened and identified with the aid of microscopes and optical at the lowest possible taxonomic level. The differences in mean values of the physical, chemical and microbiological and organisms zoobentônicos obtained between points and sampling dates were statistically tested using analysis of variance (ANOVA). When ANOVA showed significant differences at 5%, Tukey test was applied. It was noted that points 1, 2 and 3 are presented as similar to physical-chemical conditions, however, as faecal coliforms, only the point 1 framed within the limits allowed. The most significant taxons such points were Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera, which are more demanding about the environmental quality. But the point 4 stood out with high average fecal coliform, phosphorus and turbidity and low dissolved oxygen in water. The point 4 has contributed to the decline in quality of stream water and exacerbate eutrophication processes, species extinction and propagation of aquatic diseases. The zoobenthos assemblages were effective to indicate levels of pollution occurring in the studied stretch and subsidize future studies of biomonitoring.

**Keywords:** Water quality. Environmental bioindicator. Water pollution.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1	Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências.....	25
Tabela 2	Estimativas das médias das variáveis físico-químicas e microbiológicas em cada ponto de coleta do Córrego Água Limpa no período de março a setembro de 2009. ....	33
Tabela 3	Estimativas das médias das variáveis físico-químicas e microbiológicas em cada data de coleta nos quatro pontos do Córrego Água Limpa.....	33
Tabela 4	Estimativas em porcentagem das correlações existentes entre as variáveis avaliadas.....	34
Tabela 5	Nível de significância em porcentagem das correlações entre as variáveis avaliadas pelo teste t bilateral.....	34

### CAPÍTULO 2

Tabela 1	Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências.....	61
Tabela 2	Organismos zoobentônicos encontrados nas amostras coletadas em período chuvoso.....	65
Tabela 3	Organismos zoobentônicos encontrados nas amostras coletadas em período seco.....	66
Tabela 4	Índices de Diversidade de Shannon ( $H_0$ ) e Equitabilidade de Pielou (J) em período chuvoso e seco.....	67
Tabela 5	Médias dos táxons obtidas em cada ponto de coleta em período chuvoso...	68
Tabela 6	Médias dos táxons obtidas em cada ponto de coleta em período seco.....	69
Tabela 7	Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas em período chuvoso (31/03/2009) e seco (03/08/2009).....	70
Tabela 8	Estimativas dos coeficientes de correlação entre os táxons e as variáveis físico-químicas e microbiológicas em período chuvoso e suas respectivas significâncias pelo teste t bilateral.....	71
Tabela 9	Estimativas dos coeficientes de correlação entre os táxons e as variáveis físico-químicas e microbiológicas em período seco e suas respectivas significâncias pelo teste t bilateral.....	72

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Figura 1	Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral da Serra do Espinhaço.....	20
Figura 2	Pontos de coleta de água do Córrego Água Limpa.....	22
Figura 3	Mapa com delimitação territorial do Parque Estadual do Biribiri e seus principais cursos de água.....	23
Figura 4	Fotografias dos pontos de coleta de água do Córrego Água Limpa.....	24
Figura 5	Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Fósforo Total e Nitrito .....	28
Figura 6	Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Nitrato e Amônia .....	29
Figura 7	Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Ferro e Oxigênio Dissolvido .....	30
Figura 8	Valores físico-químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: pH e Temperatura .....	31
Figura 9	Valores físicos e microbiológicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Turbidez e Coliformes Fecais .....	32
Figura 10	Eutrofização no ponto 4 por macrófitas da espécie <i>Eichhornia crassipes</i> ..	36

### CAPÍTULO 2

Figura 1	Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral da Serra do Espinhaço.....	55
Figura 2	Pontos de coleta de água do Córrego Água Limpa.....	57
Figura 3	Mapa com delimitação territorial do Parque Estadual do Biribiri e seus principais cursos de água.....	58
Figura 4	Desenho amostral utilizado para a coleta dos organismos zoobentônicos...	59
Figura 5	Meiofauna Bentônica encontrada no Córrego Água Limpa.....	78
Figura 6	Exemplares dos grupos de macroinvertebrados bentônicos intolerantes à poluição encontrados no Córrego Água Limpa.....	78
Figura 7	Exemplares dos grupos de macroinvertebrados bentônicos resistentes à poluição encontrados no Córrego Água Limpa.....	78

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
CAPÍTULO 1. QUALIDADE DAS ÁGUAS DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA - PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, DIAMANTINA-MG.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Caracterização da Área de Estudo.....	20
2.2 Amostragem.....	21
2.3 Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências .....	24
2.4 Classificação das águas do Córrego Água Limpa .....	25
2.5 Análises Estatísticas.....	25
3 RESULTADOS.....	27
4 DISCUSSÃO.....	35
4.1 Fósforo Total.....	35
4.2 Compostos nitrogenados.....	37
4.3 Ferro.....	39
4.4 Oxigênio Dissolvido.....	39
4.5 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	40
4.6 Turbidez.....	41
4.7 Temperatura.....	41
4.8 Coliformes Fecais.....	42
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	45
ANEXO .....	49
ANEXO 1. Padrões de qualidade para águas doces segundo a resolução CONAMA, 2005 .....	50
ANEXO 2. Dados da Precipitação para o ano de 2009 (INMET, 2010) .....	51
CAPÍTULO 2. ASSEMBLEIAS ZOOBENTÔNICAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA NO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, DIAMANTINA/ MG.....	52
1 INTRODUÇÃO.....	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Caracterização da Área de Estudo.....	55
2.2 Desenho amostral para coleta dos organismos zoobentônicos.....	58
2.3 Método de captura dos organismos zoobentônicos.....	59

2.4 Análise Físico-Química e Microbiológica.....	60
2.5 Análises Estatísticas.....	61
3 RESULTADOS.....	63
4 DISCUSSÃO.....	73
5 CONCLUSÕES.....	79
CONCLUSÃO GERAL.....	80
REFERÊNCIAS.....	81
ANEXO .....	87
ANEXO 1 .....	88

## INTRODUÇÃO GERAL

As características físico-químicas de um meio aquático resultam das interações de todos os fatores ambientais que incidem sobre a bacia de drenagem: clima, relevo, geologia, vegetação e uso do solo. Eles interferem no estabelecimento e desenvolvimento dos organismos aquáticos que, por sua vez, modificam constantemente o ambiente físico-químico (FONTANELLA *et al.*, 2009). Ao fazer a análise das variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas, encontra-se, portanto, perante um processo dinâmico que importa analisar convenientemente (VIDAL-ABARCA *et al.*, 2004).

A medida das alterações nas concentrações de variáveis físicas e químicas juntamente com a avaliação de variáveis microbiológicas tem sido o método tradicional utilizado para avaliar os impactos ambientais em ecossistemas aquáticos. Através desse monitoramento é possível classificar rios e córregos em padrões de potabilidade e balneabilidade humanas e em classes de qualidade de água (CONAMA, 2005).

Conhecer a qualidade da água disponível é de suma importância para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que a qualidade da água é um termo que não se refere somente à determinação da pureza da mesma, mas também às características desejadas para os seus múltiplos usos. Assim, ao longo dos anos, foram desenvolvidos vários índices e indicadores ambientais para avaliação da qualidade da água com base em suas características físico-químicas e biológicas (GOULART E CALLISTO, 2003). O monitoramento dessas características traz algumas vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificação nas propriedades físicas e químicas da água; detecção precisa da variável modificada, e determinação destas concentrações alteradas. Entretanto, este sistema apresenta algumas desvantagens como, por exemplo, a descontinuidade temporal e espacial das amostragens (VIDAL *et al.*, 2005). A amostragem de variáveis físicas e químicas fornece uma fotografia momentânea do que pode ser uma situação altamente dinâmica. Em virtude da capacidade de autodepuração e do fluxo unidirecional de ecossistemas lóticos, os efluentes sólidos carregados por drenagens pluviais para dentro de ecossistemas aquáticos podem ser diluídos antes da data de coleta das amostras ou causarem poucas modificações nos valores das variáveis (WHITFIELD, 2001; BAPTISTA *et al.*, 2007).

Associado às análises físico-químicas e microbiológicas e agregando maior fidelidade a elas, o levantamento das assembleias biológicas vem sendo amplamente utilizado em países desenvolvidos, para indicar a qualidade ambiental. Essa utilização deve-se ao fato de que os

organismos de uma comunidade refletem, de modo integrado, o status ecológico dos ecossistemas, apontando os efeitos dos diferentes agentes impactantes e fornecendo medidas direcionadas à diminuição dos impactos (BARBOUR *et al.*, 1999). Os organismos aquáticos apresentam adaptações evolutivas a várias condições ambientais e apresentam limites de tolerância às suas diferentes alterações (ALBA-TERCEDOR, 1996). Dessa forma, o monitoramento biológico que faz uso dessas comunidades constitui-se em uma ferramenta de grande relevância na avaliação das respostas desses organismos a modificações nas condições ambientais originais.

Dentre as várias comunidades bentônicas do ambiente aquático, a meiofauna e a macrofauna são bastante expressivas no que diz respeito à quantidade de indivíduos, riqueza de espécies e importância dos nichos ecológicos que ocupam dentro das teias alimentares que se estabelecem nesses ecossistemas. A meiofauna (*meio*: palavra de origem grega, que significa menor) foi definida como um bioma ocupado por determinados metazoários retidos em peneiras com abertura de malha entre 0,5mm e 0,042 ou 0,063 que vivem em íntima associação com o sedimento (MARE, 1942). A macrofauna dos corpos de água doce compõe-se de vários grupos taxonômicos como insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos, entre outros. Os artrópodes não raramente apresentam grande expressividade nesses ecossistemas, uma vez que muitos grupos desse filo dependem da água para completar alguns estágios de desenvolvimento de seus ciclos biológicos ou vivem permanentemente em ambiente aquático.

A distribuição e a quantidade de organismos meio e macrofaunais sofrem influência de fatores biogeográficos e características do ambiente, tais como o tipo de sedimento, teor de matéria orgânica, profundidade, variáveis físicas e químicas da água e presença de macrófitas (CARVALHO & UIEDA 2004, SMITH *et al.* 2003, VIDAL-ABARCA *et al.* 2004). No entanto, a importância desses organismos tem sido negligenciada, pois, principalmente no Brasil, é notória a desigualdade de informações existentes sobre eles e seus habitats. Este fato é inerente à falta de estudos direcionados ao funcionamento dos corpos dulcícolas (AGOSTINHO *et al.*, 2005). Entre as principais dificuldades para o incremento do conhecimento da biodiversidade de invertebrados nesse ambiente, destacam-se: 1- o número de bacias hidrográficas jamais inventariadas; 2- a insuficiência no número de pesquisadores e na ausência de infraestrutura necessária para amostragens; 3- o reduzido número de inventários efetuados; 4- a dispersão das informações que frequentemente são de difícil acesso e a necessidade de revisão taxonômica para vários grupos (AGOSTINHO *et al.*, 2005). Além disso, o conhecimento sobre a biodiversidade nas águas continentais é satisfatório para os vertebrados, mas muito incompleto ainda para os invertebrados, principalmente os de

tamanhos diminutos (CHESSMAN, 1995). Pode-se dizer que a informação sobre a diversidade tem uma relação direta e crescente com o tamanho dos organismos. Assim, mesmo dentro do grupo dos invertebrados, o conhecimento sobre a riqueza de espécies e a distribuição geográfica é maior para aqueles de maior porte.

Finalizando, é importante ressaltar que o estado de Minas Gerais possui uma vocação natural para estudos de biomonitoramento, já que os ambientes lóticos e lênticos são abundantes. Além disso, apresenta núcleos de pesquisadores que utilizam essa ferramenta para analisar a composição dos macroinvertebrados, qualidade de água, processos decomposição de matéria orgânica e colonização de substratos como Callisto *et al.*(2002; 2004); Callisto & Gonçalves (2002); Goulart & Callisto (2003); Moreno & Callisto (2004); Tupinambás *et al.* (2007); Paz *et al.* (2008). Esses fatores fornecem subsídios para a elaboração de planos de manejo e conservação, tão importantes nos processos de resiliência e manutenção das condições homeostáticas do limnociclo.

Diante do exposto, foram objetivos deste estudo avaliar e classificar a qualidade das águas do Córrego Água Limpa, Parque Estadual do Biribiri-MG comparando-se os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas com os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA; fazer o levantamento das assembleias dos organismos zoobentônicos; investigar a possível influência das condições físico-químicas e microbiológicas da água sobre essas assembleias; fornecer subsídios para futuros estudos de biomonitoramento.

## REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A, THOMAZ, S.M. & GOMES, L.C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, p. 70-78, 2005.
- ALBA-TERCEDOR J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. **IV Siaga**, Almeria, vol. II, p. 203-213, 1996.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D.F.; EGLER, M.; GIOVANELLI, A.; SILVEIRA, M. P. & NESSIMIAN, J. L. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest stream at Rio de Janeiro Estate, Brazil. **Hydrobiologia**, v.575, p.83-94, 2007.
- BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D. & STRIBLING, J.B.. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, 2 ed. EPA 841-B-99-002. **U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C.** 1999.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente ó Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA>. Acesso em: 19 de janeiro de 2008.
- CALLISTO, M., FERREIRA, W., MORENO, P., GOULART, M.D.C., PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologica Brasiliensis**, v.14, n.1, p.91-98, 2002.
- CALLISTO, M. & GONCALVES, J. A vida nas águas das montanhas. **Ciência Hoje**, v.31, p.68-71, 2002.
- CALLISTO, M., GOULART, M.D.C., MEDEIROS, A.O, MORENO, P., ROSA, CA. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 743-755, 2004.
- CARVALHO, E.M. & UIEDA, V.S.. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.2, p. 287-293, 2004.
- CHESSMAN, B.C.. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and biotic index. **Austr. J. Ecol.** v.20, p.122-129, 1995.
- FONTANELLA, A.; COUTINHO, A.; PERRY, C. *et al.* Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil, Porto Alegre, R.S.; **R. bras. Bioci.**, v. 7, n. 1, p. 23-41, jan./mar, 2009.

GOULART, M.D. & CALLISTO, M.. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, v.2, p. 153-163, 2003.

MARE, M.F. A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.25, p. 517-554, 1942.

MORENO, P.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas**. In: Ferracini V.L.; Queiroz S.C.N.; Silveira M.P.. (Org.). Bioindicadores de Qualidade da Água. Jaguariuna: EMBRAPA, p. 95-116, 2004.

PAZ, A., MORENO, P., ROCHA, L. & CALLISTO, M. Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG). **Neotropical Biology and Conservation**, v.3, p.149-158, 2008.

SMITH, G.R.; VAALA, D.A. & DINGFELDER, H.A. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. **Hydrobiologia**, v. 497, p.161-167, 2003.

TUPINAMBÁS, T.H., CALLISTO, M. & SANTOS, G.B. Benthic macroinvertebrate assemblage structure in two headwater streams, south eastern, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.24, p. 24-34, 2007.

VIDAL-ABARCA, M.R.; SUÁREZ, M.L.; GÓMEZ, R.; GUERRERO, C.; SÁNTEZ-MONTOYA, M.M. & VELASCO, J.. Intra-annual variation in benthic organic matter in a saline, semi-arid stream of southeast Spain (Chicamo stream). **Hidrobiología**, v. 523, p. 199-215, 2004.

VIDAL, L.; MENDONÇA, R. F.; MARINHO, M. M.; CESAR, D.; ROLAND, F. Caminhos do carbono em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Ed.). **Lições de limnologia**. São Carlos: Rima, 2005. p. 193-243.

## **CAPÍTULO 1**

### **QUALIDADE DAS ÁGUAS DO Córrego Água Limpa - Parque Estadual do Biribiri, Diamantina-MG**

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização indiscriminada dos recursos naturais, os desflorestamentos em grandes escalas, lançamento de esgotos *in natura* e o uso inadequado do solo somados à inclusão de fertilizantes e defensivos agrícolas são fatores que têm levado graves problemas ambientais às nascentes das bacias de drenagem (MORAES E JORDÃO, 2002). Esses problemas, frequentemente, resultam em alterações na qualidade e quantidade de suas águas (ANDRADE PINTO *et al.*, 2004), alterações estas que podem ser irreversíveis por vários anos. A água é um recurso renovável, no entanto, é preciso buscar a otimização do seu uso, sendo este um fator de excelência na garantia pelo equilíbrio dos ciclos hidrológicos. A maior razão para esta busca se justifica no aumento da população humana, que tem contribuído com quantidades cada vez maiores de poluentes domésticos e industriais lançados nos corpos d'água.

Contraditoriamente às leis vigentes, no Brasil, o monitoramento das águas continentais tem sido negligenciado, haja vista que muitos corpos de água doce encontram-se em péssimas condições para consumo humano, dessedentação de animais, proteção das comunidades aquáticas, irrigação ou para qualquer outro fim. Não raramente, apenas os rios principais das bacias hidrográficas recebem algum tipo de monitoramento físico-químico e microbiológico, pois córregos e riachos de extrema importância no que concerne aos seus múltiplos usos não têm tido prioridade nesse sentido. As iniciativas em monitorar cursos d'água de pequeno porte ficam retidas em meio acadêmico (NAIME & NASCIMENTO, 2009).

Os parâmetros de qualidade da água também podem sinalizar degradação ambiental, um dos fatores que fortalecem o monitoramento dos corpos de água doce (SILVA *et al.*, 2009). Esse monitoramento fornece subsídios à criação de planos de manejo com fins de mitigação dos efeitos poluidores, bem como a preservação das matas ciliares e vegetações ripárias que protegem os cursos d'água dos agentes estressores externos.

Em contrapartida aos seus vários usos, dos quais o abastecimento humano é prioritário, a água exerce papel disseminador de agentes causadores de doenças. Por isso, torna-se necessária a criação de uma legislação que determine limites de impurezas que ela pode conter. Nesse caso, as características físico-químicas e microbiológicas devem ser mantidas de acordo com aquelas propostas pela Organização Mundial de Saúde ó OMS (SAAD *et al.*, 2007). O órgão responsável, no Brasil, pela classificação dos corpos de água doce é o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Sua última resolução, que diz respeito aos recursos hídricos, é a de número 357, de 17 de março de 2005, na qual as águas doces são classificadas em classe especial, 1, 2, 3 e 4. As de classe 4 não podem ser utilizadas

para abastecimento humano, de outros seres vivos ou para quaisquer outros fins devido à sua má qualidade, e, no caso de tratamento, os gastos onerosos tornam inviável o seu reaproveitamento. As outras classes se diferenciam, entre outros fatores, pelo tipo de tratamento aplicado para suas desinfecções, antes de distribuí-las à população (CONAMA, 2005).

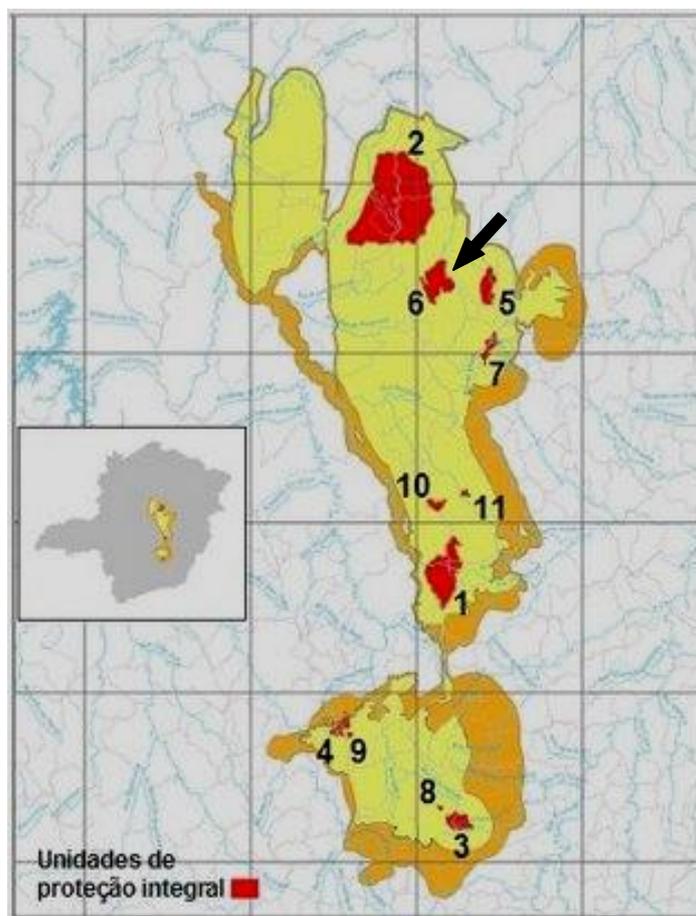
Tendo em vista a importância do monitoramento hídrico, objetivou-se, com este estudo, avaliar as condições físico-químicas e microbiológicas das águas do córrego Água Limpa no P. E. do Biribiri/MG; classificá-las de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, indicando suas aplicações; e levantar hipóteses para as possíveis causas das variações entre as estimativas observadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia do Rio Jequitinhonha está localizada na divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia entre os paralelos  $15^{\circ} 30'$  e  $18^{\circ} 30'$ S e os meridianos  $38^{\circ} 50'$  e  $43^{\circ} 50'$ W. Possui uma área de drenagem de 65.850 Km<sup>2</sup>, 60 municípios, uma população urbana de 429.861 habitantes e rural de 344.253 habitantes (IBGE, 2000).

O trecho analisado diz respeito a um córrego denominado Água Limpa, que está inserido dentro do Parque Estadual do Biribiri (PEB), na Serra do Espinhaço, Alto Jequitinhonha (Figura 1). Seus limites estão entre a nascente do referido córrego e sua junção com o córrego João de Barro.



**Figura 1.** Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral da Serra do Espinhaço. **A seta indica a área de estudo.** 1) Parque Nacional da Serra do Cipó; 2) Parque Nacional das Sempre Vivas; 3) Parque Estadual do Itacolomi; 4) Parque Estadual da Serra do Rola Moça; 5) Parque Estadual do Rio Preto; **6) Parque Estadual do Biribiri;** 7) Parque Estadual do Pico do Itambé; 8) Estação Ecológica Estadual de Tripuí; 9) Estação Ecológica Estadual de Fechos; 10) Parque Estadual da Serra do Intendente; 11) Parque Natural Municipal do Salão de Pedras.

Fonte: Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE), 2009.

O Parque Estadual do Biribiri (PEB), foi criado pelo decreto Estadual nº 39.909, de 22 de Setembro de 1998, e fornece proteção a 16.998,66 hectares da cidade de Diamantina, localizada no Estado de Minas Gerais (IEF, 2005). A criação dessa unidade de conservação de proteção integral tem razão de ser, pois é uma região que detém remanescentes da vegetação do Cerrado, grande número de nascentes e ocorrência de endemismos com espécies seriamente ameaçadas de extinção (SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F., 2005).

O Clima da região é tropical de altitude (Cwb) na classificação de Köppen. A precipitação média anual varia de 1.250 a 1.550 mm e a temperatura média anual está na faixa de 18° a 19°C. A umidade relativa do ar é frequentemente elevada, com médias anuais de 75,6% (NEVES *et al.*, 2005). As estações seca e chuvosa são bem definidas: a primeira ocorre de junho a agosto e a segunda, de novembro a março, aproximadamente. A temperatura média anual está entre os 18 e 19°C. A principal Bacia mantenedora dos cursos d'água é a do Rio Jequitinhonha, que ao norte marca o limite do Parque pela sua confluência com o Rio Pinheiros (IEF, 2005).

A morfologia geográfica da Serra do Espinhaço tem direção Norte-Sul e possui mais de 1.200 Km desde a região norte de Belo Horizonte até o norte do Estado da Bahia. Possui como características planaltos elevados intercalados por grandes formações rochosas. É importante divisor de águas em Minas Gerais, pois separa, a oeste, a Bacia do Rio São Francisco das Bacias dos Rios Doce, Mucuri, Jequitinhonha e Pardo, a leste. Os movimentos tectônicos que determinaram o relevo proporcionaram, juntamente com o sistema de drenagem, a formação de quedas de água e rios com leitos dentro de falhas e fraturas (FRAGA, L.M.S.; ABREU, P. A. A.; NEVES, S. C., 2005).

## **2.2 Amostragem**

Amostras de água foram coletadas no córrego Água Limpa em quatro pontos, que se estendem em, aproximadamente, quatro quilômetros de acordo com as seguintes coordenadas em Universal, Transverso de Mercator (UTM) ó Zona 23 K: Ponto 1: 645137 / 7987876; Ponto 2: 646261 / 7985574; Ponto 3: 646485 / 7985554 e Ponto 4: 648140 / 7985305 (Figuras 2 e 3). Os pontos de coleta foram estabelecidos com base na caracterização do trecho em estudo onde a nascente, representada pelo ponto 1 (Figura 4 A), não sofre influências antrópicas diretas. Os dois pontos subsequentes, 2 e 3 (Figura 4 B e C, respectivamente), encontram-se bem preservados no que concerne à vegetação ripária e suas águas são utilizadas basicamente para recreação de contato primário dos visitantes do parque. Já o ponto

4 (Figura 4 D), apesar de estar inserido em uma unidade de conservação, recebe alta quantidade de chorume proveniente de um lixão desativado que fora vizinho ao córrego. Nesse mesmo ponto, também é adicionado às suas águas esgoto doméstico lançado devido à ocupação inadequada da população que margeia alguns de seus afluentes não inseridos na área do parque.

Foram realizadas, em cada um dos quatro pontos, seis coletas no período de março a setembro/2009. O mês de março foi representativo do período chuvoso, com precipitação de 15 mm, e o mês de agosto foi representativo do período seco, com precipitação de 170 mm (Anexo 2).



**Figura 2.** Pontos de coleta do Córrego Água Limpa utilizados neste estudo.

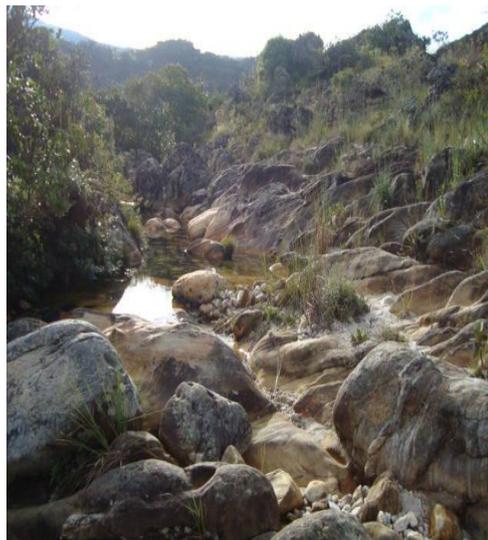
Fonte: Google Earth

As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, devidamente fechados, com a tampa envolvida em papel protetor. Os frascos com as amostras foram mantidos em caixa de isopor com gelo, durante, aproximadamente, duas horas para conservação em baixa temperatura até chegarem ao laboratório (FREIRE, 2001). A temperatura da água foi medida no local, no momento da coleta, com o termômetro de mercúrio. As demais análises foram feitas em laboratório no Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.





A



B



C



D

**Figura 4.** Fotografias dos pontos de coleta de água do Córrego Água Limpa utilizados para a análise físico-química e microbiológica da água ó **A:** Ponto 1 na nascente próxima à Br 367; **B:** Ponto 2; **C:** Ponto 3; **D:** Ponto 4 receptor de esgotos domésticos e chorume e próximo à junção do Córrego Água Limpa com o Córrego João de Barro.

### 2.3 Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências

Para medir o pH e a turbidez foram utilizados o pHmetro AT-300 e o Turbidímetro Microprocessador Plus, respectivamente. Para as análises de Nitrito, Nitrato, Ferro, Fósforo e Amônia, utilizou-se o aparelho Fotocolorímetro AT-100PB obedecendo as metodologias apresentadas na Tabela 1. Para a determinação das concentrações de oxigênio dissolvido foi utilizado o Compact Kit com titulação de óxido-redução. A análise quantitativa de coliformes fecais foi realizada com o uso do Kit Microbiológico *E.Coli*, Coliformes e Salmonellas, que

são laminocultivados desidratados. Todos esses kits e equipamentos foram adquiridos através da empresa Alfakit e suas metodologias são adaptadas da American Public Health Association (APHA, 2005).

**Tabela 1.** Variáveis analisadas, metodologias analíticas e referências.

<b>METODOLOGIA</b>	<b>VARIÁVEIS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
Método Colorimétrico (Ácido Tioglicólico)	Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES, 1977</b>
Método Colorimétrico (Vanadomolibdico)	Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	<b>DAVINO, 1976</b>
Método Colorimétrico (Indotest)	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	<b>APHA, 2005</b>
Método Colorimétrico (Alfaftilamina)	Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES J., 1971</b>
Método Colorimétrico (Brucina)	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES, 1977</b>
Titulação pelo método de Winkler	Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	
Método Nefelométrico	Turbidez (NTU*)	
Potenciométrico	pH	
Termometria	Temperatura (°C)	
Kit Microbiológico	Coliformes (UFC*/100mL)	<b>ALFAKIT, 2007</b>

\* NTU = Unidade nefelométrica de turbidez, UFC = Unidade formadora de colônia, pH = potencial hidrogeniônico.

## 2.4 Classificação das Águas do Córrego Água Limpa

A caracterização, nos diferentes pontos de amostragem, foi realizada de acordo com os limites definidos pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 (ANEXO 1), que estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas, segundo seus usos preponderantes.

## 2.5 Análises estatísticas

As diferenças entre as estimativas das médias das variáveis físico-químicas e microbiológicas e dos organismos zoobentônicos obtidas entre pontos e datas de coleta foram testadas estatisticamente através do teste F estimado a partir da análise de variância (ANOVA). Foi utilizado um modelo para classificação cruzada:  $y_{ij} = M + d_i + p_j + e_{ij}$ , onde M = média geral;  $d_i$  = efeito da data;  $p_j$  = efeito do ponto;  $e_{ij}$  = efeito do resíduo. Quando a

ANOVA mostrou diferenças significativas ao nível de 5%, foi aplicado o Teste Tukey. Foram realizadas análises de correlação para medir o grau de relacionamento entre as variáveis avaliadas ao nível de significância 10% pelo teste t bilateral. Todos esses cálculos foram realizados com auxílio do programa Excel ó Office 2007.

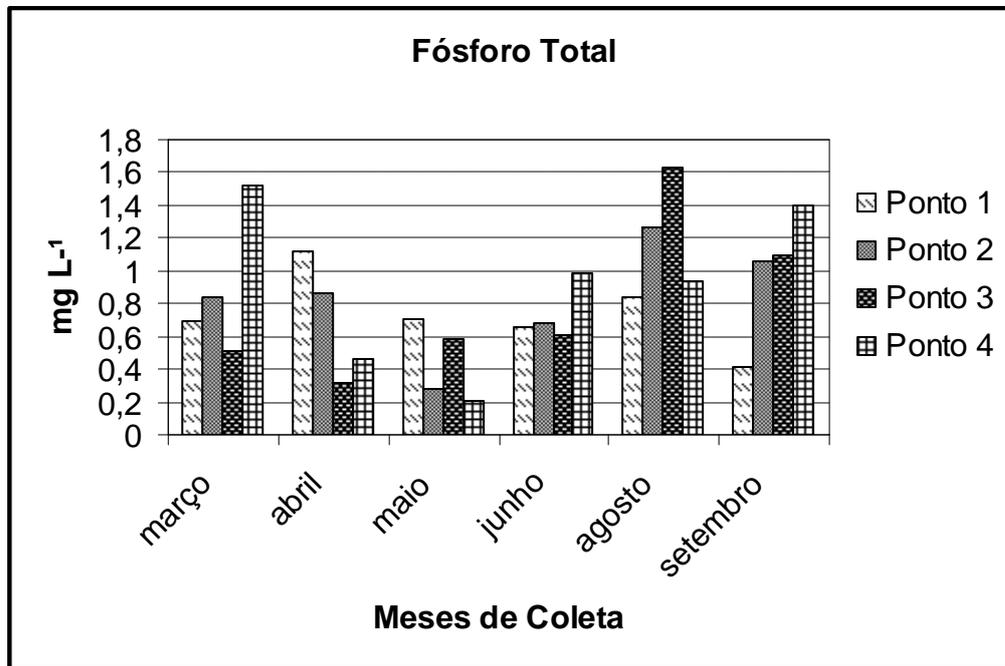
### 3 RESULTADOS

As concentrações mais altas de fósforo total, nitrito, nitrato e ferro ocorreram, com maior frequência, no ponto 4 (Figuras 5A, 5B, 6A e 7A, respectivamente). Neste ponto, também foram mais elevados os valores da turbidez e dos coliformes fecais termotolerantes (Figura 9A e B, respectivamente) e mais baixas as taxas de oxigênio dissolvido (Figura 7B) durante o todo o período de coleta e análise das amostras de água. Os valores de pH mais elevados foram obtidos, de forma mais frequente, nos pontos 1 e 4 (Figura 8A). Elevadas concentrações de amônia ocorreram na coleta do mês de março (Figura 6B). A temperatura apresentou-se constante, em todos os pontos de coleta, no mês de março, e mais baixa no mês de junho (Figura 8B).

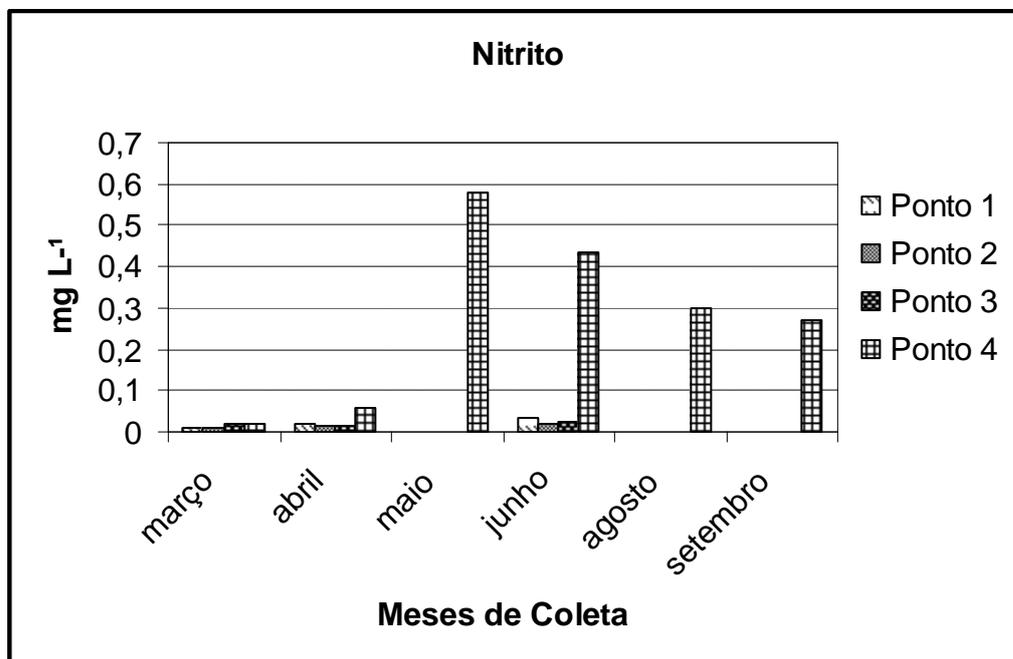
Não houve diferença significativa para as médias dos valores de fósforo total entre pontos de coleta. O ponto 1 apresentou as menores médias de concentração para fósforo total, nitrito, ferro, temperatura e coliformes fecais, sendo que o mesmo não ocorreu para nitrato, amônia, oxigênio dissolvido, pH e turbidez. Para nitrato, amônia, turbidez e coliformes fecais, o ponto 1 foi semelhante aos pontos 2 e 3, mas diferente do ponto 4. Os pontos 2 e 3 apresentaram valores de concentrações bem próximos para quase todas as variáveis, podendo-se considerá-los intermediários entre os encontrados nos pontos 1 e 4. Os resultados obtidos para o nitrito tornam semelhantes, entre si, os pontos 1 e 2 e os pontos 3 e 4. O ponto 4 destacou-se pelas maiores médias observadas para a maioria das variáveis, com exceção do oxigênio dissolvido e temperatura. Esse ponto se assemelhou ao 3 nos valores de nitrito, ferro, pH e temperatura, porém, houve diferença significativa para os valores de nitrato, amônia, turbidez e coliformes fecais. Os quatro pontos de coleta apresentaram semelhança quanto aos valores médios de fósforo total (Tabela 2).

Considerando-se as datas das coletas, as maiores médias dos valores de amônia, oxigênio dissolvido, turbidez e temperatura ocorreram na coleta de 31/03. Em 03/08, 06/05, 25/04, 14/09, 22/06 e 03/08 obtiveram-se maiores quantidades, respectivamente, de fósforo total, nitrito, nitrato, ferro, pH e coliformes fecais. As menores médias de nitrito, pH e coliformes fecais ocorreram em 31/03, turbidez em 25/04, fósforo total e nitrato em 06/05, ferro e temperatura em 22/06 e amônia e oxigênio dissolvido em 03/08. Não houve diferença significativa entre as datas de coleta para fósforo total, nitrito, ferro, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e coliformes fecais. As datas 31/03 e 06/05 se diferenciaram quanto à amônia e nitrato, respectivamente. As médias dos valores da temperatura foram as que mais

diferenciaram as datas de coleta e, nesse caso, a data 22/06 é a que apresenta o valor mais distinto em relação aos outros (Tabela 3).

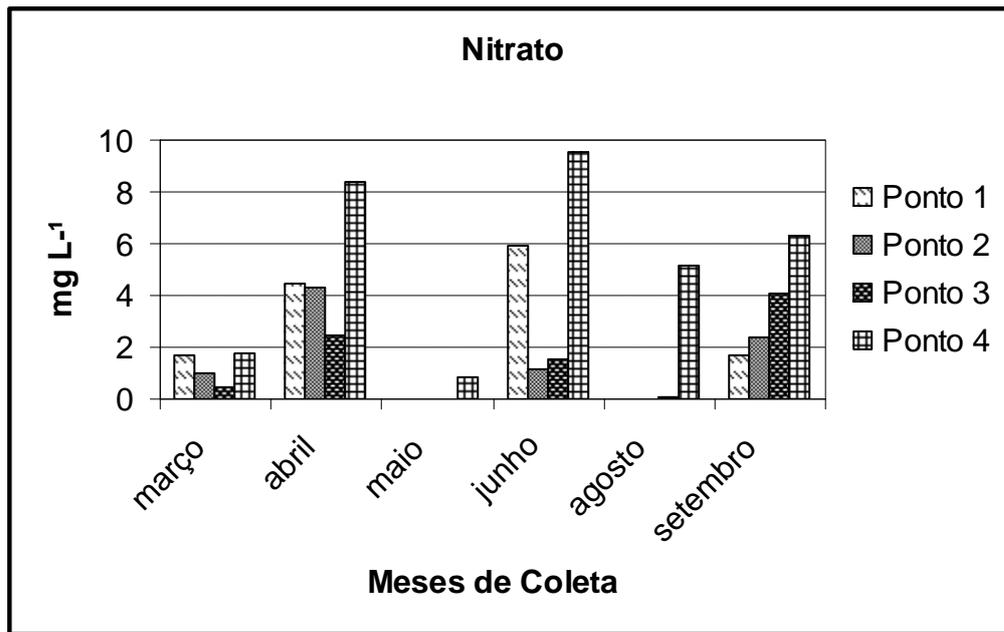


A

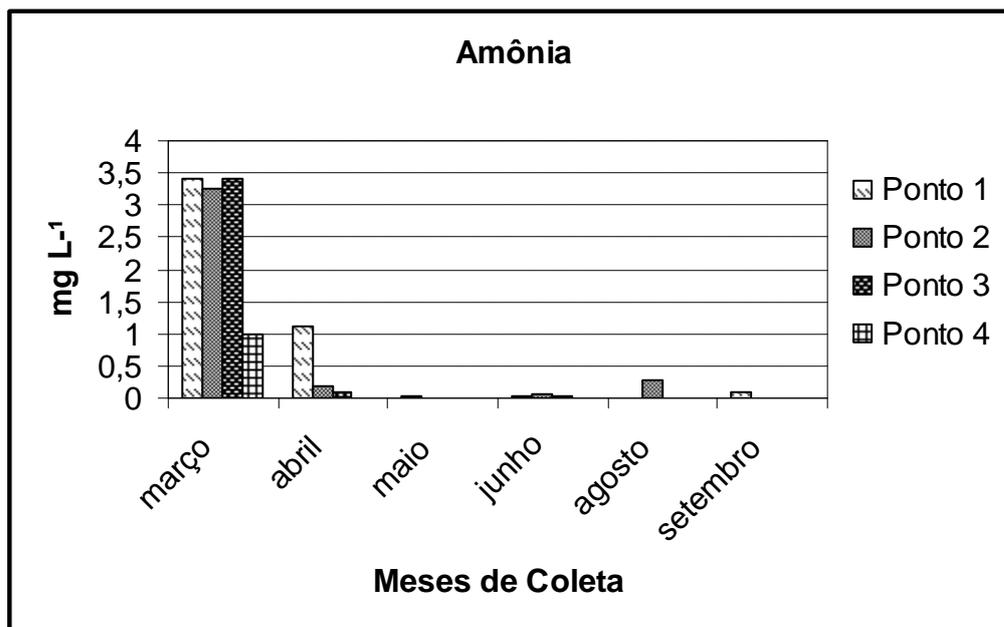


B

**Figura 5.** Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Fósforo Total (A) e Nitrato (B).

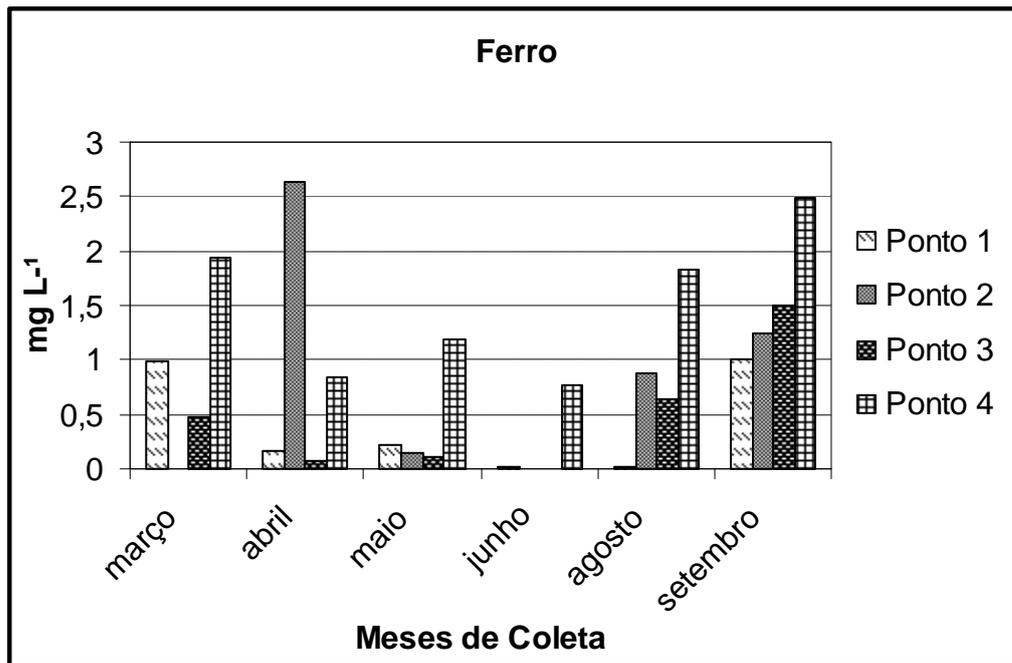


A

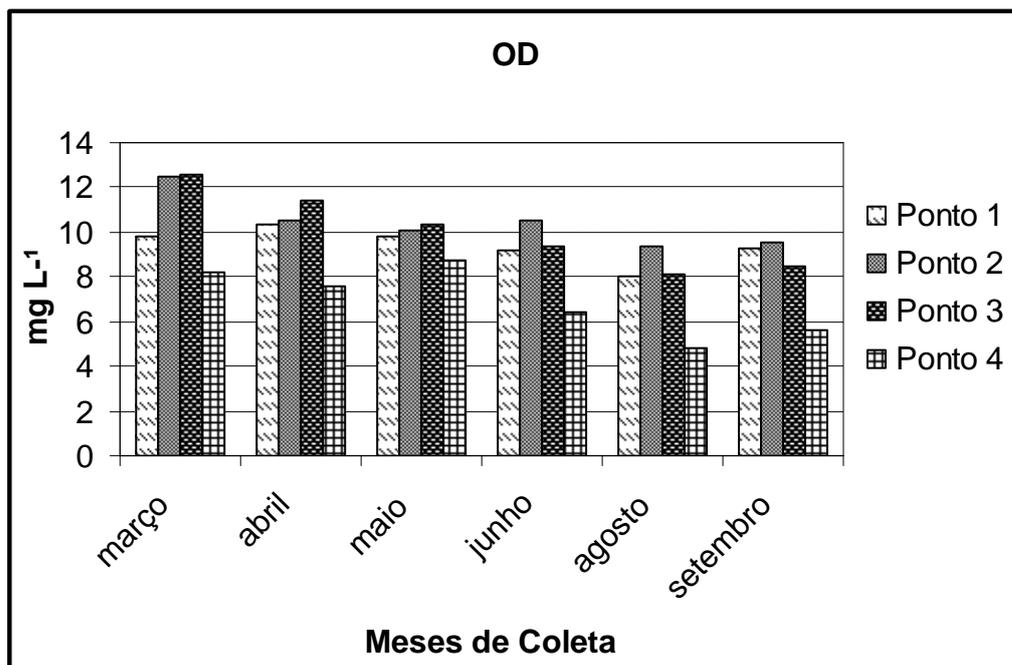


B

**Figura 6.** Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Nitrato (A) e Amônia (B).

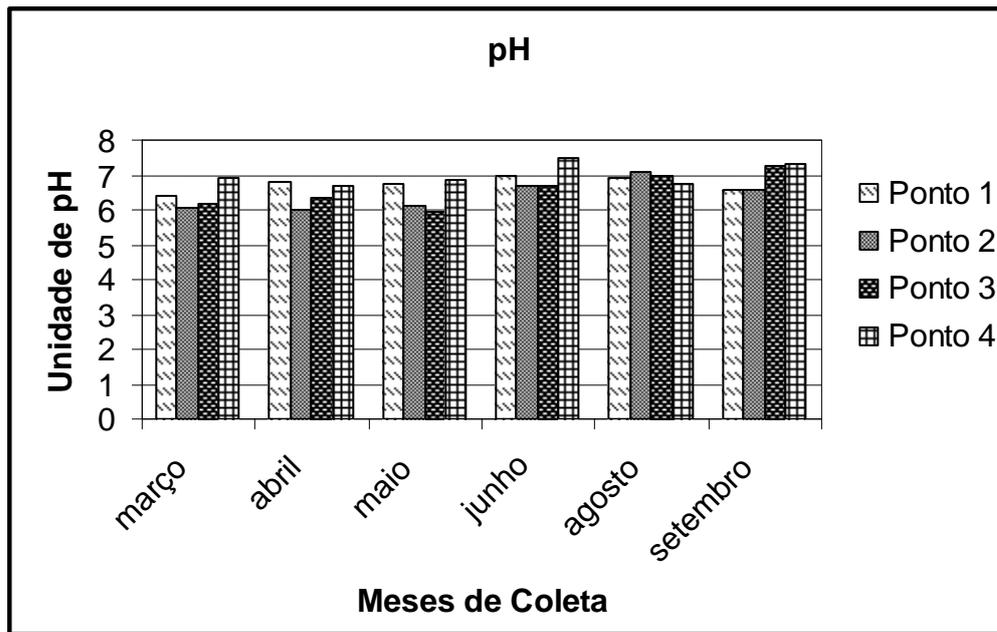


A

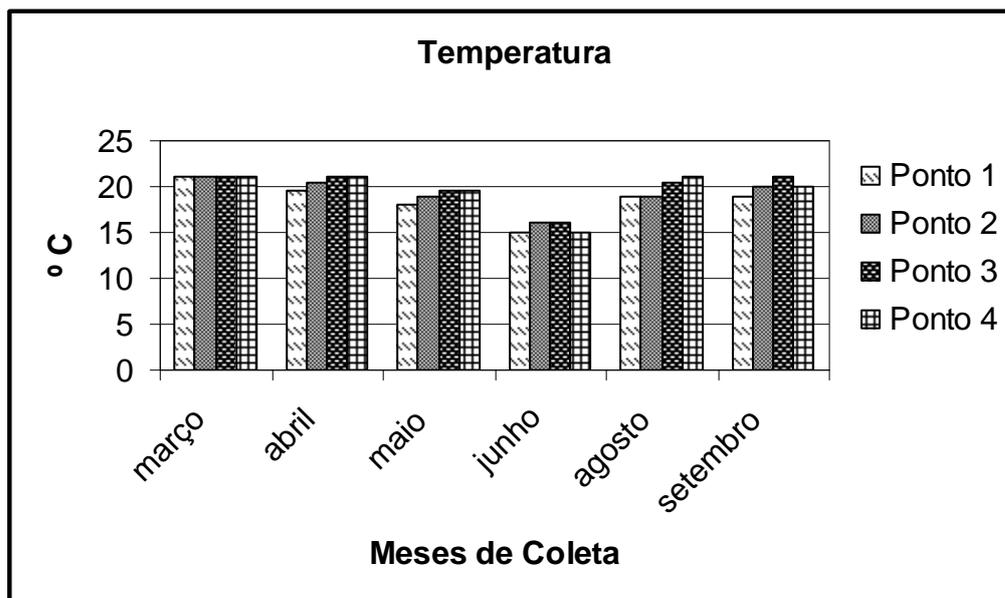


B

**Figura 7.** Valores químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Ferro (A) e Oxigênio Dissolvido (B).

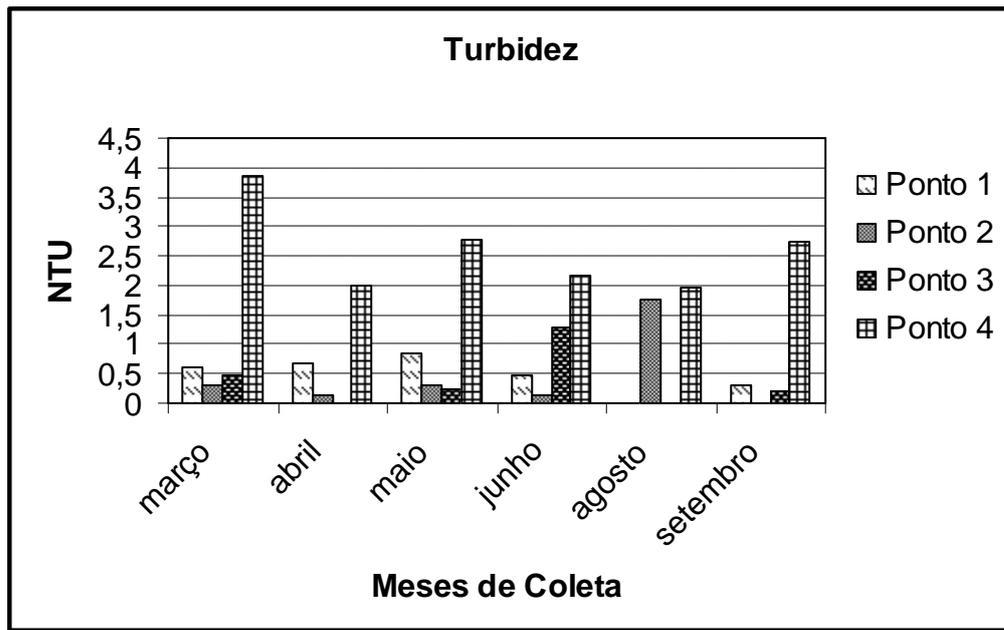


A

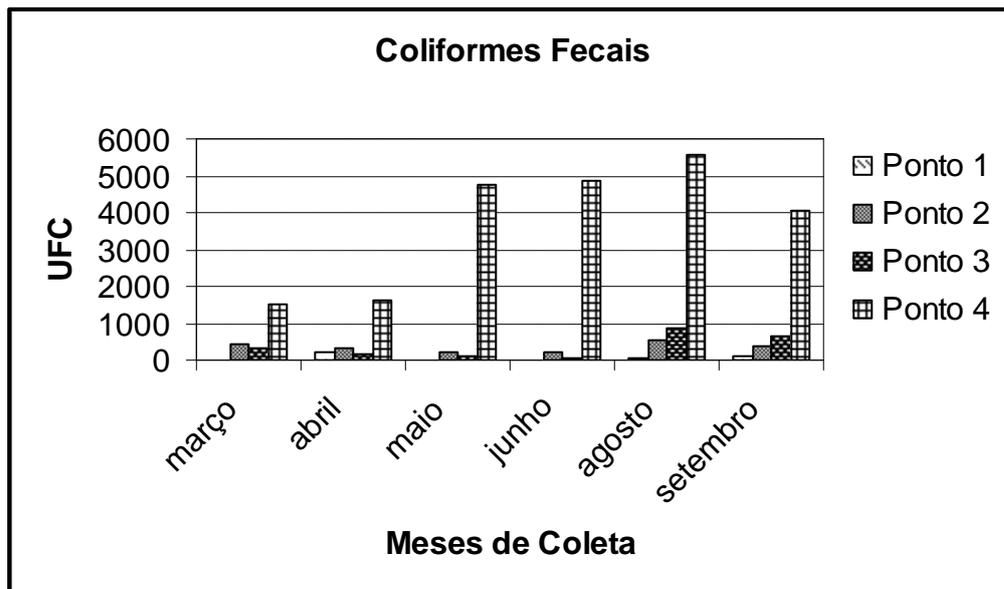


B

**Figura 8.** Valores físico-químicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: pH (A) e Temperatura (B).



A



B

**Figura 9.** Valores físicos e microbiológicos de amostras de água do Córrego Água Limpa, PE do Biribiri, MG: Turbidez (A) e Coliformes fecais (B).

**Tabela 2.** Estimativas das médias das variáveis físico-químicas e microbiológicas em cada ponto de coleta do Córrego Água Limpa no período de março a setembro de 2009.

Ponto	P <sup>1,2</sup>	Nitrito <sup>2</sup>	Nitrato <sup>2</sup>	Amônia <sup>2</sup>	Ferro <sup>2</sup>	OD <sup>1,2</sup>	pH <sup>2</sup>	Turb <sup>1,2</sup>	Temp <sup>1,2</sup>	CF <sup>1,2</sup>
1	0,736 a	0,007 b	2,303 b	0,777 b	0,400 b	9,400 a b	6,737 a b	0,488 b	18,58 b	70 b
2	0,830 a	0,010 b	1,473 b	0,634 b	0,817 a b	10,42 a	6,418 b	0,445 b	19,25 a b	345 b
3	0,793 a	0,276 a	1,443 b	0,589 b	0,467 a b	10,05 a	6,577 a b	0,362 b	19,83 a	360 b
4	0,919 a	0,304 a	5,342 a	1,605 a	1,510 a	6,883 b	7,008 a	2,582 a	19,58 a	3730 a

1: P- Fósforo Total; OD- Oxigênio Dissolvido; Turb- Turbidez; Temp- Temperatura; CF- Coliformes Fecais

2: Unidade de medida para P, Nitrito, Nitrato, Amônia, Ferro e OD- mg L<sup>-1</sup>; pH- Unidade de pH; Turb- Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU); Temp- °C; CF- Unidade formadora de colônia (UFC). Médias seguidas de letras diferentes nas colunas são estatisticamente diferentes, de acordo com o Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

**Tabela 3.** Estimativas das médias das variáveis físico-químicas e microbiológicas em cada data de coleta nos quatro pontos do Córrego Água Limpa.

Coleta	P <sup>1,2</sup>	Nitrito <sup>2</sup>	Nitrato <sup>2</sup>	Amônia <sup>2</sup>	Ferro <sup>2</sup>	OD <sup>1,2</sup>	pH <sup>2</sup>	Turb <sup>1,2</sup>	Temp <sup>1,2</sup>	CF <sup>1,2</sup>
31/03/09	0,892 a	0,015 a	1,255 a	3,398 a	0,851 a	10,775 a	6,403 a	1,31 a	21,0 a	555 a
25/04/09	0,690 a	0,025 a	4,898 a	0,563 b	0,924 a	9,950 a	6,470 a	0,71 a	20,5 b	585 a
06/05/09	0,444 a	0,145 a	0,216 b	0,269 b	0,416 a	9,725 a	6,420 a	1,04 a	19,0 b	1267,5 a
22/06/09	0,734 a	0,129 a	4,546 a	0,541 b	0,195 a	8,875 a	6,948 a	1,01 a	15,5 c	1290 a
03/08/09	1,166 a	0,075 a	1,319 a	0,149 b	0,845 a	7,575 a	6,943 a	0,93 a	19,9 a b	1755 a
14/09/09	0,991 a	0,067 a	3,609 a	0,485 b	1,560 a	8,225 a	6,928 a	0,81 a	20,0 ab	1305 a

1: P- Fósforo Total; OD- Oxigênio Dissolvido; Turb- Turbidez; Temp- Temperatura; CF- Coliformes Fecais

2: Unidade de medida para P, Nitrito, Nitrato, Amônia, Ferro e OD- mg L<sup>-1</sup>; pH- Unidade de pH; Turb- Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU); Temp- °C; CF- Unidade formadora de colônia (UFC). Médias seguidas de letras diferentes nas colunas são estatisticamente diferentes, de acordo com o Teste Tukey, ao nível de 5% de significância.

**Tabela 4.** Estimativas em porcentagem das correlações existentes entre as variáveis avaliadas.

	<b>P</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Amônia</b>	<b>Ferro</b>	<b>OD</b>	<b>Turb</b>	<b>CF</b>	<b>Temp</b>	<b>pH</b>
<b>P</b>		-0,09	0,13	0,17	0,42	-0,26	0,26	-0,12	0,15	0,52
<b>Nitrito</b>			0,41	0,16	0,32	-0,29	0,61	0,77	-0,16	0,42
<b>Nitrato</b>				0,09	0,36	-0,38	0,35	0,19	-0,17	0,44
<b>Amônia</b>					0,18	0,28	0,42	0,15	0,30	-0,05
<b>Ferro</b>						-0,47	0,48	0,28	0,42	0,23
<b>OD</b>							-0,24	-0,37	0,09	-0,58
<b>Turb</b>								0,53	0,02	0,49
<b>CF</b>									0,04	0,28
<b>Temp</b>										-0,33
<b>pH</b>										

As células sombreadas destacam os valores com significância a 10% pelo teste t (bilateral).

**Tabela 5.** Nível de significância em porcentagem das correlações entre as variáveis avaliadas pelo teste t bilateral.

	<b>P</b>	<b>Nitrito</b>	<b>Nitrato</b>	<b>Amônia</b>	<b>Ferro</b>	<b>OD</b>	<b>Turb</b>	<b>CF</b>	<b>Temp</b>	<b>pH</b>
<b>P</b>		0,69	0,54	0,42	0,04	0,22	0,22	0,59	0,48	0,09
<b>Nitrito</b>			0,05	0,46	0,12	0,16	0,01	0,00	0,44	0,38
<b>Nitrato</b>				0,67	0,08	0,06	0,09	0,38	0,42	0,03
<b>Amônia</b>					0,40	0,18	0,04	0,48	0,15	0,88
<b>Ferro</b>						0,02	0,02	0,18	0,04	0,28
<b>OD</b>							0,25	0,08	0,69	0,003
<b>Turb</b>								0,07	0,94	0,15
<b>CF</b>									0,84	0,18
<b>Temp</b>										0,12
<b>PH</b>										

As células sombreadas destacam os valores com significância a 10% pelo teste t (bilateral).

As correlações mais significativas entre as variáveis analisadas foram as seguintes: nitrato com nitrito, ferro com fósforo total e nitrato, oxigênio dissolvido com nitrato e ferro, turbidez com nitrito, nitrato, amônia e ferro, coliformes fecais com nitrito, oxigênio dissolvido com turbidez, temperatura com ferro, pH com fósforo total, nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido e turbidez (Tabelas 4 e 5).

## 4 DISCUSSÃO

Vários fatores como clima, geologia, vegetação marginal, diferentes usos e ocupações do solo contribuem na caracterização física, química e microbiológica dos ambientes aquáticos lóticos (SCHÄFER, 1985). Portanto, o estado em que se encontra um corpo de água corrente é resultado das alterações de espaço e tempo provenientes das interações bióticas e abióticas (RESH *et al.*, 1988). O conhecimento de todos esses fatores torna-se pertinente, já que vão determinar a qualidade das águas e suas aplicabilidades.

### 4.1 Fósforo Total

O fósforo destaca-se pela sua importância nos processos de conversão de energia realizados durante o metabolismo dos seres vivos. Ele tem sido apontado como principal fator limitante de produtividade em ecossistemas aquáticos e está diretamente associado ao processo de eutrofização das águas doces (ESTEVES, 1998). O fitoplâncton, as bactérias e plantas bênticas assimilam o fósforo e este é remineralizado por animais e microrganismos heterotróficos (SANTOS *et al.*, 2007).

Todos os valores obtidos para fósforo total em todos os pontos e em todas as datas de coleta encontram-se acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA de 2005, que é  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  para águas de classes 1, 2, e  $0,15 \text{ mg L}^{-1}$  para águas de classe 3 (tabela 2).

O ponto 1, por se tratar da nascente, merece atenção para as elevadas taxas do elemento químico em questão. Valores acima do permitido não deveriam ocorrer nesse local, pois o fósforo tem sido frequentemente associado aos despejos pontuais de esgoto doméstico e agrotóxicos nos cursos de água (THOMANN E MUELLER, 1987), o que não é o caso do ponto 1. Porém, este ponto concentra baixo volume de água o que pode ocasionar maior concentração de fósforo. Além disso, o ponto 1 está localizado sobre relevo declivoso e, em nível mais alto, e bem próxima à nascente está a BR 367. O recobrimento do solo pelo asfalto faz com que haja uma concentração muito grande de água das chuvas nos sistemas de drenagem, os quais levam essas águas para os locais mais baixos da vertente, os córregos (TUCCI, 2001; PELLEGRINI, 2005). Como estes apresentam uma capacidade de drenagem pequena, que deveria atender apenas as águas que nele chegassem de forma natural, eles se vêem numa situação fortemente modificadora no que diz respeito às suas condições originais (PESSON, 1979). Somando-se a este fator, a ausência da cobertura vegetal acentua as transferências de sedimento e cargas de contaminantes por erosão.

A transferência de agentes poluidores acarretou as altas concentrações de fósforo nos pontos 2 e 3, que são subsequentes ao 1. Cabe ressaltar que as águas desses pontos são eventualmente utilizadas pela população para lavagem de roupas. Isso pode ter elevado os teores dessa variável, já que o sabão é um dos contribuintes para o lançamento de fósforo na água.

As altas quantidades de fósforo total, mais frequentes no ponto 4, resultaram suas maiores médias das concentrações. Altas quantidades dessa variável evidenciam impactos antrópicos (NAIME & NASCIMENTO, 2009). Nesse contexto, o ponto 4 sofre mais com interferências externas em relação aos outros pontos de coleta do Córrego Água Limpa, devido ao aporte de esgoto doméstico e chorume recebidos em suas margens. Quando há maior disponibilidade de oxigênio, o fósforo fixa-se ao fundo lodoso de maneira irreversível (PESSON, 1979). O ponto 4 apresentou piores condições de aerobiose, portanto, isso favoreceu suas maiores concentrações na superfície da água. Além do mais alto valor da média de fósforo total, o período seco constituiu-se em um fator adicional para elevar os teores dessa variável. Foi possível observar o aumento da eutrofização pela presença de macrófitas aquáticas da espécie *Eichhornia crassipes* no ponto 4 do período chuvoso, em 31/03/2009, para o seco, em 03/08/2009 (figura 6A e B respectivamente).

**A****B**

**Figura 10.** Eutrofização no ponto 4 em 31/03/2009 (A) e em 03/08/2009 (B) por macrófitas da espécie *Eichhornia crassipes*, conhecida popularmente como Aguapé ou Baronesa (indicada pela seta).

Dá-se o nome de eutrofização ao crescimento excessivo das plantas aquáticas planctônicas ou aderidas, em níveis tais que sejam considerados causadores de grandes interferências na queda da qualidade das águas. Tal ocorrência deve-se às grandes quantidades de fósforo e nitrogênio direcionadas às águas provenientes de esgotos domésticos e ao uso de agrotóxicos nas lavouras. Períodos secos são também períodos de mais alta luminosidade, o que faz aumentar a taxa fotossintética das algas que se multiplicam podendo atingir superpopulações (VON SPERLING, 1996).

O fato de os valores de fósforo total estarem acima do limite permitido pelo CONAMA nos pontos e nas datas de coleta e de não haver diferença significativa entre esses valores indica que as águas de todo o trecho estudado vêm sofrendo alterações negativas. Isso requer atenção especial a esse curso d'água, devido à importância das consequências dos níveis aumentados de fósforo para as águas continentais.

#### **4.2 Compostos Nitrogenados ó Nitrito, Nitrato e Amônia**

A determinação de compostos nitrogenados em águas é extremamente importante, pois eles indicam contaminação recente e, em águas superficiais, a presença de nitritos pode indicar a decomposição parcial de matéria orgânica (SILVA, 1994).

Para os teores de nitrito, nitrato e amônia (figura 4B, 4C e 4D) , todos os valores obtidos de suas concentrações encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA de 2005 (Tabela 2).

O nitrito é o composto nitrogenado mais comum nas águas superficiais e em teores bem baixos. É uma molécula instável na presença de oxigênio, sendo um composto intermediário no processo de nitrificação, quando a amônia é oxidada por bactérias presentes no ambiente aquático, formando o nitrato. O nitrito é utilizado por plantas aquáticas como fonte de nitrogênio e indica a ocorrência de processos biológicos que sofrem influência da poluição orgânica (GORSEL & JENSEN, 1999).

Nos pontos 1 e 2 obtiveram-se baixas taxas de nitrito, pois, nesses pontos, o córrego Água Limpa não recebe descargas de esgoto e não há em suas proximidades plantações que possam se utilizar de fertilizantes agrícolas. Portanto, essas fontes de compostos nitrogenados associadas, frequentemente, ao seu aporte para os corpos d'água não se fazem presentes nesses locais.

Por receber as águas dos pontos 1 e 2, o ponto 3 pode estar acumulando quantidades de nitrito de trechos anteriores, o que fez aumentar sua média de concentração. O ponto 4 tem

sua média com maior valor devido à maior quantidade de carga poluidora da qual é receptor. Mesmo com a maior média da concentração de nitrito, em virtude dos valores mais altos ocorridos a partir do início da estiagem, as águas do ponto 4 encontram-se dentro do valor permitido pelo CONAMA. A manutenção desses valores dentro do limite está relacionada à maior quantidade de microrganismos - bactérias nitrossomonas e nitrobacters ó que processam o nitrito na presença de oxigênio, convertendo-o em nitrato (VON SPERLING, 2005). Portanto, há uma forte correlação entre nitrito e nitrato.

O maior valor médio de nitrato obtido no ponto 4 enquadra-se dentro do limite estabelecido por lei, porém nesse local foram obtidos valores absolutos de nitrito preocupantes, por estarem próximos ao limite máximo permitido. O fato de o nitrato também ser um composto relacionado ao aporte de matéria orgânica explica suas maiores concentrações nesse local.

A menor concentração de nitrato em 06/05 coincide com a maior concentração de nitrito na mesma data. Provavelmente, o processo de nitrificação não chegou à fase final na amostra de água coletada nessa data.

A amônia é uma substância tóxica não persistente no meio aquático, não cumulativa e, quando em baixas concentrações, não causa danos fisiológicos aos animais (PIEDRAS *et al.*, 2006). É a primeira substância resultante do ciclo do nitrogênio e é consequência do acúmulo de matéria orgânica como alimentos, fezes e urina.

As mesmas causas que fizeram o ponto 4 mais concentrado em nitrito e nitrato podem explicar a alta taxa da média de amônia: o direcionamento de poluentes domésticos e chorume para suas águas. O mês de março é chuvoso em Diamantina (Anexo 2), município onde está inserido o P.E. do Biribiri. O maior volume de água acrescentado ao córrego, nesse período, pode ter causado diluição da carga orgânica que o ponto 4 recebe. Com menor concentração dos microrganismos, o processo de conversão da amônia em nitrito e nitrato ficou mais lento.

Para os compostos nitrogenados, as águas do Córrego Água Limpa enquadram-se dentro do limite adequado para a classe 1. Esta classe de água tem aplicações como: abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; e irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rente ao solo e que são ingeridas cruas sem remoção de película (CONAMA, 2005).

### 4.3 Ferro

Em condições de aerobiose, os microrganismos fazem uso do oxigênio do meio para oxidar combinações orgânicas (CORSEUIL & MARINS, 1997) e, na ausência de oxigênio, os microrganismos fazem uso das substâncias inorgânicas para realizarem o papel de receptores de elétrons, como o ferro. O aumento na concentração de Fe (II) indica forte degradação dos contaminantes via ferro redução, portanto, a produção de íons Fe (II) indica a presença de processos que ocorrem com baixas taxas de oxigênio (MAZZUCO, 2004). Um declínio do potencial redox, de valores positivos para negativos, reflete a mudança de condições oxidantes - favoráveis aos microrganismos aeróbios - para condições redutoras - melhores condições aos processos anaeróbios (MARIANO, 2007). Isso justifica a correlação negativa entre o ferro e o oxigênio dissolvido e explica o maior teor de ferro obtido no ponto 4.

Os teores de ferro estão relacionados com a formação de complexos de fósforo que tornam o ferro insolúvel (HODSON *et al.*, 2001). A adsorção de fosfato e a superfície específica de óxidos de ferro possuem correlação direta (FONTES E WEDD, 1996). Por outro lado, a predominância das concentrações altas de ferro detectada nas análises pode ser explicada também pela presença marcante desse mineral nas rochas e solos da região da Serra do Espinhaço, sendo, então, considerada um padrão natural (HIZUKA, 2008).

Para esse elemento, os pontos 1, 2, 3 e 4 encontram-se fora dos padrões para águas de classes 1 e 2, enquadrando-se em águas de classe 3. As utilidades para esta classe de água são: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; e dessedentação de animais (CONAMA, 2005).

### 4.4 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio é primordial ao metabolismo dos seres aeróbios aquáticos e, em águas correntes, em condições de normalidade, a quantidade de oxigênio é alta e sofre variações causadas por mudanças em suas características ambientais. Portanto, é de extrema importância analisar as concentrações desse parâmetro na água (MAIER, 1987; VON SPERLING, 2005).

No ponto 1, a concentração de oxigênio dissolvido é, na maiorias das vezes, menor que a dos pontos 2 e 3. Nesse caso, menores quantidades de oxigênio dissolvido podem ser encontradas devido ao menor volume de água e menor velocidade da correnteza, o que diminui o turbilhamento da água e, conseqüentemente, a dissolução do oxigênio atmosférico. O CONAMA não determina quantidades ideais para o oxigênio dissolvido em áreas de

nascente. Cabe ressaltar que, quando sai do lençol freático, a água tem concentrações de oxigênio próximas de  $0 \text{ mg L}^{-1}$  pois, até então, não há contato da água com a atmosfera (ALMEIDA *et al.*, 2004).

As maiores quantidades de oxigênio dissolvido na água predominaram nos pontos 2 e 3, onde o córrego possui maior volume de água e seu entorno encontra-se preservado no que diz respeito à vegetação ripária, que protege os cursos d'água de possíveis interferências externas negativas.

No ponto 4, por apresentar elevadas quantidades de coliformes fecais e matéria orgânica, o consumo de oxigênio ocorre com maior rapidez. Além disso, os compostos inorgânicos, ao se oxidarem, também provocam a diminuição do oxigênio do meio (VON SPERLING, 2005). Esses fatores determinam as correlações negativas do oxigênio dissolvido com os compostos nitrogenados e com o ferro. A média de oxigênio dissolvido no ponto 4, mesmo sendo a mais baixa, está adequada para águas de classe 1. Porém, foram observados valores absolutos mais baixos em época de seca que enquadram essas águas em águas de pior qualidade: classes 2 e 3.

#### **4.5 Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O pH é uma escala que mede a proporção entre os íons  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ , em solução e, de acordo com Esteves (1998), é uma das variáveis mais difíceis de interpretação. A complexidade desta tem sua causa na existência de muitas variáveis que a influenciam. A fisiologia dos seres aquáticos e a permeabilidade de suas membranas sofrem influência do pH (LIMA E GARCIA, 2008) e é preocupação da prática da análise de água saber, também, como seus valores interferem nas concentrações de outras substâncias, como o nitrito e a amônia (SILVA, 1994).

De acordo com os limites estabelecidos para águas doces de classes 1, 2 e 3, o pH deve estar entre 6,0 e 9,0 (CONAMA, 2005). As médias obtidas entre os pontos mostram leve acidez nos pontos 1, 2 e 3 e nula no ponto 4, portanto, todos os pontos enquadram-se nos padrões estabelecidos pela legislação.

Quando há baixas quantidades de compostos nitrogenados e fosfatados na água, há uma tendência à queda do pH (ESTEVES, 1998; KUBITZA, 1999). Por isso, os pontos 1, 2, 3 apresentaram-se com o pH mais baixo. Ao se aproximar de fontes poluidoras, no ponto 4, o pH se elevou. Portanto, a correlação dos compostos de nitrogênio e fósforo com o pH é direta. O mesmo não se pode dizer da correlação do pH com o oxigênio dissolvido que foi negativa,

pois os compostos nitrogenados e fosfatados, ao se oxidarem, fazem reduzir a quantidade de oxigênio.

No período de estiagem, a partir de 22/06, as médias de pH aumentaram, devido ao menor volume de água e maior concentração dos compostos nitrogenados e fosfatados (LIMA & GARCIA, 2008).

#### **4.6 Turbidez**

Quando os corpos d'água recebem partículas de materiais carregados devido à atuação conjunta de erosões, enxurradas e relevo declivoso, essas partículas permanecem, temporariamente ou não, na superfície da água. A variável representativa do grau de interferência à penetração de luz na água é a turbidez (LIMA & GARCIA, 2008).

O resultado significativo para turbidez no ponto 4 deve-se às ações antrópicas que esse local vem sofrendo e esse é um parâmetro que está diretamente relacionado às concentrações de compostos nitrogenados e ferro.

O maior valor de turbidez ocorreu no dia 31/03/2009, data em que o córrego sofria influência da chuva. A água acrescentada ao córrego carregou materiais que fizeram aumentar a turbidez. Mesmo com as maiores médias para o ponto 4 e para a data de 31/03, os valores de turbidez obtidos encontram-se bem abaixo do limite máximo permitido pelo CONAMA. Ou seja, as águas do Córrego Água Limpa não se enquadram em águas impróprias para uso, quando se considera apenas a turbidez.

#### **4.7 Temperatura**

O CONAMA não especifica temperaturas ideais para classes de água, e temperaturas mais elevadas implicam em aumento de reações químicas e biológicas, elevando a transferência de gases. Em consequência desses fatores, pode haver liberação de gases com mau cheiro e diminuição da solubilidade do oxigênio da água (VON SPERLING, 1996).

No ponto 1, as águas emergem do lençol freático e por isso apresentaram temperaturas mais baixas. Os pontos 3 e 4, por se localizarem em curso mais baixo do córrego, recebem águas que sofrem maior revolvimento durante o percurso, o que ocasiona temperaturas um pouco mais altas. Outro fator responsável pelo aumento dessa variável, nesses pontos, diz respeito a sua localização em relevo mais plano, o que mantém as águas por mais tempo expostas à insolação (SILVA *et al.*, 2009). O aumento da atividade microbiana também pode ter contribuído para elevar a temperatura no ponto 4.

As datas que mais se diferenciaram foram 31/03 e 22/06, com maior e menor média, respectivamente. Nesse caso, houve uma tendência da temperatura da água em acompanhar a temperatura ambiente: em março caracteriza-se o verão no local estudado e, em junho, o inverno. As chuvas ocorridas no verão proporcionaram correlação direta entre essa variável e o ferro que, junto às partículas do solo, foi carregado para dentro do curso d'água.

#### **4.8 Coliformes Fecais**

A análise de coliformes fecais é de suma importância para o monitoramento dos corpos hídricos, uma vez que essa variável está intimamente relacionada à poluição por esgotos domésticos (NAIME & NASCIMENTO, 2009). A principal característica bioquímica usada para identificar os coliformes fecais é sua capacidade de fermentar a lactose, com produção de gás, na temperatura de 44,5°C. Assim, quanto maior for a quantidade de matéria orgânica disponível, maior será a população de organismos que a decompõem, portanto, maior será a quantidade de oxigênio consumida (NUVOLARI, 2003).

Somente o ponto 1 apresentou a média de coliformes fecais dentro do limite aceitável, e os pontos 2 e 3, apesar de se assemelharem, estatisticamente, ao ponto 1, encontram-se com níveis acima do permitido. O resultado do ponto 4 com a maior média obtida era esperado, pois o local sofre interferências externas bem mais graves quando comparadas àquelas a que são submetidos os pontos de coleta 1, 2 e 3. Além disso, suas águas já apresentam características típicas daquelas que recebem esgoto e lixo, como odor desagradável, eutrofização e turbidez mais acentuada. Essas características evidenciam a correlação direta entre coliformes fecais, nitrito e turbidez e correlação inversa deste parâmetro com o oxigênio dissolvido. Resultados como esse foram encontrados por outros autores (SAAD *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2008; SOUZA & NUNES, 2008) que observaram valores altos de coliformes fecais em corpos hídricos com acúmulo de lixo e receptores de carga poluidora, como os esgotos domésticos.

Quanto aos valores das médias de coliformes fecais nas datas de coleta, todos estão bem acima do limite permitido e é notável o aumento desses valores em épocas de estiagem (de maio a setembro). Isso aconteceu devido ao menor volume de água do Córrego e maior quantidade de matéria orgânica acrescentada em seu curso.

Somente no ponto 1 a média de coliformes fecais foi adequada para águas de classe 1. Os pontos 2 e 3 enquadram-se em águas de classe 2 utilizadas para abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parques e jardins;

aquicultura e pesca. Já o ponto 4 teve média de coliformes fecais compatível com águas de classe 3.

## 5 CONCLUSÕES

Não há como enquadrar as águas do Córrego Água Limpa em apenas uma classe de água, uma vez que ele apresentou médias de concentrações diferentes de cada parâmetro analisado, em cada ponto de coleta. Isso tem razão de ser, pois esses locais sofrem graus diferenciados de interferências externas.

Apesar de as médias da maior parte dos parâmetros analisados se enquadrarem dentro das águas de classe 1, foram encontrados valores absolutos preocupantes, que excederam ao limite permitido pela legislação. Valores que, de forma alguma, podem enquadrar as águas em padrões de potabilidade humana ou de contato primário, como os que foram obtidos para amônia, oxigênio dissolvido e coliformes fecais, observando-se as médias de suas concentrações. Esses limites foram ultrapassados, com frequência, pelas águas do ponto 4, o que indica que esse local é o principal responsável pela perda da qualidade da água do trecho em estudo. É preciso atentar para o fato de que a quantidade de poluentes que o ponto 4 recebe pode levar ao avanço de processos como eutrofização, à extinção de comunidades aquáticas e à transmissão de doenças veiculadas pela água.

Os resultados obtidos colocam em dúvida a eficiência da criação de unidades de conservação na proteção das águas continentais, pois o Córrego Água Limpa localiza-se dentro do Parque Estadual do Biribiri, que é uma área de conservação de proteção integral da Serra do Espinhaço. Portanto, a criação dessa área não tem garantido a integridade do córrego. Sugere-se que o plano de manejo dessa unidade de conservação deva priorizar, igualmente, a preservação da fauna, flora e dos ambientes aquáticos.

O monitoramento físico-químico e microbiológico tem grande importância na determinação das classes das águas e suas aplicabilidades. Os pequenos cursos d'água devem estar inseridos nos planos de monitoramento, uma vez que, negligenciados, podem levar à perda da qualidade e da capacidade de resiliência das águas de rios essenciais à vida.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. M. A., HUSSAR, G. J., PERES, M. R., *et al.* Qualidade microbiológica do córrego ãRibeirão dos Porcosõ no município de Espírito Santo do Pinhal. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 1, n. 1, p. 51-56, 2004.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. Ed. Washington D.C: APHA-AWWAWEF, 2005. 1134p.
- ANDRADE PINTO, L.V.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G., **Scientia Forestalis**, nº65, p.197-206, 2004.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente ó Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes e da outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/CONAMA>. Acesso em: 19 de janeiro de 2008.
- CORSEUIL, H. X. & MARINS, M. M. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave?. **Engenharia Sanitária Ambiental v.2**, p. 50-54, 1997.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998, 602p.
- FONTES, M.P.F.; WEED, S.B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, v.72, p.37-51, 1996.
- FRAGA, L.M.S.; ABREU, P. A. A.; NEVES, S. C. Hidrologia e Hidrografia. In: SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F.. ABREU, P. A. A. (Editores). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. p. 80-93.
- FREIRE, R. H. F.; PAULINO, W. D. **Recomendações e cuidados na coleta de amostras de água**. Informe Técnico, nº2, Ceará, 2001, 19p.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <[http:// earth google.com/intl/pt/](http://earth.google.com/intl/pt/)> Acesso em: 20 abr. 2009.
- GORSEL, M.; JENSEN, F. B. Nitrite uptake and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> excretion in the intestine of the european flounder (*Platichthys fleus*). **The Journal of Experimental Biology**, Ottawa, n. 202, p. 2103-2110, 1999.
- HIZUKA, E. N. **Monitoramento da Qualidade da Água do Córrego da Prata, Diamantina/ MG**. 2008. 20p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2008.

HODSON, M.E., VALSAMI-JONES, E., COTTER-HOWELLS, J.D., DUBBIN, W.E., KEMP, A.J., THORNTON, I., WARREN, A., Effect of bone meal (calcium phosphate) amendments on metal release from contaminated soils: a leaching column experiment. **Environ. Pollut.** v.112, p.2336-243, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo demográfico 2000.**

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Biribiri, 2005**

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET- <http://www.inmet.gov.br/>, acesso em 03/03/ 2010.

KUBITZA, F.. **Qualidade da água na produção de peixes.** 3ª ed. Jundiaí: Degaspari, 1999. 97p.

LIMA, W.S. & GARCIA, C.A.B.. **Qualidade da Água em Ribeirópolis - SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira.** Scientia Plena, v. 4, n. 12, p. 1-24, 2008

MAIER, M.H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55'W ó 48°55'W; 22°30' S ó 21°55' S ó Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v. 39, n.2, p. 164-185, 1987.

MARIANO, A. P.; et al. Laboratory study on the bioremediation of diesel oil contaminated soil from a petrol station. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 2, p. 346-353, 2007.

MAZZUCO, L. M. **Atenuação Natural de Hidrocarbonetos Aromáticos em Aquíferos Contaminados com Óleo Diesel.** 2004. 86 f. Dissertação (Mestrado em Química) ó Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MORAES, D.S. & JORDÃO B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n.3, p. 370-374, 2002.

NAIME, R.; NASCIMENTO, C.A.. Monitoramento físico-químico e microbiológico das águas do Arroio Pampa, Espírito Santo do Pinhal; **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 410-432, 2009.

NEVES, S.C.; ABREU, P.A.A. & FRAGA, L.M.S. 2005. Fisiografia. In SILVA, A.C.; PEDREIRA, L.C.V.S.F. & ABREU, P.A.A. (eds.). Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes. Editora: O Lutador. Belo Horizonte, p. 47-58.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

OLIVEIRA *et al.* Avaliações físicas, químicas e biológicas da microbacia do córrego Modeneis em Limeira-SP. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n.1, p. 086-096, 2008.

PELLEGRINI, J.B.R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do arroio Lino ó Agudo ó RS**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) ó Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

PESSON, P. **La contaminación de las aguas continentales**. Madrid: Munidi-Prensa, 1979. 335p.

PIEDRAS, S.R.N.; BAGER, A.; MORAES, P.R.R.; LORAINÉ, A.I.; FERREIRA, O.G.L.F; and HEEMANN, C.. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciência Rural**, vol. 36, n. 2, p. 494-500, 2006

RESERVA DA BIOSFERA DA SERRA DO ESPINHAÇO (RBSE). **Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral**. Mapa atualizado pela PUC Minas - Projeto [Rede Socioambiental da APA Sul](http://www.rbse-unesco.blogspot.com/). Disponível em <[http:// www.rbse-unesco.blogspot.com/](http://www.rbse-unesco.blogspot.com/)> Acesso em: 30/09/2009.

RESH, V. H.; A. V. BROWN; A. P. COVICH; M. E. GURTZ; H. W. LI; G. W. MINSHALL; S. R. REICE; A. L. SHELDON; J. B. WALLACE; and R. C. WISSMAR., 1988. The role of disturbance in stream ecology. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 7, p. 433-455.

SAAD, A. R.; SEMENSATTO JR. D. L; AYRES F. M.; DE OLIVEIRA, P. E. **Revista UnG ó Geociências**, v.6, n.1, p. 118-133, 2007.

SANTOS, M. L.S.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F. A. N.; BARROS NETO, B. **Quím. Nova**. V. 30, p. 569-573, 2007

SCHÄFER, ALOIS. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS ó GTZ. 1985. 532p.

SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F. Potencialidades, Demandas e Ameaças. In: SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F.. ABREU, P. A. A. (Editores). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. p. 261-271.

SILVA, D.F.; GALVÍNCIO, J.D.; SILVA, D. F; ALMEIDA, H. R. C. Análise espaço-temporal de parâmetros de qualidade de água. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 492-518, 2009.

SILVA, O. S. A. **Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgotos**. São Paulo: CETESB ó SP, 1994.

SOUZA, H.M.; NUNES, J.R.S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do córrego Figueira pertencente à microbacia do Queima Pé de Tangará da Serra-MT. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 2, p. 110-124, 2008.

THOMANN, R.V.; MUELLER, J.A., 1987 - **Principles of Surface Water Quality Modelling and Control**. Harper & Row, New York.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. 156p.

VON SPERLING, M. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3ª ed. v.1 Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p.

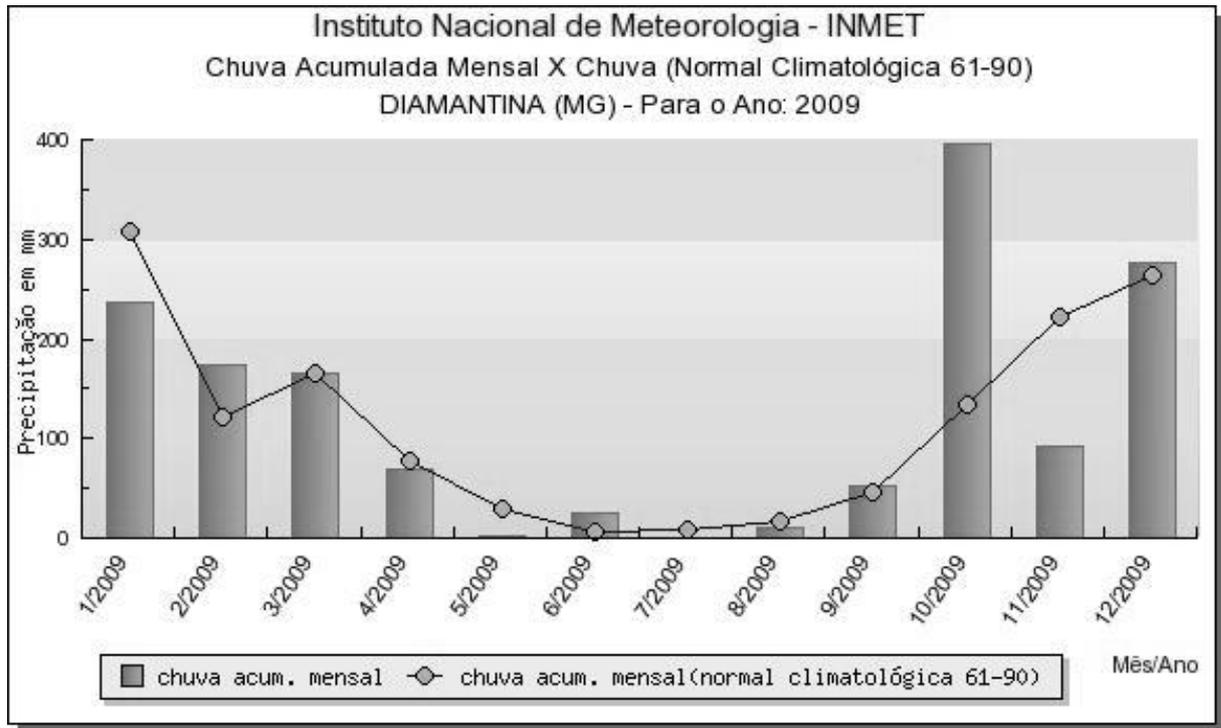
## **ANEXO**

**ANEXO 1.** Padrões de qualidade para águas doces segundo a resolução CONAMA, 2005.

<b>PADRÕES PARA ÁGUAS DOÇES</b>			
<b>VARIÁVEIS QUÍMICAS</b>	<b>CLASSE 1</b>	<b>CLASSE 2</b>	<b>CLASSE 3</b>
*Fósforo Total	0,1 mg L <sup>-1</sup>	0,1 mg L <sup>-1</sup>	0,15 mg L <sup>-1</sup>
*Nitrito	1,0 mg L <sup>-1</sup>	1,0 mg L <sup>-1</sup>	1,0 mg L <sup>-1</sup>
*Nitrato	10,0 mg L <sup>-1</sup>	10,0 mg L <sup>-1</sup>	10,0 mg L <sup>-1</sup>
*Amônia	3,7mg L <sup>-1</sup> , para pH < 7,5	3,7mg L <sup>-1</sup> N, para pH < 7,5	13,3 mg L <sup>-1</sup> N, para pH < 7,5
	2,0 mg L <sup>-1</sup> , para 7,5 < pH < 8,0	2,0 mg L <sup>-1</sup> N, para 7,5 < pH < 8,0	5,6 mg L <sup>-1</sup> N, para 7,5 < pH < 8,0
	1,0 mg L <sup>-1</sup> N, para 8,0 < pH < 8,5	1,0 mg L <sup>-1</sup> N, para 8,0 < pH < 8,5	2,2 mg L <sup>-1</sup> N, para 8,0 < pH < 8,5
	0,5 mg L <sup>-1</sup> N, para pH > 8,5	0,5 mg L <sup>-1</sup> N, para pH > 8,5	1,0 mg L <sup>-1</sup> N, para pH > 8,5
*Ferro	0,3 mg L <sup>-1</sup>	0,3 mg L <sup>-1</sup>	5,0 mg L <sup>-1</sup>
Oxigênio Dissolvido	não inferior a 6 mg L <sup>-1</sup>	não inferior a 5 mg L <sup>-1</sup>	não inferior a 4 mg L <sup>-1</sup>
<b>VARIÁVEIS FÍSICAS</b>			
Temperatura	NE	NE	NE
pH	de 6,0 a 9,0	de 6,0 a 9,0	6,0 a 9,0.
turbidez	até 40 unidades nefelométricas	até 100 unidades nefelométricas	até 100 unidades nefelométricas
<b>VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS</b>			
Coliformes Fecais - Termotolerantes	Não deve exceder para contato primário e para demais usos 200/100ml	Não deve exceder para contato primário e para demais usos 1000/100ml	Não deve exceder para dessedentação de animais 1000/100ml, para recreação de contato secundário 2500/100ml e para demais usos 4000/100ml

NE ó Não especificado; \* Parâmetros com valores máximos permitidos.

**ANEXO 2.** Dados da Precipitação para o ano de 2009 (INMET, 2010)



## **CAPÍTULO 2**

### **ASSEMBLEIAS ZOOBENTÔNICAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO ÁGUA LIMPA NO PARQUE ESTADUAL DO BIRIBIRI, DIAMANTINA-MG**

## 1 INTRODUÇÃO

Os organismos zoobentônicos têm sido os mais utilizados nas avaliações de efeitos de impactos antrópicos sobre as águas continentais, pois apresentam uma gama de vantagens, entre elas, podem-se citar as várias formas de vida e de habitats, a existência em praticamente todos os tipos de ambientes aquáticos, pouca mobilidade, e ciclo de vida longo em relação a outros organismos o que possibilita somatória temporal dos efeitos antrópicos sobre a comunidade; facilidade de uso em manipulações experimentais, o que poderá resultar em previsões mais exatas (BICUDO & BICUDO, 2004).

Essa relação entre monitoramento ambiental e os organismos bentônicos ocorre devido ao importante papel desses organismos na regeneração de nutrientes e na transferência de energia nas teias alimentares. Com dieta ampla, afetam o crescimento das populações de bactérias e fungos envolvidos na remineralização de nutrientes e convertem a produção primária (algas e bactérias) numa forma utilizável por outros níveis tróficos. Além disso, como a disponibilidade de água depende do grau de contaminação, sua oferta total só poderá ser estimada se existirem redes de monitoramento confiáveis, que gerem dados sobre variáveis de interesse no setor qualitativo (BUSS *et al.*, 2003; KÖNIG *et al.*, 2008).

A meiofauna (*meio*: palavra de origem grega, que significa menor) foi definida como um bioma ocupado por determinar metazoários retidos em peneiras com abertura de malha entre 0,5 e 0,042 mm que vivem em íntima associação com o sedimento (MARE, 1942). Apesar dessa definição funcional, a meiofauna nem de perto representa um grupo ecológico homogêneo, visto que há uma imensa diversidade de habitats e microhabitats onde os organismos meiofaunais podem viver. Além disso, do ponto de vista taxonômico, a diversidade de táxons também é muito expressiva, já que compõem uma associação filogenética diversa. Dos mais de 30 filos de metazoários conhecidos atualmente, pelo menos 20 possuem representantes meiofaunais, e mais de 10 são exclusivos desse ambiente (p. ex. Gastrotricha, Rotifera, Gnathostomulida, Kinorhyncha, Loricifera, e Tardigrada). Organismos meiofaunais podem habitar ambientes marinhos, desde a entremarés até oceanos profundos; e de água doce, desde pequenos reservatórios até grandes rios (COULL, 1988).

Estudos que envolvem a biologia e ecologia de organismos da meiofauna começaram a ser estudados rotineiramente, a partir da década de 70, com aplicações em distintas frentes: efeitos da poluição sobre a comunidade, como ferramenta no estudo de impactos no ambiente aquático causados por distintas fontes. Essa guinada ocorre devido ao fato de os organismos meiofaunais desempenharem vários papéis no ecossistema bentônico de águas continentais,

como alimento para larvas de peixe e juvenis e níveis tróficos superiores (HICKS & COULL, 1983; FLEEGER, 1985; COULL, 1988; 1999), facilitação da biomineralização de matéria orgânica e regeneração de nutrientes. Devido à sua grande abundância, ao ciclo de vida curto e holobetônico, à sua íntima associação com o sedimento e grande sensibilidade à entrada de material antrópico, a meiofauna vem se tornando uma ferramenta muito útil para estudos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos (MUROLO, 2005).

A macrofauna bentônica dos corpos de água doce compõe-se de vários grupos taxonômicos como insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos, entre outros. Os artrópodes não raramente apresentam grande expressividade nesses ecossistemas, uma vez que muitos grupos desse filo dependem da água para completar alguns estágios de desenvolvimento de seus ciclos biológicos ou vivem permanentemente em ambiente aquático. A distribuição e a quantidade desses organismos sofrem influência de fatores biogeográficos e características do ambiente, tais como o tipo de sedimento, teor de matéria orgânica, profundidade, variáveis físicas e químicas da água, presença de macrófitas (CARVALHO & UIEDA 2004, SMITH *et al.* 2003, VIDAL-ABARCA *et al.* 2004). Dessa forma, esses organismos têm sido utilizados como indicadores biológicos da qualidade da água, pois em condições ambientais específicas, como em níveis diferentes de poluição, os grupos mais resistentes podem apresentar dominância sobre os mais sensíveis que, com o aumento da carga de poluentes, se tornam mais raros ou ausentes.

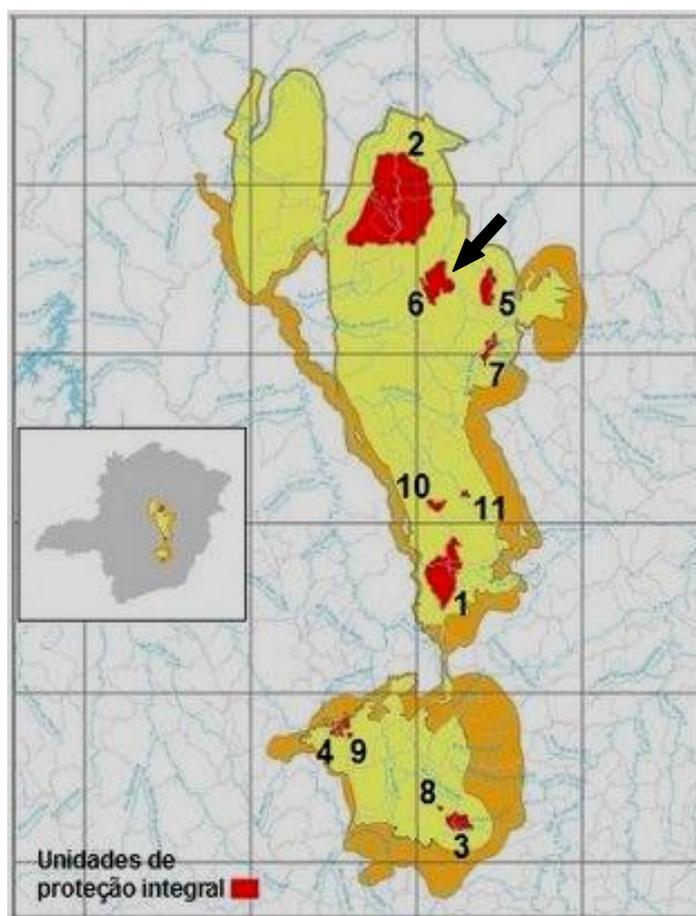
Diante da importância do biomonitoramento associado à análise físico-química e microbiológica para avaliar níveis de impactos sofridos pelos ecossistemas aquáticos, esse trabalho objetivou: (a) fazer o levantamento das assembleias dos organismos zoobentônicos do Córrego Água Limpa, P. E. do Biribiri-MG; (b) investigar a possível influência das condições físico-químicas e microbiológicas da água desse córrego sobre essas assembleias; (c) fornecer subsídios para futuros estudos de biomonitoramento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A Bacia do Rio Jequitinhonha está localizada na divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia entre os paralelos  $15^{\circ} 30'$  e  $18^{\circ} 30'$ S e os meridianos  $38^{\circ} 50'$  e  $43^{\circ} 50'$ W. Possui uma área de drenagem de 65.850 Km<sup>2</sup> e tem 60 municípios, uma população urbana de 429.861 habitantes, e rural de 344.253 habitantes (IBGE, 2000).

O trecho analisado diz respeito a um córrego denominado Água Limpa, que está inserido dentro do Parque Estadual do Biribiri (PEB), na Serra do Espinhaço, Alto Jequitinhonha (Figura 1).



**Figura 1.** Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral da Serra do Espinhaço. **A seta indica a área de estudo.** 1) Parque Nacional da Serra do Cipó; 2) Parque Nacional das Sempre Vivas; 3) Parque Estadual do Itacolomi; 4) Parque Estadual da Serra do Rola Moça; 5) Parque Estadual do Rio Preto; **6) Parque Estadual do Biribiri;** 7) Parque Estadual do Pico do Itambé; 8) Estação Ecológica Estadual de Tripuí; 9) Estação Ecológica Estadual de Fechos; 10) Parque Estadual da Serra do Intendente; 11) Parque Natural Municipal do Salão de Pedras.

Fonte: Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço (RBSE), 2009.

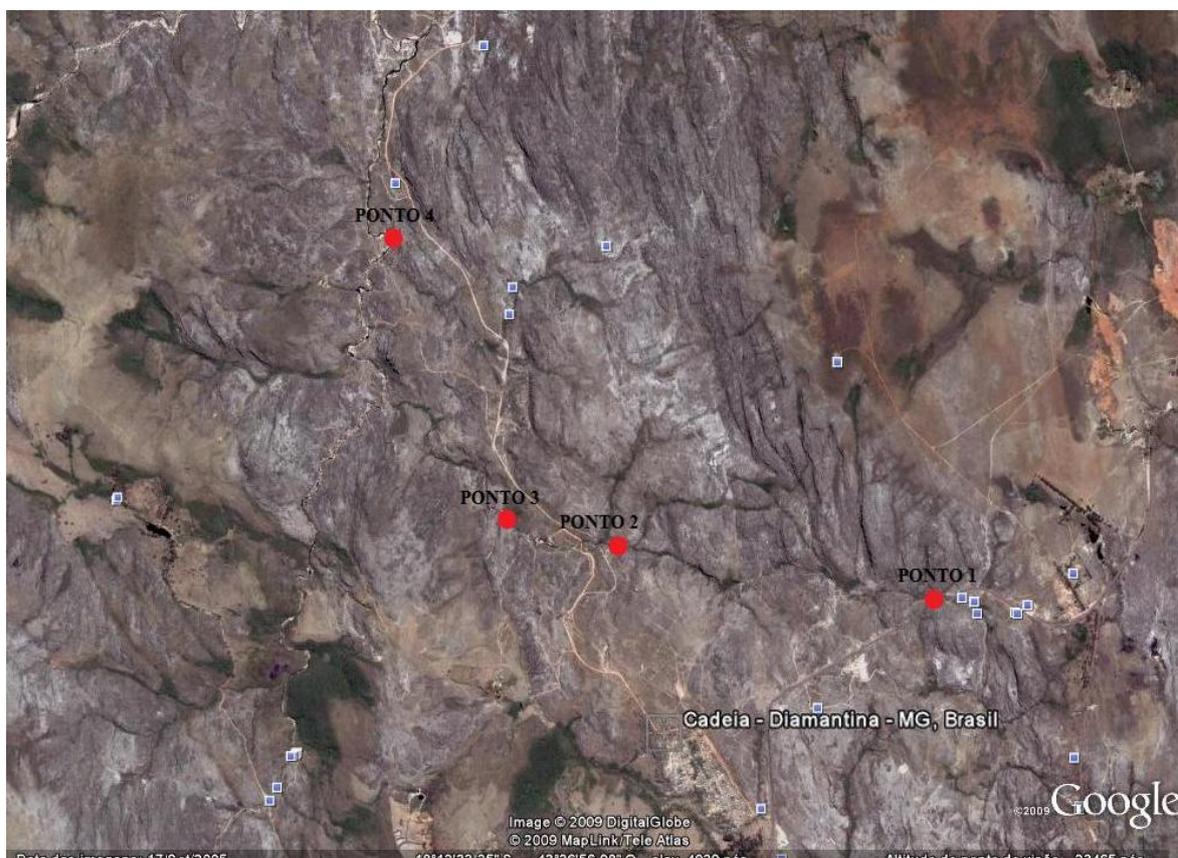
O Parque Estadual do Biribiri (PEB) foi criado pelo decreto Estadual nº 39.909, de 22 de Setembro de 1998, e oferece proteção a 16.998,66 hectares da cidade de Diamantina, localizada no Estado de Minas Gerais (IEF, 2005). A criação dessa unidade de conservação de proteção integral tem razão de ser, pois é uma região que detém remanescentes da vegetação do Cerrado, grande número de nascentes e cursos de água e ocorrência de endemismos com espécies seriamente ameaçadas de extinção (SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F., 2005). No Parque Estadual do Biribiri está localizada a maior parte das cachoeiras do município, muito procuradas pelos turistas. Dentro desse contexto, o Córrego Água Limpa tem grande importância para o turismo ecológico, pois é afluente de cursos de água frequentemente visitados para fins de lazer e balneabilidade: Cachoeira dos cristais, Rio do Biribiri.

O Clima da região é tropical de altitude (Cwb) na classificação de Köppen. A precipitação média anual varia de 1.250 a 1.550mm e a temperatura média anual está na faixa de 18° a 19°C. A umidade relativa do ar é frequentemente elevada, com médias anuais de 75,6% (NEVES *et al.*, 2005). As estações seca e chuvosa são bem definidas: a primeira ocorre de junho a agosto e a segunda, de novembro a março, aproximadamente. A temperatura média anual está entre os 18 e 19°C. A principal Bacia mantenedora dos cursos d'água é a do Rio Jequitinhonha que, ao norte, marca o limite do Parque pela sua confluência com o Rio Pinheiros (IEF, 2005).

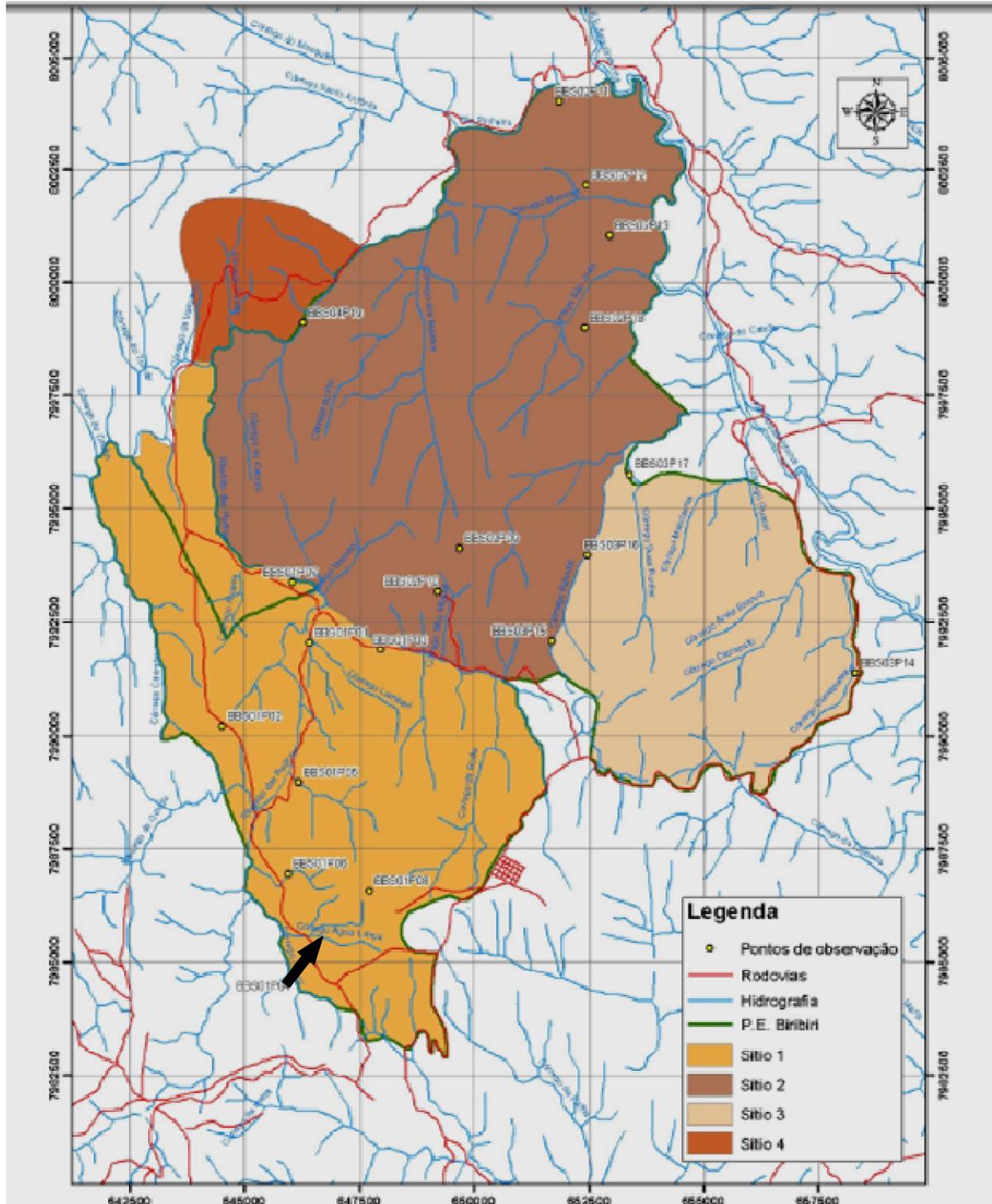
A morfologia geográfica da Serra do Espinhaço tem direção Norte-Sul e possui mais de 1.200Km desde a região norte de Belo Horizonte até o norte do Estado da Bahia. Possui como características planaltos elevados intercalados por grandes formações rochosas. É importante divisor de águas em Minas Gerais, pois separa, a oeste, a Bacia do Rio São Francisco das Bacias dos Rios Doce, Mucuri, Jequitinhonha e Pardo, a leste. Os movimentos tectônicos que determinaram o relevo proporcionaram, juntamente com o sistema de drenagem, a formação de quedas de água e rios com leitos dentro de falhas e fraturas (FRAGA, L.M.S.; ABREU, P. A. A.; NEVES, S. C., 2005).

Os limites do trecho em estudo estão entre a nascente do córrego Água Limpa e sua junção com o córrego João de Barro. Possui em torno de 4 Km de extensão, dentro dos quais foram escolhidos quatro pontos de coleta ó Ponto 1: 645137 / 7987876; Ponto 2: 646261 / 7985574; Ponto 3: 646485 / 7985554 e Ponto 4: 648140 / 7985305; coordenadas em Universal, Transverso de Mercator (UTM) - Zona: 23K (Figuras 2 e 3). Esses pontos de coleta foram estabelecidos com base na caracterização do trecho em estudo onde a nascente é

representada pelo ponto 1 no qual as influências antrópicas são menos expressivas. Os dois pontos subsequentes, 2 e 3, encontram-se bem preservados no que concerne à vegetação ripária e suas águas são utilizadas basicamente para recreação de contato primário dos visitantes do parque. Já o ponto 4, apesar de estar inserido em uma unidade de conservação, recebe alta quantidade de chorume proveniente de um lixão desativado que fora vizinho ao córrego. Nesse mesmo ponto, também é adicionado às suas águas esgoto doméstico lançado devido à ocupação inadequada da população que margeia alguns de seus afluentes não inseridos na área do parque.



**Figura 2.** Pontos de coleta do Córrego Água Limpa utilizados para o levantamento das assembleias zoobentônicas. **Fonte: Google Earth.**

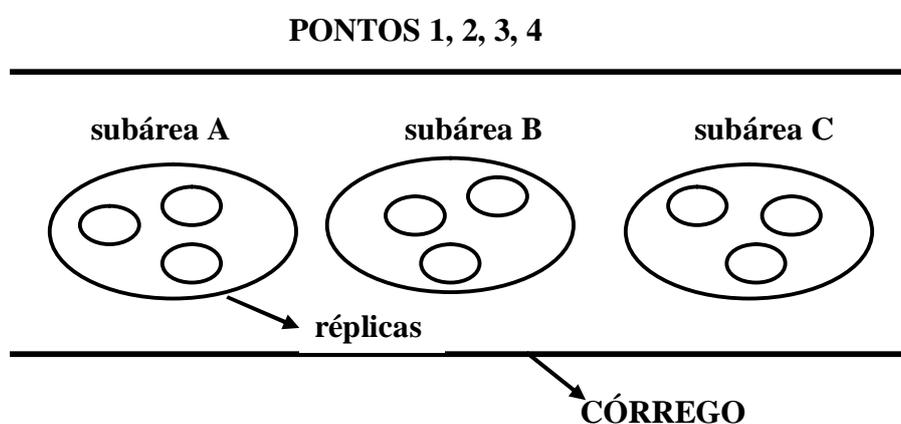


**Figura 3.** Mapa com delimitação territorial do Parque Estadual do Biribiri e seus principais cursos d'água. A seta indica a localização do Córrego Água Limpa (IEF,2005).

## 2.2 Desenho amostral para coleta dos organismos zoobentônicos

Foi utilizado um modelo de desenho amostral do tipo hierarquizado que permitiu comparar a distribuição dos organismos em diferentes escalas, desde diferença em centímetros até metros, dezenas de metros e centenas de metros. Esse tipo de desenho

amostral maximiza a representatividade dos organismos, já que eles têm distribuição em mancha. Essa distribuição resulta da interação entre o hábito e condições físicas que caracterizam o hábitat, e a disponibilidade alimentar (Merritt & Cummins 1988). O córrego foi amostrado em 4 pontos diferentes, com distâncias médias de 1km entre cada ponto. Cada um dos pontos amostrais foi dividido em três subáreas, com espaçamentos de pelo menos dez metros entre cada uma delas. Para evitar a ocorrência de pseudorréplica, em cada uma das três subáreas foram realizadas amostragens em três pontos distintos (Figura 4). Ao todo foram realizadas quatro coletas, sendo que duas delas no período chuvoso - dias 10 e 21 de março de 2009 - e as outras duas no período de estação seca ó dias 11 de julho e 10 de agosto de 2009 (ANEXO 1). Foram triadas 144 amostras de sedimento, 36 amostras de cada coleta.



**Figura 4.** Desenho amostral utilizado para a coleta dos organismos zoobentônicos.

### 2.3 Método de captura dos organismos zoobentônicos

Os amostradores foram feitos com canos PVC de 3,5 mm de diâmetro, introduzidos, verticalmente, a uma profundidade de 5cm no sedimento (PIEDRAS *et al.*, 2006). As amostras foram colocadas em sacos plásticos adicionando-se 500ml de formol a 4% e 125 g de sacarose, etiquetados de acordo com cada ponto de coleta, subárea e repetição e levados ao Laboratório de Zoologia dos Invertebrados, do departamento de Ciências Biológicas, Campus JK da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e do Mucuri (UFVJM), onde foram inicialmente lavadas usando peneira com 0,062 mm. Os organismos foram triados com o auxílio de microscópio estereoscópico e óptico e identificados ao menor nível taxonômico possível. A identificação dos invertebrados bentônicos foi realizada segundo Pérez (1988), Merritt & Cummins (1988), Cummins (1973) e para a identificação organismos da meiofauna foram utilizados os seguintes trabalhos: Koste (1978); Nogrady, *et al.* (1993, 1995); Segers (1995); Kisielewski (1987, 1991); Balsamo & Todaro (2002); Todaro & Rocha (2004, 2005) e

Todaro & Hummon (2008). A fauna bentônica triada foi fixada em lâminas e depositada na coleção do Laboratório de Zoologia dos Invertebrados da UFVJM.

#### **2.4 Análise físico-química e microbiológica**

Para a investigação da influência das condições físico-químicas e microbiológicas da água sobre as assembleias dos organismos zoobentônicos foram utilizados os valores dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos obtidos em 31/03/2009 e 03/08/2009 em cada um dos quatro pontos de coleta. Determinaram-se esses valores para tal investigação, porque eles foram obtidos nos mesmos meses de coleta dos organismos zoobentônicos que representaram, respectivamente, o período chuvoso e seco. As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro, previamente esterilizados, devidamente fechados, com a tampa envolvida em papel protetor. Os frascos com as amostras foram mantidos em caixa de isopor com gelo, durante, aproximadamente, duas horas para conservação em baixa temperatura até chegarem ao laboratório (FREIRE, 2001).

Para medir o pH e a turbidez foram utilizados o pHmetro AT-300 e o Turbidímetro Microprocessador Plus, respectivamente. Para as análises de Nitrito, Nitrato, Ferro, Fósforo e Amônia, utilizou-se o aparelho Fotocolorímetro AT-100PB obedecendo as metodologias apresentadas na tabela 1. Para a determinação das concentrações de oxigênio dissolvido foi utilizado o Compact Kit com titulação de óxido-redução. A análise quantitativa de coliformes fecais foi realizada com o uso do Kit Microbiológico *E.Coli*, Coliformes e Salmonellas, que são laminocultivados desidratados. Todos esses kits e equipamentos foram adquiridos através da empresa Alfakit e suas metodologias são adaptadas da American Public Health Association (APHA). A temperatura da água foi medida no local, no momento da coleta, com o termômetro de mercúrio. As demais análises foram feitas em laboratório no *Campus JK* da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**Tabela 1.** Parâmetros analisados, metodologias analíticas e referências.

<b>METODOLOGIA</b>	<b>VARIÁVEIS</b>	<b>REFERÊNCIA</b>
Método Colorimétrico (Ácido Tioglicólico)	Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES, 1977</b>
Método Colorimétrico (Vanadomolibdico)	Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	<b>DAVINO, 1976</b>
Método Colorimétrico (Indotest)	Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	<b>APHA, 2005</b>
Método Colorimétrico (Alfanaftilamina)	Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES J., 1971</b>
Método Colorimétrico (Brucina)	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	<b>FRIES, 1977</b>
Titulação pelo método de Winkler	Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	
Método Nefelométrico	Turbidez (NTU*)	
Potenciométrico	pH	
Termometria	Temperatura (°C)	
Kit Microbiológico	Coliformes (UFC*/100mL)	<b>ALFAKIT, 2007</b>

\* NTU = Unidade nefelométrica total, UFC = Unidade formadora de colônia, pH = potencial hidrogeniônico.

## 2.5 Análises Estatísticas

A análise da estrutura das assembleias zoobentônicas foi realizada utilizando-se o índice de diversidade Shannon óWiener (H), que se refere à riqueza de espécies e a Equitabilidade de Pielou (e), que permite calcular o padrão de distribuição de indivíduos entre espécies, onde:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad n_i = \text{valor de importância de cada grupo}$$

$$p_i = n_i/N \quad N = \text{total dos valores de importância}$$

$$e = H/\log S$$

H = Índice de Shannon, S = n° de espécies ou grupos.

Para comparar a riqueza e a distribuição dos organismos em período seco e chuvoso, foi utilizado o programa estatístico DivEs (Rodrigues, 2005).

Os cálculos dos índices de Diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou favorecem a compreensão da estrutura de comunidades e como elas respondem aos vários impactos que ocorrem nos trechos estudados (MORENO & CALLISTO, 2004). O índice de diversidade de Shannon prevê que a diversidade de organismos diminui à medida que a qualidade da água piora (FONTANELLA *et al.*, 2009). O índice de Equitabilidade de Pielou indica que quanto menor o impacto sobre determinado ambiente, maior equilíbrio existirá

entre as espécies e suas densidades. Em ambientes severamente impactados, esse equilíbrio não acontece e, frequentemente, ocorre número pequeno de espécies (ODUM, 1988).

As diferenças entre as estimativas das médias dos táxons encontrados em cada ponto de coleta foram testadas estatisticamente através do teste F estimado a partir da análise de variância (ANOVA). Foi utilizado um modelo para classificação hierárquica:  $Y_{ijk} = M + T_i + P_j + TP_{ij} + e_{k/ij}$  onde  $M$  = média geral;  $T_i$  = efeito do táxon;  $P_j$  = efeito do ponto;  $TP_{ij}$  = efeito da interação entre  $T_i$  e  $P_j$ ; e  $e_{k/ij}$  = efeito da variação entre repetições dentro de cada combinação  $T_iP_j$ . Este modelo foi usado tanto no período seco como no chuvoso. Os dados foram transformados para a escala logarítmica segundo a expressão  $\log(x + 2)$ . Quando a ANOVA mostrou diferenças significativas ao nível de 5%, foi aplicado o Teste Tukey. Foram realizadas análises de correlação para medir o grau de relacionamento entre as variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas e os táxons encontrados ao nível de significância 10% pelo teste t bilateral. Todos esses cálculos foram realizados com auxílio do programa Excel ó Office 2007.

### 3 RESULTADOS

As assembleias zoobentônicas encontradas nos períodos chuvoso e seco encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3. No período chuvoso foram encontrados representantes de 25 táxons, sendo que grupos como Empididae, Culicidae, Psychodidae, Libellulidae e Leptohiphididae estiveram ausentes nas amostras coletadas nesse período. Já nas amostras coletadas em período de estiagem estiveram presentes 24 táxons e Rotifera, Simuliidae, Tabanidae, Tipulidae, Hydroptilidae e Naucoridae não foram encontrados.

Os índices de diversidade aumentaram no período seco em todos os pontos, e no ponto 2 foram obtidos os maiores índices de diversidade tanto em período seco como em chuvoso. Os índices de Equitabilidade de Pielou em período seco aumentaram nos pontos 1 e 2 e diminuíram nos pontos 3 e 4. Já o ponto 4 destacou-se pela diversidade mais baixa nos dois períodos. A maior equitabilidade foi obtida no ponto 3, em período chuvoso, e a menor, no ponto 4, em período seco (Tabela 4).

A Tabela 5 apresenta os resultados do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para as médias dos táxons obtidas em cada ponto de coleta do Córrego Água Limpa, em período chuvoso. De acordo com esses resultados, houve diferença significativa na média dos Copepodas no ponto 3, e na média Baetidae no ponto 1.

Em período seco, o teste de médias foi significativo para os valores dos seguintes táxons: Oligochaeta, Copepoda, Cladocera, Hirudinea, Chironomidae, Psephenidae, Elmidae, Hydroscaphidae, Perlidae, Leptophlebiidae e Baetidae (Tabela 6).

Nos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas (Tabela 7), pode-se observar que a temperatura manteve-se constante nos quatro pontos em período chuvoso e aumentou, ligeiramente, na estiagem. Os valores de nitrito nos pontos 1, 2 e 3 ficaram próximos de  $0,0 \text{ mg L}^{-1}$  na coleta de março e foram nulos em agosto. Não foram encontrados, em período chuvoso, nitrato e amônia nas águas do ponto 1 e nitrato nas águas do ponto 2. Os maiores valores dos parâmetros avaliados ocorreram, com grande frequência, no ponto 4, tanto em período chuvoso como em seco. Porém, para o oxigênio dissolvido, esse local de coleta apresentou os menores valores nos dois períodos de análise.

As correlações significativas entre os táxons e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados em época chuvosa e seca foram respectivamente apresentadas nas Tabelas 8 e 9. Em março, foram significativas as correlações: Hirudinea com fósforo total; Hydropsychidae com nitrito; Copepoda, Acari, Tabanidae e Baetidae com nitrato; Cladocera com amônia; Acari, Tabanidae com oxigênio dissolvido. Ressalte-se que Acari apresentou

correlação positiva e Tabanidae correlação negativa com essa variável; Hirudinea e Chironomidae com coliformes fecais (Tabela 8). Já em agosto, foram significativas as correlações: Psychodidae com fósforo total; Oligochaeta, Hirudinea, Chironomidae e Simuliidae com nitrato; Copepoda e Hydropsychidae com amônia; Oligochaeta, Copepoda e Chironomidae com ferro; Hirudinea, Empididae, Culicidae e Simuliidae apresentaram, com o oxigênio, correlação negativa e Leptophlebiidae correlação positiva com essa variável; Copepoda e Hydropsychidae com turbidez; Hirudinea, Chironomidae, Empididae, Culicidae e Simuliidae apresentaram correlação positiva com coliformes fecais, já Ceratopogonidae apresentou correlação negativa com esse parâmetro; Acari e Ceratopogonidae apresentaram correlação negativa com a temperatura; Leptophlebiidae e Baetidae com pH (Tabela 9).

**Tabela 2.** Organismos zoobentônicos encontrados nas amostras coletadas em período chuvoso.

TÁXONS	PONTO 1				PONTO 2				PONTO 3				PONTO 4			
	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL
	A	B	C		A	B	C		A	B	C		A	B	C	
Rotifera	2	8	2	<b>12</b>	10	4	6	<b>20</b>	6	12	8	<b>26</b>	2	9	11	<b>22</b>
Tardigrada	0	0	5	<b>5</b>	0	0	1	<b>1</b>	1	10	1	<b>12</b>	0	1	0	<b>1</b>
Gastrotricha	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	1	4	<b>5</b>	0	0	0	<b>0</b>
Oligochaeta	62	164	68	<b>294</b>	142	45	13	<b>200</b>	473	98	92	<b>663</b>	47	257	89	<b>393</b>
Copepoda	22	17	14	<b>53</b>	90	42	107	<b>239</b>	210	562	133	<b>905</b>	16	49	22	<b>87</b>
Ostracoda	4	0	1	<b>5</b>	0	1	0	<b>1</b>	1	21	0	<b>22</b>	0	0	5	<b>5</b>
Cladocera	8	20	13	<b>41</b>	86	1	2	<b>89</b>	10	3	11	<b>24</b>	4	4	0	<b>8</b>
Hirudinea	0	0	0	<b>0</b>	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	2	0	<b>2</b>
Acari	0	0	2	<b>2</b>	3	0	7	<b>10</b>	8	4	4	<b>16</b>	0	0	0	<b>0</b>
Turbellaria	1	1	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	2	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>
Chironomidae	28	16	28	<b>72</b>	119	27	35	<b>181</b>	147	56	37	<b>240</b>	11	357	50	<b>418</b>
Empididae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Culicidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Ceratopogonidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>
Psychodidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Simuliidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	2	2	0	<b>4</b>	0	0	1	<b>1</b>
Tabanidae	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	1	0	<b>1</b>
Tipulidae	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Glossomatidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>
Hydroptilidae	0	1	1	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	1	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>
Hydropsychidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	1	0	<b>2</b>	0	0	3	<b>3</b>
Psephenidae	5	0	1	<b>6</b>	3	5	1	<b>9</b>	3	1	0	<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>
Elmidae	5	2	0	<b>7</b>	10	7	0	<b>17</b>	33	6	1	<b>40</b>	7	0	7	<b>14</b>

**Tabela 2.** (continuação)

Hydroscaaphidae	1	0	3	<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Perlidae	3	1	0	<b>4</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Libellulidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Leptohyphidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
Leptophlebiidae	1	10	2	<b>13</b>	3	0	3	<b>6</b>	2	0	0	2	1	1	1	<b>3</b>
Baetidae	1	3	3	<b>7</b>	28	8	3	<b>39</b>	52	27	3	82	3	2	11	<b>16</b>
Naucoride	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	1	0	1	0	0	0	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>243</b>	<b>144</b>	<b>531</b>	<b>494</b>	<b>140</b>	<b>179</b>	<b>813</b>	<b>951</b>	<b>805</b>	<b>297</b>	<b>2053</b>	<b>91</b>	<b>683</b>	<b>200</b>	<b>974</b>

**Tabela 3.** Organismos zoobentônicos encontrados nas amostras coletadas em período seco.

TÁXONS	PONTO 1				PONTO 2				PONTO 3				PONTO 4			
	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL	Subáreas			TOTAL
A	B	C	A		B	C	A		B	C	A		B	C		
Rotifera	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Tardigrada	0	0	0	<b>0</b>	2	0	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Gastrotricha	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	10	0	<b>10</b>	0	0	0	<b>0</b>
Oligochaeta	52	43	18	<b>113</b>	135	218	264	<b>617</b>	59	91	52	<b>202</b>	195	1171	826	<b>2192</b>
Copepoda	25	3	11	<b>39</b>	182	250	362	<b>794</b>	142	138	96	<b>376</b>	95	564	385	<b>1044</b>
Ostracoda	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Cladocera	3	3	12	<b>18</b>	76	18	209	<b>303</b>	9	37	47	<b>93</b>	2	34	22	<b>58</b>
Hirudinea	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	1	0	<b>2</b>	3	45	7	<b>55</b>
Acari	5	0	3	<b>8</b>	0	2	8	<b>10</b>	2	0	1	<b>3</b>	1	0	1	<b>2</b>
Turbellaria	0	0	0	<b>0</b>	0	7	1	<b>8</b>	0	1	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>
Chironomidae	83	30	37	<b>150</b>	118	164	193	<b>475</b>	40	122	51	<b>213</b>	309	430	336	<b>1075</b>
Empididae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	2	0	0	<b>2</b>
Culicidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>

**Tabela 3.** (continuação)

Ceratopogonidae	7	0	3	<b>10</b>	1	2	7	<b>10</b>	1	2	5	<b>8</b>	3	2	1	<b>6</b>
Psychodidae	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>
Simuliidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	1	<b>1</b>
Tabanidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Tipulidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Glossomatidae	0	0	0	<b>0</b>	1	0	1	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Hydroptilidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Hydropsychidae	0	0	1	<b>1</b>	5	2	0	<b>7</b>	0	0	0	<b>0</b>	5	2	4	<b>11</b>
Psephenidae	2	1	0	<b>3</b>	4	8	4	<b>16</b>	2	0	0	<b>2</b>	0	0	0	<b>0</b>
Elmidae	3	0	0	<b>3</b>	14	33	27	<b>74</b>	6	16	3	<b>25</b>	10	12	4	<b>26</b>
Hydroscahidae	5	1	0	<b>6</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	2	<b>3</b>	0	1	0	<b>1</b>
Perlidae	0	0	0	<b>0</b>	25	21	15	<b>61</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Libellulidae	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>
Leptohyphidae	1	0	0	<b>1</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
Leptophlebiidae	10	3	1	<b>14</b>	18	4	6	<b>28</b>	19	6	1	<b>26</b>	0	0	0	<b>0</b>
Baetidae	8	5	6	<b>19</b>	40	68	36	<b>144</b>	6	41	10	<b>57</b>	0	3	1	<b>4</b>
Naucoride	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>	0	0	0	<b>0</b>
<b>Total</b>	205	90	92	<b>387</b>	621	797	1133	<b>2551</b>	289	465	268	<b>1022</b>	627	2264	1588	<b>4479</b>

**Tabela 4.** Índices de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e Equitabilidade de Pielou ( $J$ ) em período chuvoso e seco.

	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4	
	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco
<b>H'</b>	0,702	0,758	0,766	0,7805	0,4311	0,753	0,377	0,5282
<b>J</b>	0,47	0,508	0,514	0,5233	0,6429	0,5049	0,563	0,3542

**Tabela 5.** Médias dos táxons obtidas em cada ponto de coleta em período chuvoso.

TÁXON	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4	
Rotifera	0,735	a	0,920	a	1,016	a	0,919	a
Tardigrada	0,482	a	0,360	a	0,678	a	0,360	a
Gastrotricha	0,301	a	0,301	a	0,519	a	0,301	a
Oligochaeta	1,957	a	1,669	b	2,217	a	2,021	a
Copepoda	1,288	c	1,882	b	2,403	a	1,448	bc
Ostracoda	0,519	a	0,360	a	0,713	a	0,482	a
Cladocera	1,173	a	1,008	a	0,964	a	0,619	b
Hirudinea	0,301	a	0,360	a	0,301	a	0,401	a
Acari	0,401	b	0,651	a	0,852	a	0,301	b
Turbellaria	0,418	a	0,301	a	0,401	a	0,301	a
Chironomidae	1,403	b	1,704	a	1,843	a	1,795	a
Empididae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Culicidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Ceratopogonidae	0,301	a	0,301	a	0,360	a	0,301	a
Psychodidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Simuliidae	0,301	a	0,301	a	0,502	a	0,360	a
Tabanidae	0,360	a	0,301	a	0,301	a	0,360	a
Tipulidae	0,360	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Glossomatidae	0,301	a	0,301	a	0,360	a	0,301	a
Hydrobiosidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Hydroptilidae	0,418	a	0,301	a	0,360	a	0,301	a
Hydropsychidae	0,301	a	0,301	a	0,418	a	0,434	a
Psephenidae	0,541	a	0,674	a	0,492	a	0,301	a
Elmidae	0,583	a	0,778	a	0,975	a	0,737	a
Hydroscaphidae	0,492	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Perlidae	0,492	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Libellulidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Leptohyphidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Leptophlebiidae	0,719	a	0,566	a	0,401	a	0,477	a
Baetidae	0,625	b	1,059	a b	1,298	a	0,805	b
Naucoride	0,301	a	0,301	a	0,360	a	0,301	a

Médias seguidas pela mesma letra, **na mesma linha** não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados em  $\log(x+2)$

**Tabela 6.** Médias dos táxons obtidas em cada ponto de coleta em período seco.

TÁXON	PONTO 1		PONTO 2		PONTO 3		PONTO 4	
Rotifera	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Tardigrada	0,301	a	0,401	a	0,301	a	0,301	a
Gastrotricha	0,301	a	0,301	a	0,560	a	0,301	a
Oligochaeta	1,562	c	2,301	b	1,829	c	2,761	a
Copepoda	1,081	b	2,409	a	2,099	a	2,442	a
Ostracoda	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Cladocera	0,848	c	1,839	a	1,441	b	1,180	b c
Hirudinea	0,360	b	0,301	b	0,418	b	1,108	a
Acari	0,615	a	0,634	a	0,460	a	0,418	a
Turbellaria	0,301	a	0,577	a	0,360	a	0,301	a
Chironomidae	1,675	b	2,196	a	1,814	b	2,552	a
Empididae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,401	a
Culicidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,360	a
Ceratopogonidae	0,651	a	0,678	a	0,641	a	0,593	a
Psychodidae	0,360	a	0,301	a	0,301	a	0,360	a
Simuliidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,360	a
Tabanidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Tipulidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Glossomatidae	0,301	a	0,418	a	0,301	a	0,301	a
Hydrobiosidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Hydroptilidae	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Hydropsychidae	0,360	b	0,583	a	0,301	b	0,742	a
Psephenidae	0,460	b	0,852	a	0,401	b	0,301	b
Elmidae	0,434	c	1,404	a	0,952	b	1,001	b
Hydroscaphidae	0,541	a	0,301	b	0,460	a	0,742	a
Perlidae	0,301	b	1,341	a	0,301	b	0,301	b
Libellulidae	0,301	a	0,301	a	0,360	a	0,301	a
Leptohiphidae	0,360	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a
Leptophlebiidae	0,752	a	0,994	a	0,901	a	0,301	b
Baetidae	0,916	b	1,683	a	1,205	b	0,492	c
Naucoride	0,301	a	0,301	a	0,301	a	0,301	a

Médias seguidas pela mesma letra, **na mesma linha** não apresentaram diferença significativa pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados em  $\log(x+2)$ .

**Tabela 7.** Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas em período chuvoso (31/03/2009) e seco (03/08/2009).

<b>PERÍODO CHUVOSO</b>				
<b>VARIÁVEIS</b>	<b>PONTO 1</b>	<b>PONTO 2</b>	<b>PONTO 3</b>	<b>PONTO 4</b>
<b>P (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,694	0,836	0,515	1,522
<b>Nitrito (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,009	0,010	0,020	0,020
<b>Nitrato (mg L<sup>-1</sup>)</b>	1,730	1,000	0,490	1,800
<b>Amônia (mg L<sup>-1</sup>)</b>	3,396	3,264	3,400	3,532
<b>Ferro (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,988	0,000	0,475	1,939
<b>OD (mg L<sup>-1</sup>)</b>	9,800	12,500	12,600	8,200
<b>pH</b>	6,420	6,070	6,200	6,920
<b>Turb (NTU)</b>	0,620	0,310	0,460	3,850
<b>Temp. (°C)</b>	21,00	21,00	21,00	21,00
<b>ColF (UFC)</b>	0	420	300	1500
<b>PERÍODO SECO</b>				
<b>VARIÁVEIS</b>	<b>PONTO 1</b>	<b>PONTO 2</b>	<b>PONTO 3</b>	<b>PONTO 4</b>
<b>P (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,838	1,267	1,624	0,934
<b>Nitrito (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,000	0,000	0,000	0,298
<b>Nitrato (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,000	0,000	0,090	5,185
<b>Amônia (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,000	0,287	0,009	0,300
<b>Ferro (mg L<sup>-1</sup>)</b>	0,023	0,878	0,643	1,836
<b>OD (mg L<sup>-1</sup>)</b>	8,000	9,400	8,100	4,800
<b>pH</b>	6,900	7,110	7,000	6,760
<b>Turb (NTU)</b>	0,000	1,750	0,000	1,970
<b>Temp. (°C)</b>	19,00	19,00	20,50	21,0
<b>ColF (UFC)</b>	60	540	840	5580

**Tabela 8.** Estimativas dos coeficientes de correlação entre os táxons e as variáveis físico-químicas e microbiológicas em período chuvoso e suas respectivas significâncias pelo teste t bilateral.

TÁXON		P	Nitrito	Nitrato	Amônia	Ferro	Oxig. Dis	Turb	ColF	Temp	pH
Copepoda	r	-0,59	0,52	-0,91,	-0,14	-0,44	0,70	-0,41	-0,27	0,00	-0,48
	P(t) bilateral	0,41	48,01%	0,09	0,86	0,55	0,30	0,59	73,06%	0,00	0,51
Cladocera	r	-0,37	-0,77	-0,26	-0,95	-0,81	0,60	-0,66	-0,48	0,00	-0,75
	P(t) bilateral	0,63	0,23	0,74	0,05	0,19	0,39	0,34	0,51	0,00	0,25
Hirudinea	r	0,95	0,32	0,46	0,43	0,56	-0,55	0,84	0,94	0,00	0,65
	P(t) bilateral	0,05	0,67	0,53	0,57	0,44	0,44	0,16	0,07	0,00	0,35
Acari	r	-0,71	0,18	-0,98	-0,54	-0,77	0,93	-0,66	-0,45	0,00	-0,79
	P(t) bilateral	0,28	0,81	0,02	0,46	0,23	0,07	0,34	0,55	0,00	0,21
Chironomidae	r	0,78	0,83	0,12	0,67	0,61	-0,42	0,85	0,95	0,00	0,67
	P(t) bilateral	0,22	0,17	0,88	0,32	0,39	0,57	0,15	0,05	0,00	0,34
Tabanidae	r	0,57	-0,05	0,94	0,70	0,85	-0,95	0,63	0,34	0,00	0,82
	P(t) bilateral	0,43	0,95	0,06	0,30	0,15	0,05	0,37	0,65	0,00	0,17,
Hydropsychidae	r	0,33	0,99	-0,20	0,72	0,49	-0,20	0,57	0,61	0,00	0,49
	P(t) bilateral	0,68	0,02	0,80	0,28	0,50	0,80	0,42	0,39	0,00	0,51
Psephenidae	r	-0,64	-0,82	-0,35	-0,98	-0,89	0,70	-0,86	-0,75	0,00	-0,87
	P(t) bilateral	0,36	0,18	0,65	0,02	0,11	0,30	0,14	0,25	0,00	0,13
Baetidae	r	-0,55	0,47	-0,96	-0,27	-0,55	0,78	-0,43	-0,23	0,00	-0,56
	P(t) bilateral	0,45	0,53	0,03	0,73	0,45	0,22	0,57	0,77	0,00	0,44

As células sombreadas destacam os valores com significância a 10% pelo teste t (bilateral).

**Tabela 9.** Estimativas dos coeficientes de correlação entre os táxons e as variáveis físico-químicas e microbiológicas em período seco e suas respectivas significâncias pelo teste t bilateral.

TÁXON		P	Nitrito	Nitrato	Amônia	Ferro	Oxig	Turb	ColF	Temp	pH
Oligochaeta	r	-0,38	0,97	0,97	0,77	0,94	-0,85	0,80	0,97	0,65	-0,67
	P(t) bilateral	0,62	0,03	0,03	0,23	0,06	0,15	0,20	0,02	0,35	0,33
Copepoda	r	-0,00	0,72	0,72	0,94	0,95	-0,47	0,94	0,76	0,49	-0,19
	P(t) bilateral	0,99	0,28	0,28	0,06	0,05	0,53	0,06	0,24	0,50	0,81
Hirudinea	r	-0,42	1,00	1,00	0,58	0,87	-0,95	0,62	0,99	0,74	-0,83
	P(t) bilateral	0,58	0,00	0,00	0,42	0,13	0,05	0,38	0,01	0,25	0,17
Acari	r	-0,17	-0,65	-0,66	0,04	-0,56	0,78	0,00	-0,70	-0,97	0,66
	P(t) bilateral	0,83	0,35	0,34	0,96	0,44	0,22	0,99	0,30	0,03	0,34
Chironomidae	r	-0,34	0,94	0,94	0,83	0,96	-0,78	0,86	0,95	0,61	-0,59
	P(t) bilateral	0,66	0,06	0,06	0,16	0,04	0,22	0,14	0,05	0,39	0,41
Empididae	r	-0,43	1,00	1,00	0,60	0,88	-0,94	0,64	0,99	0,73	-0,82
	P(t) bilateral	0,57	0,00	0,00	0,40	0,12	0,05	0,36	0,01	0,27	0,18
Culicidae	r	-0,43	1,00	1,00	0,60	0,88	-0,94	0,64	0,99	0,73	-0,82
	P(t) bilateral	0,57	0,00	0,00	0,40	0,12	0,05	0,36	0,01	0,27	0,18
Ceratopogonidae	r	0,01	-0,87	-0,88	-0,34	-0,82	0,89	-0,37	-0,91	-0,97	0,72
	P(t) bilateral	0,99	0,13	0,12	0,66	0,18	0,11	0,63	0,88	0,03	0,28
Psychodidae	r	-0,91	0,58	0,57	0,01	0,13	-0,69	0,06	0,48	0,14	-0,87
	P(t) bilateral	0,09	0,42	0,43	0,99	0,87	0,31	0,94	0,52	0,86	0,13
Simuliidae	r	-0,43	1,00	0,99	0,60	0,88	-0,94	0,64	0,99	0,73	-0,82
	P(t) bilateral	0,57	0,00	0,01	0,40	0,12	0,05	0,36	0,01	0,27	0,18
Hydropsychidae	r	-0,39	0,80	0,80	0,95	0,88	-0,57	0,97	0,80	0,33	-0,38
	P(t) bilateral	0,61	0,20	0,20	0,05	0,12	0,43	0,03	0,20	0,66	0,62
Leptophlebiidae	r	0,73	-0,87	-0,87	-0,29	-0,54	0,93	-0,34	-0,82	-0,51	0,97
	P(t) bilateral	0,26	0,12	0,12	0,71	0,46	0,07	0,66	0,18	0,49	0,03
Baetidae	r	0,50	-0,55	-0,55	0,31	-0,13	0,79	0,25	-0,50	-0,53	0,92
	P(t) bilateral	0,50	0,45	0,44	0,69	0,87	0,21	0,74	0,49	0,47	0,08

As células sombreadas destacam os valores com significância a 10% pelo teste t (bilateral).

## 4 DISCUSSÃO

Os resultados do ponto 2, onde os maiores índices de diversidade foram obtidos, reforçam que suas águas mantêm a qualidade adequada à vida de maior variedade de espécies. A diminuição da diversidade ocorrida no ponto 4, tanto em período seco como em chuvoso, evidencia a queda da qualidade das águas desse local, devido ao aporte de esgoto doméstico e chorume que recebem. Resultados semelhantes que confirmam aumento do índice de Shannon em ambientes preservados e diminuição do mesmo em ambientes impactados foram encontrados por outros autores como Marques *et al.* (1999); Moreno & Callisto (2004); Paz *et al.* (2008).

O período chuvoso parece ter contribuído para a queda da equitabilidade nos pontos 1 e 2. Estes locais estão em declive e isso fez aumentar a velocidade das águas e revolver o sedimento, o que impediu os organismos de se fixarem aos substratos. Nesse mesmo período, a equitabilidade foi maior do que em época de estiagem nos pontos 3 e 4. O maior volume de água proporcionou o revolvimento do sedimento, porém, como a superfície onde estão esses pontos é plana, a movimentação das águas favoreceu a distribuição e permanência dos organismos bentônicos por vários microhabitats. No entanto, a má distribuição da comunidade zoobentônica foi indicada pelo menor índice de equitabilidade, em período seco, no ponto 4. Valores baixos do índice de Pielou indicam o decréscimo da qualidade da água (CORRÊA & UIEDA, 2008).

Em período seco, as diferenças entre as médias foram mais significativas e esse resultado está relacionado à maior quantidade de organismos encontrados no Córrego Água Limpa em período de estiagem. Isso acontece devido às condições mais estáveis da água nessa estação; ao contrário, na estação chuvosa o aumento da correnteza pode provocar o arraste dos organismos córrego abaixo. (OLIVEIRA *et al.*, 1997; KIKUCHI & UIEDA, 1998; HUAMANTINCO & NESSIMIAN, 1999).

Os resultados significativos, nos dois períodos de coleta, para o táxon Copepoda (Figura 4D) indicam que esse grupo possui indivíduos tolerantes e intolerantes à poluição e podem, portanto, habitar águas oligo ou eutróficas. A maior média de copepoda em período chuvoso ocorreu no ponto 3 e pode-se confirmar melhores condições físico-químicas e microbiológicas da água nesse local. Já em período seco, a maior média para esse grupo ocorreu no ponto 4, onde se obtiveram índices mais altos de fósforo, compostos nitrogenados e coliformes fecais. Por isso, o local apresentou um estado de eutrofização bastante avançado em período seco. Há correlação negativa dos copepodas com nitrato em março, e positiva com

amônia, ferro e turbidez, em agosto. Essas variáveis físico-químicas não raramente estão associadas a ambientes em risco ou bastante impactados. Os copepodas alimentam-se principalmente de algas ou são predadores e muitas espécies possuem exigências quanto à qualidade do ambiente, sendo considerados mais sensíveis à poluição das águas (GUNTZEL, 2000; MORETTO, 2001). Porém, vários morfotipos de copepodas ocorrem, frequentemente, em sistemas aquáticos eutrofizados e a capacidade para sobreviver em tais ambientes deve-se à facilidade que esses seres têm de selecionar alimentos (MATSUMURA-TUNDISI & ROCHA, 1983; TUNDISI *et al.*, 1988).

O período das chuvas pareceu favorecer maior frequência da meiofauna, como Tardigrada, Rotifera (Figura 4B e C, respectivamente) e Ostracoda. Apesar das médias para Rotifera não terem se diferenciado, esses indivíduos têm sido citados na literatura como indicadores de poluição orgânica e associados a águas de baixa transparência (BRANCO & CAVALCANTI, 1999; SOUZA & NEUMANN-LEITÃO, 1998). A relação direta dos Rotifera com altos graus de trofia está relacionada com a alimentação do grupo, que inclui a ingestão de bactérias e detritos orgânicos em suspensão (ESTEVES, 1998). Isso explica a maior quantidade do grupo em março, época de maior turbidez causada por carreamento de partículas para os cursos d'água.

Cladocera (Figura 4E) parece ter se relacionado melhor com ambientes mais preservados, pois valores maiores de suas médias foram encontrados nos pontos 1, 2 e 3 considerando-se os dois períodos de coleta. Na estiagem, as maiores médias ocorridas nos pontos 2 e 3 foram significativas. A literatura cita Cladoceros como um dos grupos mais abundantes em águas continentais, contendo algumas espécies encontradas em ambientes oligotróficos e outras bastante tolerantes à poluição (BLANCHER, 1984; WONG *et al.*, 1992).

Com relação ao taxon Ostracoda, a literatura mostra-se bastante carente de informações, o que é inerente às dificuldades relacionadas à identificação desses organismos (MARTENS, 1985; MARTENS, 1995; HIGUTI, 2006). Os ostracodas possuem tolerância a grandes faixas de variações ambientais e capacidade de resistir à dessecação ou de recolonizar novamente habitats inundados, portanto, são caracteristicamente cosmopolitas (KÜLKÖYLÜOĞLU & DÜGEL, 2004). Variáveis importantíssimas para a sobrevivência e reprodução desses organismos são o teor de oxigênio dissolvido, que deve ser elevado, e a manutenção de altas temperaturas (DELORME, 2001). Essa informação condiz com a maior quantidade desses organismos nas amostras coletadas em março, quando as taxas de oxigênio

foram mais elevadas, quando comparadas com as de agosto. A temperatura também manteve-se constante e mais elevada.

Os ácaros aquáticos ocorrem, com mais frequência, nos ambientes dulcícolas de águas correntes, mas podem ser encontrados em pântanos e lagos. Não foram rotulados como indicadores de um tipo particular de água e são cosmopolitas (PÉREZ, 1988). Tardigrada, Turbellaria e Gastrotricha (Figura 4A) também são taxons pouco estudados no que concerne à identificação, ecologia e às utilizações para biomonitoramento. Além disso, para esses grupos, os resultados não foram significativos, o que dificultou inferências em relação aos mesmos.

As ordens Trichoptera, Ephemeroptera (Figura 5A e B, respectivamente), e Plecoptera (Insecta) são associadas, com bastante frequência, aos ambientes aquáticos continentais de boa qualidade e bem oxigenados, porque, geralmente, são grupos constituídos por organismos intolerantes à poluição (OLIVEIRA & FROEHLICH, 1997; BISPO *et al.*, 2001; BOYLE & FRALEIGH JR., 2003; FONTANELLA *et al.*, 2009).

Em período chuvoso, médias menores de Baetidae, Leptophlebiidae (Ephemeroptera), ocorridas no ponto 1, que foram semelhantes ao ponto 4, parecem não estar associadas à poluição. Esse local não sofre alterações antrópicas severas, mas por se tratar da nascente do córrego, baixos valores de oxigênio dissolvido são considerados normais, além do menor volume de água, fatores que podem ter ocasionado a baixa frequência desses indivíduos. O resultado para as médias de Baetidae (Ephemeroptera) foi significativo apresentando maiores valores nos pontos 2 e 3. Estes pontos também foram os que obtiveram concentrações de oxigênio mais altas, baixas taxas de compostos nitrogenados e coliformes fecais, o que justifica o fato desse grupo apresentar correlação negativa com o nitrato, em março. Em período de estiagem, o resultado foi significativo para Trichoptera, Ephemeroptera e Plecoptera (Perlidae) e as maiores médias continuaram ocorrendo nos pontos 2 e 3. Esses locais mantiveram-se com menores concentrações de compostos associados à eutrofização, com exceção do fósforo. Apesar da concentração de oxigênio ter diminuído em comparação à época das chuvas, os pontos 2 e 3 também se mantiveram com as maiores concentrações dessa variável em comparação aos pontos 1 e 4. O ponto 4 apresentou médias baixas de Ephemeroptera e Plecoptera, indicando que suas águas podem não estar oferecendo condições adequadas à sobrevivência desses organismos. O oxigênio dissolvido, por exemplo, resultou em baixas concentrações. Resultados semelhantes para ambientes com alterações antrópicas foram encontrados por outros autores como Oliveira & Froehlich (1997); Bispo *et al.* (2001); Callisto (2001) e Fontanella *et al.* (2009).

É importante ressaltar a alta correlação obtida entre Leptophlebiidae e oxigênio dissolvido no período seco, e Leptophlebiidae e Baetidae com o pH, que foi maior também nos pontos 2 e 3. Apesar da família Hydropsychidae pertencer à ordem Trichoptera, os resultados revelaram maior ocorrência desse grupo no ponto 4, e indivíduos dessa família podem ser encontrados em águas oligotróficas ou eutróficas (PÉREZ,1988). Portanto, para se utilizar a ordem Trichoptera como bioindicadora de qualidade aquática, deve-se fazer a identificação dos organismos a menores níveis taxonômicos.

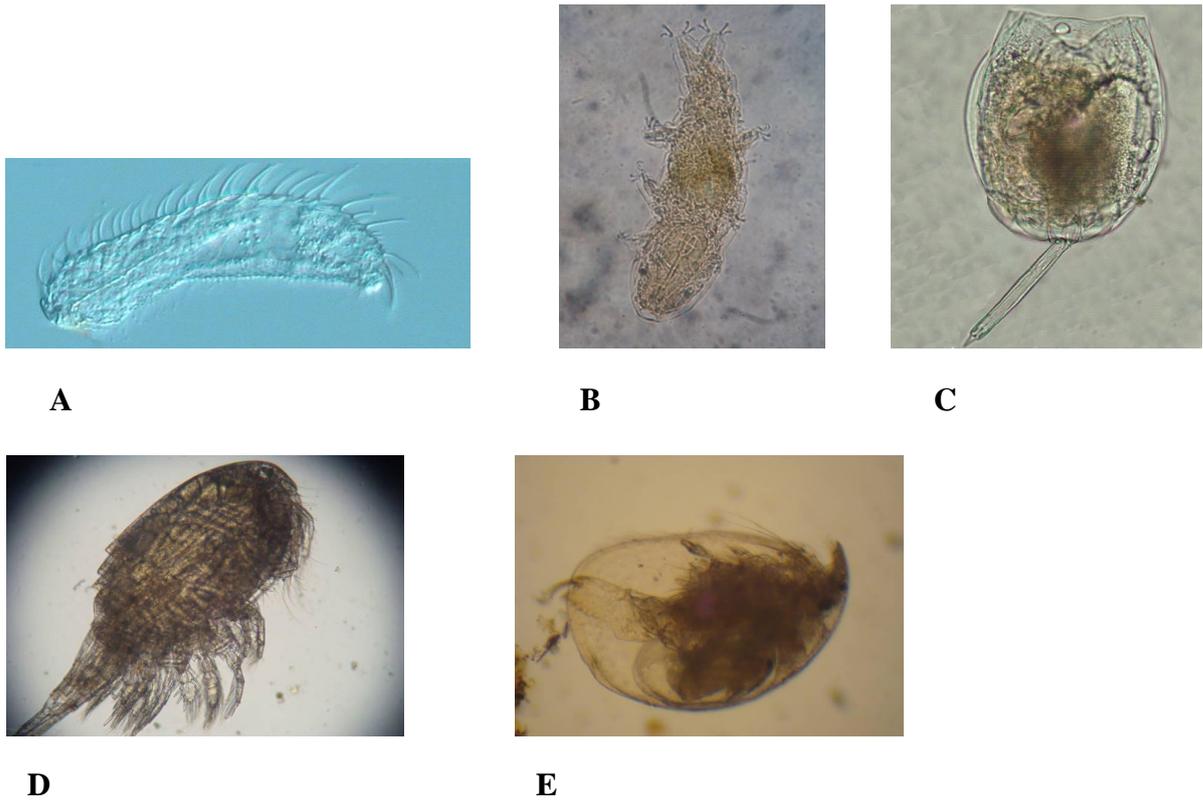
Psephenidae compreende uma família da ordem Coleoptera e tem sido apontada como indicadores de ambientes limpos, bem oxigenados e com correnteza de moderada a forte (PEREZ, 1988; CALLISTO *et al.*, 2001; GOULART & CALLISTO, 2003). Em período seco, com resultado significativo para esse grupo, sua ocorrência foi maior no ponto 2 e menor no ponto 4. Isso, mais uma vez, é indicativo de que, nesse último, existem condições impróprias à vida de organismos mais exigentes quanto à qualidade do ambiente. Elmidae, família também pertencente à ordem Coleoptera, de forma diferente dos Psephenidae, são apontados como tolerantes à poluição, com parte considerável de espécies detritívoras (MORENO & CALLISTO, 2004; PÉREZ, 1988). Apesar de não se diferenciar dos outros pontos em período chuvoso, a média para Elmidae no ponto 1 (nascente) foi a menor. O resultado significativo em relação a esses organismos, que foram encontrados também em menor quantidade no ponto 1, em época de seca, ocorreu porque a disponibilidade de alimento para os elmídeos foi escassa.

A abundância de Oligochaeta, Hirudinea e Chironomidae é um forte indicativo de poluição aquática e elevados teores de matéria orgânica. Por isso, muitos autores classificam esses grupos como os invertebrados bentônicos mais resistentes à poluição (RUPPERT & BARNES, 1996; KAZANCI & GIRGIN, 1998; ESTEVES, 1998; BOULTON & JENKINS, 1998; MATSUMURA-TUNDISI, 1999; BUBINAS E JAMINIENÉ, 2001).

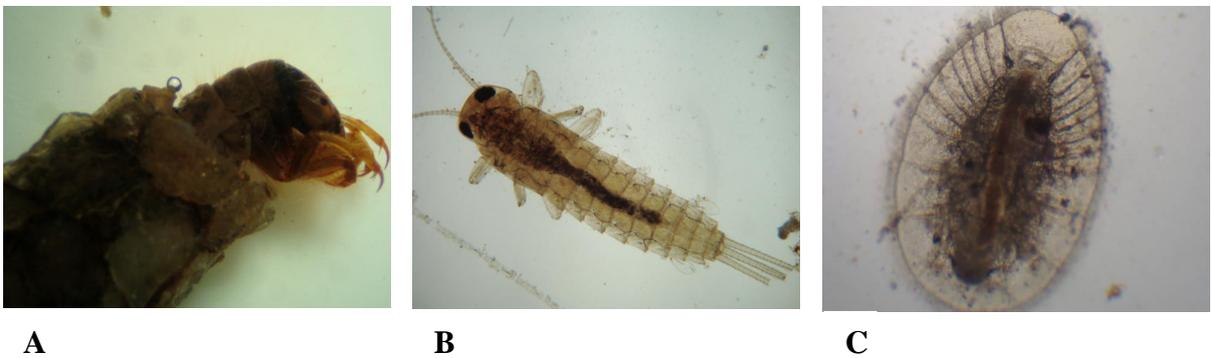
Oligochaeta, Hirudinea e Chironomidae tiveram médias significativas no ponto 4, em período seco. Em período chuvoso, apesar das médias dos grupos supracitados não terem se diferenciado entre os pontos de coleta, também foram elevadas nesse local. Esses resultados indicam as fortes alterações pelas quais passa o Córrego Água Limpa nesse ponto de coleta. A grande quantidade de matéria orgânica, coliformes fecais e, nitrato que são acrescentados às águas do córrego selecionou esses três grupos como adaptados às novas mudanças do ambiente. Essas alterações foram confirmadas pelos resultados físico-químicos e microbiológicos (Tabela 6). O estado de eutrofização pode ter acarretado também a baixa taxa de oxigenação, condição na qual esses organismos são capazes de sobreviver. A maior

quantidade de microrganismos contribui para maior consumo de oxigênio durante a degradação da matéria orgânica com fins de obtenção de energia. O oxigênio dissolvido na água passa a ser, então, um fator limitante à sobrevivência dos seres mais sensíveis. Entre os bioindicadores, há grupos de espécies que se relacionam diretamente a determinado agente poluidor ou a uma forma potencialmente poluente (CALLISTO, 2004). Diante disso, os resultados justificam a tolerância desses grupos aos ambientes eutróficos: Correlações positivas de Oligochaeta com nitrito, nitrato, ferro e coliformes fecais; Hirudinea com fósforo, nitrito, nitrato e coliformes fecais; Chironomidae com nitrito, nitrato, ferro e coliformes fecais. Além disso, esses grupos mostraram relação inversa com o oxigênio dissolvido, apontando Hirudinea como o grupo mais significativo nesse sentido. Esses resultados corroboram com os obtidos por outros autores como Goulart & Callisto (2003); McCormick *et al.* (2004) e Azrma *et al.* (2006).

As outras famílias da ordem Diptera presentes nas amostras ó Empididae, Culicidae, Ceratopogonidae, Psychodidae, Simuliidae, Tabanidae, Tipulidae - podem ser encontradas em ambientes meso e eutróficos (PÉRES, 1988). Quanto ao potencial desses grupos como bioindicadores, eles têm sido menos referenciados que os da família Chironomidae.



**Figura 5.** Meiofauna Bentônica encontrada no Córrego Água Limpa. Gastrotricha (A); Tardigrada (B); Rotifera (C); Copepoda (D); Cladocera (E).



**Figura 6.** Exemplos dos grupos de macroinvertebrados bentônicos intolerantes à poluição encontrados no Córrego Água Limpa. Trichoptera (A); Ephemeroptera (família Baetidae) (B); Psephenidae (C).



**Figura 7.** Exemplos dos grupos de macroinvertebrados bentônicos resistentes à poluição encontrados no Córrego Água Limpa. Hirudinea (A); Oligochaeta (B); Chironomidae (C).

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo tornou evidente o efeito da qualidade ambiental sobre as assembleias zoobentônicas do Córrego Água Limpa, pois elas sofrem influência das ações antrópicas em sua composição.

O período seco mostrou-se mais significativo para a realização de estudos preliminares de biomonitoramento, devido à manutenção das condições mais estáveis da água.

Grupos da meiofauna como Rotifera, Copepoda, Ostracoda e Cladocera também podem ser utilizados para estudos de biomonitoramento, desde que sejam feitas identificações mais precisas, até níveis taxonômicos menores. A identificação aos níveis específicos desses grupos é ainda incipiente, o que dificulta as inferências sobre o que a presença, ausência, quantidade e diversidade deles indica em relação aos níveis de poluição aquática.

Os grupos taxonômicos Perlidae, Leptophlebiidae e Baetidae destacaram-se pelo potencial em indicar águas de boa qualidade nos pontos 1, 2 e 3. Já Oligochaeta, Hirudinea e Chironomidae indicaram o ponto 4 como o local de maior risco à incapacidade de resiliência, devido aos altos níveis de contaminação orgânica, evidenciando alterações antrópicas negativas. Por isso, o ponto 4 tem grande responsabilidade na queda da qualidade das águas do Córrego Água Limpa, o que pode oferecer risco de avanço do processo de eutrofização, extinção de espécies aquáticas e transmissão de doenças veiculadas pela água. Os dados obtidos estão em concordância com as expectativas da literatura (ROSENBERG & RESH, 1993; GOULART & CALLISTO, 2003).

As condições da qualidade da água indicadas pelos organismos zoobentônicos nos quatro pontos de coleta foram confirmadas pelos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas. Essa confirmação agrega valor ao biomonitoramento e à análise físico-química e microbiológica como investigações complementares que propiciam resultados mais fidedignos e temporais em relação às condições dos ambientes aquáticos continentais.

Esse trabalho pode contribuir, no futuro, para estudos de biomonitoramento que poderão diminuir a carência de informações sobre as condições dos ecossistemas lóticos. A busca por um modelo mais sistêmico de investigação para entender esses ecossistemas, em que se analisam as partes como um todo, tem ganhado força com os indicadores biológicos deixando o estigma de ômodismo científico.

## **CONCLUSÃO GERAL**

Em programas de monitoramento aquático, é pertinente a utilização dos parâmetros biológicos, físicos, químicos e microbiológicos. Eles auxiliam na interpretação das respostas dos seres vivos aos múltiplos impactos encontrados em ambientes aquáticos continentais lóticos. Principalmente no Brasil, são necessários mais estudos que possam contemplar diversos campos como os da taxonomia, ecologia aquática e os aspectos químicos, físicos e microbiológicos da água. Novas pesquisas nesse sentido poderão subsidiar atividades de manutenção e, até mesmo, de restauração de ambientes que vêm sofrendo com pressões externas negativas diversas, com destaque para as antrópicas.

## REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. Ed. Washington D.C: APHA-AWWAWEF, 2005. 1134p.
- AZRINA, M. Z.; YAP, C. K.; ISMAIL, A. R.; ISMAEL, A. & TAN S. G. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, p.337-347, 2006.
- BALSAMO, M. & TODARO, M.A. **Gastrotricha**. In: Freshwater meiofauna: Biology and ecology. Rundle, S. D., Robertson, A. & Schmidt-Araya, J. (eds). Backhuys Publishers, 2002, p. 45661.
- BICUDO, C.E.M. & BICUDO, D.C. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos ó SP, Rima, 2004, 346 p.
- BISPO, P.C.; L.G. OLIVEIRA; V.L. CRISCI & M.M. SILVA.. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto central do Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 13, n. 2, p.1-9, 2001.
- BLANCHER, C. E., , Zooplankton trophic state relationships in some north and central Florida lakes. **Hydrobiol.**, v. 109, p. 251-263, 1984.
- BOULTON, A.J., JENKINS, K.M., Flood regimes and invertebrate communities in floodplain wetlands. In: Williams, W.D. (Ed.), **Wetlands in a Dry Land: Understanding for Management**. Environment Australia, Canberra, 1998. pp. 1376148.
- BOYLE , T.P. & FRALEIGH JR., H.D. Natural and anthropogenic factors affecting the structure of the benthic macroinvertebrate community in an effluent-dominated reach of the Santa Cruz River, AZ. **Ecological Indicators**, v. 3, p. 93-117, 2003.
- BRANCO, C. W. C. & CAVALCANTI, C. G. B. A ecologia das comunidades planctônicas no lago Paranoá. In: HENRY, R. ed. **Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu, FUNDIBIO, FAPESP, 1999. p.573-596.
- BUBINAS, A.; JAGMINIENÉ, I. Bioindication of ecotoxicity according to community structure of macrozoobenthic fauna. **Acta Zoologica Lituanica**, Vilnius, v.11, n.1, p. 90-99, 2001.
- BUSS, D. F., BAPTISTA, D. F. & NESSIMIAN, J. L.. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, p. 465-473, 2003.
- CONAMA. (2005). Resolução N0 357 de maio de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. In: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília (DF)**.

CALLISTO, M. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: \_\_\_\_ **Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Cap.1, p.1-12.

CALLISTO, M.; M. MORETTI & M. GOULART. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 71-82, 2001.

CARVALHO, E.M. & UIEDA, V.S.. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.21, n.2, p. 287-293, 2004.

CONAMA Resolução nº 357 de maio de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. In: **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília (DF), 2005.

CORRÊA, M. O. D. A. & UIEDA, V. S. Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v. 3, n. 1, p. 23-31, 2008

COULL, B. C.. Ecology of the Marine Meiofauna. In: HIGGINS, R.P. & THIEL, H (eds). **Introduction to the study of meiofauna**. Smithsonian Inst. Press. Washington, D.C. 1988. p.18-38.

COULL, B. C. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. **Australian Journal of Ecology**, v.24, p.327-343, 1999

CUMMINS, K. W., Trophics Relations of Aquatic Insects. **Rev. Entomol.** v.18, p. 183-206, 1973.

DELORME, L. D. 2001. Ostracoda. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P.(eds) **Ecology and classification of north American freshwater invertebrates**. 2d. Ed. San Diego,California. Academic Press. p.811-842.

ESTEVES, F. A. 1998. **Fundamentos da Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998, 602p.

FLEEGER, J. W. **Small benthos in estuarine food webs: comparing intertidal and subtidal habitats**. In: Fourth Coastal Marsh and Estuary Management Symposium. 1985.Louisiana State University Printing Office, Baton Rouge, LA, USA. p. 127-141.

FONTANELLA, A.; COUTINHO, A.; PERRY, C. *et al.* Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio da Ilha, Taquara, Rio Grande do Sul, Brasil, Porto Alegre, R.S.; **R. bras. Bioci.**, v. 7, n. 1, p. 23-41, jan./mar. 2009.

FRAGA, L.M.S.; ABREU, P. A. A.; NEVES, S. C. Hidrologia e Hidrografia. In: SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F., ABREU, P. A. A. (Editores). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. p. 80-93.

FREIRE, R. H. F.; PAULINO, W. D. **Recomendações e Cuidados na Coleta de Amostras de Água**. Informe Técnico, nº2, Ceará, 2001, 19p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <[http:// earth google.com/intl/pt/](http://earth.google.com/intl/pt/)> Acesso em: 20 abr. 2009.

GOULART, M.D. & CALLISTO, M.. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM**, Pará de Minas, v.2, p.153-163, 2003.

GÜNTZEL, A. **Variações espaço-temporais da comunidade zooplanctônica nos reservatórios do médio e baixo rio Tietê/Paraná, SP**. 2000. 445p. Tese de Doutorado- Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

HICKS, G.R.F. AND B.C. COULL. The ecology of marine meiobenthic harpacticoid copepods. **Annual Review of Oceanography and Marine Biology**, v. 21, p. 380-389, 1983.

HIGUTI, J. **Fatores reguladores da biodiversidade de Ostracoda (crustacean) no vale alluvial do alto rio Paraná**. 2006. 59p. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

HUAMANTINCO, A.A. & J.L. NESSIMIAN. Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do Rio Paquequer, Teresópolis, RJ. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 1-16, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2000. **Censo demográfico 2000**.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF, 2005. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Biribiri**.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA ó INMET- <http://www.inmet.gov.br/>, acesso em 03/03/ 2010.

KAZANCI, N. & G RG N, S. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. **Turk. J. Zool.**, v. 22, p. 83-88. 1998.

KIKUCHI, R.M. & V.S. UIEDA. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal, p. 157-173. *In*: J.L. NESSIMIAN & A.L. CARVALHO (Eds). **Ecologia de insetos aquáticos**. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Séries Oecologia Brasiliensis, 1998. 309p.

KISIELEWSKI, J. Two new interesting genera of Gastrotricha (Macrodasyida and Chaetonotida) from the Brazilian freshwater psammon. **Hydrobiologia**, v.153, p. 23630. 1987.

KISIELEWSKI, J. Inland-water Gastrotricha from Brasil. **Annales Zoologici**, v.43, p. 16168, 1991.

KÖNIG, R, SUZIN, C. R. H., RESTELLO, R. M. & HEPP, L.U. Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, v.3, p. 84-93, 2008.

KOSTE, W. (1978). **Rotatoria. Die Radertere Mitteleuropas, Uberordnung Monogononta.**

KÜLKÖYLUÖGLU, O. & M. DÜGEL, Ecology and spatiotemporal patterns of Ostracoda (Crustacea) from Lake Golcuk (Bolu, Turkey). **Archiv für Hydrobiologie**, v.160, p. 67683, 2004.

MARE, M.F. A study of a marine benthic community with special reference to the micro-organisms. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v.25, p. 517-554, 1942

MARQUES, M.G.S.M., FERREIRA, R.L. & BARBOSA, F.A.R. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Rev. Bras. Biol.** v. 59, n.2, p. 203-210, 1999.

MARTENS, K.. Effects of temperature and salinity on postembrionic growth in *Mytilocypris henricae* (Chapman) (Crustacea, Ostracoda). **Journal of Crustacean Biology**, v. 5, n. 2, p. 258-272, 1985.

MARTENS, K. Recent non-marine Ostracoda. 1995. **Workshop on Neotropical aquatic invertebrates University of São Paulo, Brazil.** 31, 1-18p.

MATSUMURA-TUNDISI, T. Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil. In: HENRY, R. **Ecologia de reservatórios.** São Paulo: FAPESP/FUNDIBIO, 1999. p.41-54.

MATSUMURA-TUNDISI, T. & ROCHA, O. Occurrence of copepods (Calanoida, Cyclopoida and Harpacticoida) from Broa reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). **Rev. Bras. Biol.**, v. 13, n.1, p. 1-17, 1983.

MCCORMIK, P. V.; SHUFORD, R. B. E. & RAWLIK, P. S. Changes in macroinvertebrate community structure and function along a phosphorus gradient in the Florida Everglades. **Hydrobiologia**, v. 529, n.1-3, p.113-132, 2004.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America.** 2ª ed. Iowa: Ed.Kendall/Hunt. 1988. 750p.

MORENO, P.; CALLISTO, M.. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini V.L.; Queiroz S.C.N.; Silveira M.P. (Org.). **Bioindicadores de Qualidade da Água.** Jaguariuna: EMBRAPA, 2004. p. 95-116.

MORETTO, E. M. **Diversidade zooplânctônica e variáveis limnológicas das regiões limnéticas e litorânea de cinco lagoas do Vale do rio Doce-MG, e suas relações com o entorno.** 2001, 310p. Dissertação de Mestrado. E.E. São Carlos/USP, São Carlos/SP, 2001.

MUROLO, P.P.A.. **Utilização da Meiofauna Bentônica no Monitoramento do Cultivo do camarão *Litopenaeus vannamei*.** 2005. 89p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2005.

NEVES, S.C.; ABREU, P.A.A. & FRAGA, L.M.S. 2005. Fisiografia. In SILVA, A.C.; PEDREIRA, L.C.V.S.F. & ABREU, P.A.A. (eds.). Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes. Editora: O Lutador. Belo Horizonte, p. 47-58.

NOGRADY, T., POURRIOT, R. & SEGERS, H. Rotifera: **Notomatidae and the Scardiidae ó guides to the identification of the microinvertebrados of the continental waters of the world.** v.3, coord. H.J.F. Dumont., SPB Academic Publishing, 1995.

NOGRADY, T.; WALLACE, R.L.; SNELL, T.W. **Rotifera, 1: biology, ecology and systematics.** Haia: SPB Academic Publ. 142p, 1993.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.434p.

OLIVEIRA, L.G. & C.G. FROEHLICH. Diversity and community structure of aquatic insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in a mountain stream in Southeastern Brazil. **Acta Limnologica do Brasiliensia** v.9, p. 139-148, 1997

OLIVEIRA, L.G.; P.C. BISPO & N.C. SÁ. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do parque ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 14, p. 867-876, 1997.

PAZ, A.; MORENO, P.; ROCHA, L. & CALLISTO, M. Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG). **Neotropical Biology and Conservation**, v. 3, p. 149-158, 2008.

PÉREZ, G. R., **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia.** Editorial Presencia Ltda., Bogotá, 1988. 217p.

PIEDRAS, S. R. N., BAGER, A., MORAES, P. R.R., LORAINE, A. I., FERREIRA, O. G. L. F. and HEEMANN, C. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. *Ciência Rural*, vol. 36, no. 2, p. 494-500, 2006.

RESERVA DA BIOSFERA DA SERRA DO ESPINHAÇO (RBSE). **Zonas Núcleo - Unidades de conservação de proteção integral.** Mapa atualizado pela PUC Minas - Projeto [Rede Socioambiental da APA Sul](http://www.rbse-unesco.blogspot.com/). Disponível em <[http:// www.rbse-unesco.blogspot.com/](http://www.rbse-unesco.blogspot.com/)> Acesso em: 30/09/2009.

RODRIGUES, W.C. **DivEs - Diversidade de espécies. Versão 2.0. Software e Guia do Usuário**, 2005. Disponível em: <<http://www.ebras.bio.br/dives>>

ROSENBERG, D.M. & RESH, V.H. **Freshwater Bimonitoring and Benthic Macroinvertebrates.** Chapman & Hall, New York, 1993. 488p.

RUPPERT, E.E.; BARNES, R. **Zoologia dos invertebrados.** São Paulo: Roca, 1996. 1125p.

SEGERS, H. 1995. **Rotifera 2. The Lecanidae (Monogononta).** SPB Academic Publishing by The Hague.

SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F. Potencialidades, Demandas e Ameaças. In: SILVA, A. C., PEDREIRA, L. C. V. S. F. ABREU, P. A. A. (Editores). **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. p. 261-271.

SMITH, G.R.; VAALA, D.A. & DINGFELDER, H.A. Distribution and abundance of macroinvertebrates within two temporary ponds. **Hydrobiologia**, v. 497, p.161-167, 2003.

SOUZA, F.B.V.A.; NEUMANN-LEITÃO, S.; Paranaguá, M.N. Rotifera do sistema estuarino do rio Goiana, Pernambuco, Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da UFPE**. Recife-PE, v. 26, n.1, p. 31- 62, 1998.

TODARO, M.A. & HUMMON, W.D. An overview and a dichotomous key to genera of the phylum Gastrotricha. **Meiofauna Marina**, v.16, p.3-20, 2008.

TODARO, M.A. & ROCHA, C.E.F. Diversity and distribution of marine Gastrotricha along the northern beaches of the State of São Paulo (Brazil), with description of a new species of *Macrodasya* (*Macrodasyida*, *Macrodasyidae*). **Journal of Natural History**, v.38, p. 1605-1634, 2004.

TODARO, M. A. & ROCHA, C.E.F. Further data on marine gastrotrichs from the State of São Paulo and the first records from the State of Rio de Janeiro (Brazil). **Meiofauna Marina**, v. 14, p. 27631, 2005.

TUNDISI, J. G., MATSUMARA-TUNDISI, T., HENRY, R., ROCHA, O. & HINO, K., Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo, In: J. G. Tundisi (ed.), **Limnologia e manejo de represas**. São Carlos: EESC/USP/CHREA/ACIESP, 1988, pp. 165-204.

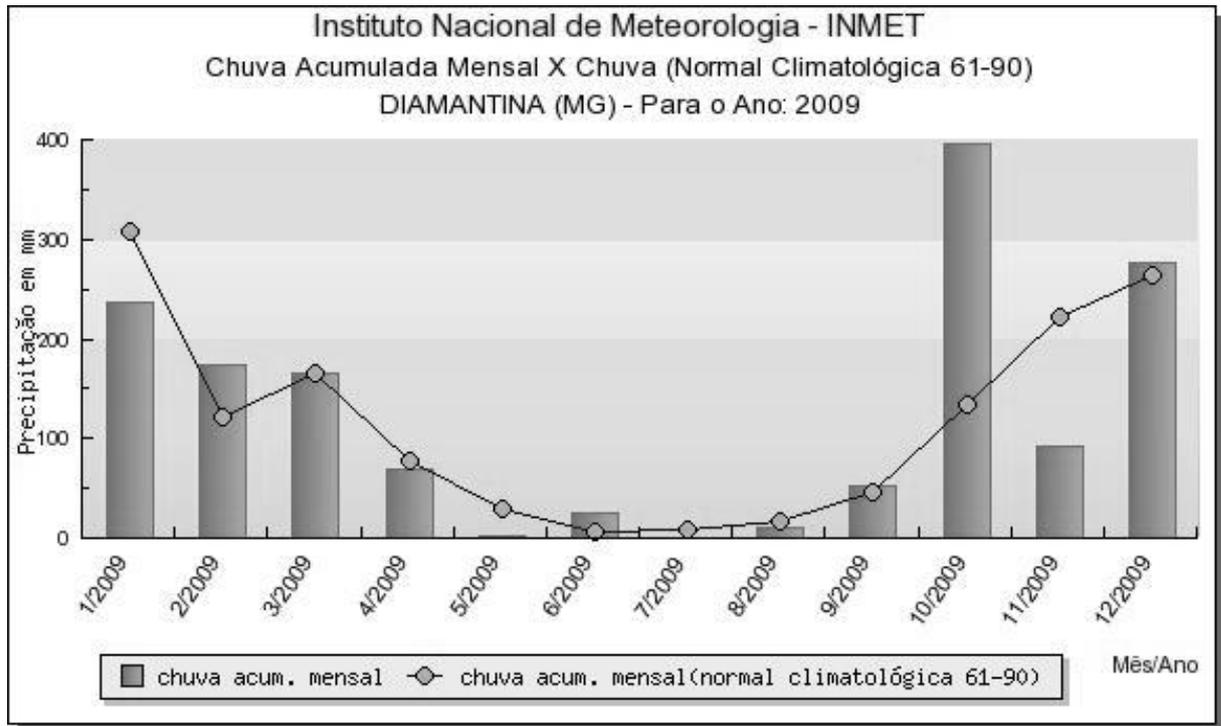
VIDAL-ABARCA, M.R.; SUÁREZ, M.L.; GÓMEZ, R.; GUERRERO, C.; SÁNTEZ-MONTOYA, M.M. & VELASCO, J.. Intra-annual variation in benthic organic matter in a saline, semi-arid stream of southeast Spain (Chicamo stream). **Hidrobiología**, v. 523, p. 199-215, 2004.

WHITFIELD, J. 2001. Vital signs. **Nature**, 411: 989-990.

WONG, C. K., CHAN, A. L. C. & TANG, K. W. Natural ingestion rates and grazing impact of the marine cladoceran *Penilia avirostris* Dana in Tolo Harbour, Hong Kong. **J. Plankton Res.**, v. 14, p. 1757-1765, 1992.

## **ANEXO**

**ANEXO 1.** Dados da Precipitação para o ano de 2009 (INMET, 2010)



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)