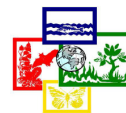




**Universidade Federal de Uberlândia  
Instituto de Biologia**



**Avaliação da qualidade ambiental do Rio Uberabinha  
(MG) utilizando parâmetros físico-químicos e  
comunidades de macroinvertebrados bentônicos como  
bioindicadores**

**Ana Lícia Fonseca Cutrim**

**Uberlândia  
2013**

ANA LÍCIA FONSECA CUTRIM

**Avaliação da qualidade ambiental do Rio Uberabinha  
(MG) utilizando parâmetros físico-químicos e  
comunidades de macroinvertebrados bentônicos como  
bioindicadores**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais da Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Giuliano Buzá Jacobucci

UBERLÂNDIA  
2013

**ANA LÍCIA FONSECA CUTRIM**

**Avaliação da qualidade ambiental do Rio Uberabinha  
(MG) utilizando parâmetros físico-químicos e  
comunidades de macroinvertebrados bentônicos como  
bioindicadores**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Ecologia e Conservação de  
Recursos Naturais da Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências para  
obtenção do título de Mestre em Ecologia e  
Conservação de Recursos Naturais.

APROVADA em

de 2013

Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo

UNESP

Profa. Dra. Solange Cristina Augusto

UFU

Prof. Dr. Giuliano Buzá Jacobucci

UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

2013

*Dedico este trabalho aos meus maravilhosos pais, Alterêdo e Luzia, e minha querida irmã, Jana, que, com muita dedicação, me proporcionaram muito amor, carinho e apoio, e se tornaram as fontes do meu foco e equilíbrio.*

## **AGRADECIMENTOS**

Sou muito grata primeiramente a Deus, pois sem Ele eu não existiria, sem Sua luz eu não teria inspiração, idéias e concentração para desenvolver um trabalho tão exigente como uma dissertação de mestrado. Obrigada meu Deus por estar ao meu lado, me dando forças para nunca desistir!

Agradeço também ao meu pai, Prof. Dr. Alterêdo Oliveira Cutrim, que sempre esteve presente com seu imenso amor e carinho paterno, e sempre se dispôs a ajudar na minha vida acadêmica com seu vasto conhecimento e sabedoria, e à minha mãe, Luzia Fonseca Cutrim, a pessoa mais fofa e querida que eu conheço, que eu tenho orgulho de chamar de mãe, por seu amor e apoio incondicional, por me socorrer emocionalmente inúmeras vezes, e por viajar tantos quilômetros só pra aliviar o meu fardo da dupla jornada de trabalho: cuidar da casa e escrever a dissertação. Também agradeço a minha irmãzona e melhor amiga Jana pelo amor, carinho, apoio e incentivo, e por sempre me socorrer quando eu precisei. Amo muito vocês, e não teria conseguido sem vocês.

Ao meu amado namorado, parceiro e melhor amigo Hugo Takashi Misawa, que sempre me incentivou a dar o melhor de mim, sempre ouviu pacientemente minhas reclamações e meus “não aguento mais triar”, e me ajudou nessa tarefa, quando eu tinha que passar horas sem tirar os olhos do microscópio, sempre me dando apoio para triar “só mais uma colherzinha”, rs. Muito obrigada por dividir o fardo comigo, do jeito que você pôde, e por fazer minha vida mais fácil estando perto de mim!

Ao meu orientador Prof. Dr. Giuliano Buzá Jacobucci, que sempre se disponibilizou a me ajudar quando solicitei, me apontando caminhos e me dando ideias, e por me apresentar uma comunidade fantástica que eu desconhecia, os macroinvertebrados bentônicos.

Agradeço também aos colegas de laboratório Renata de Moura Guimarães Souto, pela incrível paciência ao responder minhas dúvidas (que não foram poucas) durante o desenvolvimento da dissertação, ao Flávio Roque, pela grande ajuda nas triagens e identificações dos macroinvertebrados bentônicos, e por também sanar muitas das minhas dúvidas, e à Fernanda Alves Martins e Cynthia Goulart Corrêa Bruno pelas muitas vezes que foram às coletas com a gente e nos ajudaram muito mesmo! Obrigada queridos colegas, por serem sempre solícitos e dispostos a ajudar.

Ao Masterson, funcionário do DMAE de Uberlândia, que sempre se prontificou a nos levar aos pontos de amostragem do rio Uberabinha, e pela ajuda com as coletas.

Ao Prof. Dr. Luis Alfredo Pavanin, por viabilizar a realização das análises físico-químicas e pelas sugestões na análise dos dados.

À Profa. Dra. Kátia Gomes Facure pelo precioso auxílio nas análises multivariadas.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Solange Cristina Augusto, Prof. Dr. Pitágoras da Conceição Bispo e Profa. Dra. Fernanda Helena Nogueira-Ferreira, por terem aceitado o convite.

Agradeço e respeito os macroinvertebrados bentônicos, que são organismos indispensáveis à saúde dos ecossistemas aquáticos, por terem participado diretamente da minha pesquisa.

À FAPEMIG, pelo apoio à pesquisa, à UFU e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, e a CAPES pelo auxílio financeiro da bolsa.

De coração, quero agradecer a todos os que viabilizaram e facilitaram, direta ou indiretamente, meu duro caminho em busca do título de Mestre.

Obrigada!!!



*E disse Deus: Ajuntem-se as águas debaixo dos céus num lugar; e apareça a porção seca; e assim foi.*

*E chamou Deus à porção seca Terra; e ao ajuntamento das águas chamou Mares; e viu Deus que era bom.*

*E disse Deus: Produza a terra erva verde, erva que dê semente, árvore frutífera que dê fruto segundo a sua espécie, cuja semente está nela sobre a terra; e assim foi.*

*E a terra produziu erva, erva dando semente conforme a sua espécie, e a árvore frutífera, cuja semente está nela conforme a sua espécie; e viu Deus que era bom.*

*E disse Deus: Produzam as águas abundantemente répteis de alma vivente; e voem as aves sobre a face da expansão dos céus.*

*E Deus criou as grandes baleias, e todo o réptil de alma vivente que as águas abundantemente produziram conforme as suas espécies; e toda a ave de asas conforme a sua espécie; e viu Deus que era bom.*

*E Deus os abençoou, dizendo: Frutificai e multiplicai-vos, e enchei as águas nos mares; e as aves se multipliquem na terra.*

## **Gênesis 1**

## RESUMO

Cutrim, A.L.F. 2013. Avaliação da qualidade ambiental do Rio Uberabinha (MG) utilizando parâmetros físico-químicos e comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 102p.

Os ecossistemas aquáticos são impactados mundialmente pelo uso inadequado do solo e lançamento de efluentes domésticos e industriais, que aumentam proporcionalmente às atividades sócio-econômicas. Tendo em vista a preservação, faz-se necessário um monitoramento periódico da qualidade desses ecossistemas, utilizando além da avaliação físico-química, o monitoramento biológico, de modo a determinar a qualidade da água medida pelas alterações estruturais e funcionais das comunidades nos sistemas ecológicos. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi realizar um diagnóstico ambiental do Rio Uberabinha (MG) utilizando parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade do ambiente. Especificamente, buscou-se avaliar a qualidade da água do ponto de vista legal, através do enquadramento nas classes de qualidade da resolução CONAMA 357/2005, bem como avaliar a qualidade ambiental utilizando diferentes métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas a perturbações ambientais. Foram estudados cinco pontos do rio à montante de Uberlândia (M1 a M5), cinco pontos na área urbana de Uberlândia (U1 a U5) e dois pontos à jusante da cidade (J1 e J2). Para análise físico-química e microbiológica da água, foram realizadas coletas na estação seca e na estação chuvosa, e para amostragem de macroinvertebrados, foram realizadas coletas no final da estação seca e no início da estação chuvosa, e calculadas as métricas abundância, BMWP, diversidade de Shannon-Wiener, equidade de Pielou, riqueza de *taxa*, percentagem de EPT, Chironomidae e Oligochaeta. A comparação dessas métricas simultaneamente entre locais e períodos de coleta foi realizada através de ANOVA de dois fatores (*Two Way ANOVA*), e a relação entre as métricas foi avaliada por meio de uma Análise de Componentes Principais (PCA). Os padrões mais importantes dentre variáveis físico-químicas e microbiológica da água foram determinados através de uma análise de componentes principais (PCA). A maioria dos pontos amostrados se enquadraram na classe 4 da resolução CONAMA 357, e as variáveis DBO, DQO, turbidez, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito, fósforo total e coliformes termotolerantes apontaram um gradiente de qualidade ambiental, dos pontos à montante de Uberlândia (M1 a M5), que apresentaram melhor qualidade ambiental, até os pontos à jusante da cidade (J1 e J2) e o último ponto da área urbana de Uberlândia (U5), que apresentaram águas de pior qualidade, em função do lançamento de esgotos domésticos. Em relação às métricas, os pontos à montante apresentaram valores mais altos de diversidade, riqueza, BMWP e % de EPTs comparados aos pontos da área urbana e de jusante. As métricas % de EPT e o índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), seguidas da riqueza taxonômica, foram as que melhor refletiram a qualidade ambiental do rio Uberabinha, remetendo à boa qualidade dos pontos localizados à montante de Uberlândia, por estarem distantes da área urbana, e em piores condições, o ponto U5 e os pontos à jusante de Uberlândia, que são fortemente impactados.

**Palavras chave:** CONAMA 357, variáveis físico-químicas, ecossistemas aquáticos, macroinvertebrados bentônicos, % de EPT.



## ABSTRACT

Cutrim, A.L.F. 2013. Assessment of the environmental quality of Uberabinha river (MG) using physicochemical parameters and benthic macroinvertebrate communities as bioindicators. MSc.thesis. UFU. Uberlândia-MG. 102p.

Aquatic ecosystems worldwide are impacted by inappropriate land use and release of domestic and industrial effluents, which increase in proportion to the socio-economic activities. In order to preservation, it is necessary periodic monitoring of the quality of these ecosystems, using additional to the physico-chemical evaluation, biological monitoring, to determine the water quality measured by structural and functional alterations of the communities in ecological systems. Thus, the aim of this study was to perform an environmental diagnosis of the Uberabinha river (MG) using water's physico-chemical and microbiological parameters and benthic macroinvertebrate as indicators of environmental quality. Specifically, it was sought to evaluate the water quality from the legal point of view, through the framework into quality classes of CONAMA Resolution 357/2005, and to evaluate the environmental quality using different metrics of benthic macroinvertebrate communities and their responses to environmental disturbances. It was studied five points of the river upstream of Uberlândia (M1 to M5), five points in the urban area of Uberlândia (U1 to U5) and two points downstream of the city (J1 and J2). For physico-chemical and microbiological water analysis, collections were made in the dry season and the rainy season, and for macroinvertebrate sampling, collections were taken at the end of the dry season and at the beginning of the dry season, and then calculated metrics abundance, BMWP, Shannon-Wiener, Pielou evenness, *taxa* richness, percent EPT, Chironomidae and Oligochaeta. The comparison between these metrics simultaneously local and sampling periods was performed using Two Way ANOVA, and the relationship between metrics was evaluated by Principal Component Analysis (PCA). The most important standards among water's physico-chemical and microbiological parameters were determined using a principal components analysis (PCA). Most of the sampling points fell into the Class 4 of CONAMA 357, and the variables BOD, COD, turbidity, conductivity, total suspended solids, total nitrogen, ammonia nitrogen, nitrite, total phosphorus and fecal coliform showed a gradient of environmental quality, from the sampling points located upstream of Uberlândia (M1 to M5), which showed better environmental quality, to points downstream of the city (J1 and J2) and the last point of Uberlândia's urban area (U5), which had the worst water quality, due to the release of domestic sewage. With regard to metrics, sampling points upstream showed higher values of diversity, richness, BMWP and % of EPTs in relation to the urban area and downstream point. The metrics % of EPT and Shannon-Wiener's index (H'), followed by taxonomic richness were those that best reflected the environmental quality of Uberabinha river, referring to the good quality of the points located upstream of Uberlândia, by being distant to urban area, and in the worst conditions, the point U5 and points downstream of Uberlândia, which are heavily impacted.

**Keywords:** CONAMA 357, physico-chemical variables, aquatic ecosystems, benthic macroinvertebrates, % of EPT.

## SUMÁRIO

1	<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b> .....	11
2	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
3	<b>ÁREA DE ESTUDO E INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES</b> .....	15
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
	Referências Bibliográficas .....	32
5	<b>CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO- QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO RIO UBERABINHA (MG)</b> .....	36
5.1	Introdução .....	39
5.2	Material e Métodos .....	42
5.3	Resultados .....	47
5.4	Discussão .....	55
5.5	Conclusão .....	60
	Referências Bibliográficas .....	61
6	<b>CAPÍTULO 2: QUALIDADE AMBIENTAL DO RIO UBERABINHA UTILIZANDO MÉTRICAS DAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES</b> .....	64
6.1	Introdução .....	67
6.2	Material e Métodos .....	70
6.3	Resultados .....	74
6.4	Discussão .....	81
6.5	Conclusão .....	85
	Referências .....	86
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	90
	<b>APÊNDICES</b> .....	91

## **1 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

Esta dissertação foi estruturada nas seguintes seções: Introdução Geral, Área de Estudo, Material e Métodos, Referências Bibliográficas, Capítulos 1 e 2 e Considerações Finais.

A introdução geral contextualiza a temática e os objetivos da pesquisa realizada.

Na seção área de estudo, os pontos do rio estudado são descritos, localizados no Estado de Minas Gerais e referenciados de acordo com a malha urbana de Uberlândia – MG.

Na seção Material e Métodos é feita uma descrição detalhada das metodologias de coleta e das análises utilizadas no trabalho.

Os capítulos 1 e 2 apresentam-se na forma de manuscrito científico e serão submetidos a periódicos de reconhecida qualidade nas áreas de Ecologia e Limnologia. O capítulo 1 aborda a qualidade da água do Rio Uberabinha através de parâmetros físico-químicos e microbiológico, visando uma avaliação do ponto de vista legal, utilizando os padrões da resolução CONAMA 357/2005. No capítulo 2 é feita uma avaliação espaço-temporal da qualidade ambiental do Rio Uberabinha, utilizando as métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores.

## 2 INTRODUÇÃO GERAL

A água é uma das substâncias mais importantes do planeta Terra, pois dela depende a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos nos ecossistemas. Atualmente, considera-se que a quantidade total de água na Terra, de 1.386 milhões de km<sup>3</sup>, tem permanecido aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos (KOBİYAMA *et al.*, 2008; REBOUÇAS, 2002). Segundo Rebouças (2002), a distribuição dos volumes estocados nos principais reservatórios de água na Terra corresponde a 97,5% formando os oceanos e mares e 2,5% na forma de água doce. Considerando que a maior parcela dessa água doce (68,9%) forma as calotas polares, geleiras e neves eternas de cumes de montanhas, e que os 29,9% restantes correspondem às águas subterrâneas, apenas 0,3% do total de águas doces do mundo é representado por rios e lagos.

As águas doces são um recurso finito, essencial para o abastecimento do consumo humano, ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas, e, portanto, sem esse recurso em quantidade e qualidade adequadas, o desenvolvimento não seria viável. A água também corresponde a um elemento de importância vital aos ecossistemas das terras emersas (BARTRAM & BALLANCE, 1996; REBOUÇAS, 2002).

A grande dinâmica e heterogeneidade dos ecossistemas lóticos os tornam ecossistemas fundamentalmente estruturados pelo regime climático e pelos ambientes físico (luz, temperatura, correnteza, habitat) e químico (carbono orgânico e inorgânico, oxigênio, nutrientes) com os quais interagem, e pelas interações biológicas (herbivoria, predação, competição), que são partes componentes destes sistemas (SILVEIRA, 2004).

De modo a preservar esse complexo ecossistema, é necessário que haja um monitoramento periódico da qualidade da água e da integridade do sistema. Esta qualidade é frequentemente determinada através da medição de alguns parâmetros microbiológicos (análises bacteriológicas – coliformes totais e fecais) e físico-químicos da água, tais como oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, avaliação da presença de poluentes ou através do aumento da concentração de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio, no caso da poluição orgânica (SILVEIRA, 2004).

Dados precisos de qualidade de água são de fundamental importância em diversas atividades que promovem o desenvolvimento urbano e industrial, pois tais empreendimentos requerem essas informações para a emissão do licenciamento ambiental, para o seu funcionamento. Além disso, os planos de gestão de recursos hídricos estaduais ou das bacias

hidrográficas consideram a qualidade de seus mananciais, assim como o potencial impacto das atividades humanas nos mesmos, o que somente é possível com informações adequadas (VASCONCELOS *et al.*, 2009).

No Brasil, existe uma grande variedade de problemas relacionados à qualidade dos corpos d'água superficiais. Em termos gerais, as principais fontes que alteram a qualidade das águas podem ser resumidas nos seguintes itens: esgotos domésticos, efluentes industriais e de agricultura, desmatamento e manejo inadequado do solo, mineração, resíduos sólidos, poluição difusa em áreas urbanas, salinização, acidentes ambientais, construção de barragens e aquicultura (ANA, 2005).

As avaliações da qualidade da água através dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos atendem somente ao uso para agricultura, consumo doméstico e industrial. Quando se utiliza apenas esses parâmetros, a avaliação tem um caráter imediato, ou seja, não é capaz de mostrar efeitos integrados de todos os impactos causados a um determinado corpo d'água, pois mostram a qualidade da água apenas no momento em que foi coletada (METCALFE, 1989). Além da avaliação físico-química, o monitoramento biológico é outro modo de determinar a qualidade da água, geralmente medida pelas alterações estruturais e funcionais das comunidades nos sistemas ecológicos, através de sua diversidade e abundância (BAPTISTA *et al.*, 2001).

A biota dos rios é capaz de responder tanto às influências naturais quanto às antropogênicas, sejam elas químicas, físicas ou uma combinação das duas. A biota aquática também é capaz de responder a uma série de distúrbios e pode efetivamente sintetizar o histórico recente das condições ambientais em um rio (ROSENBERG & RESH, 1993).

Nas últimas décadas, o biomonitoramento tem sido amplamente utilizado como uma medida de “saúde” de rios, e é baseado na análise sistemática das respostas de comunidades biológicas bioindicadoras e sua comparação com ambientes preservados. Assim é possível avaliar a intensidade das mudanças ocorridas e determinar a qualidade do ambiente aquático (NORRIS *et al.*, 1995; QUEIROZ *et al.*, 2008).

Dentre os organismos e comunidades de bioindicadores, destacam-se os macroinvertebrados bentônicos, que, segundo Cummins (1973), são organismos maiores que 0,5 mm, e em geral se situam numa posição intermediária na cadeia alimentar. Os macroinvertebrados são considerados bons indicadores da poluição ambiental em sistemas lóticos, pois este grupo de organismos responde aos estressores hidráulicos, orgânicos e tóxicos, reduzindo o número de espécies sensíveis e a proliferação de espécies tolerantes, e,

portanto, são amplamente utilizados na formulação de índices bióticos (ARMITAGE, 1996; MANDAVILLE, 2002).

As principais vantagens da utilização dos invertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade da água são: 1- constituem um grupo bastante diverso, sendo sensíveis a vários tipos de poluentes e distúrbios físicos; 2- apresentam coleta de baixo custo que requer métodos relativamente simples; 3- por estarem associados ao sedimento e serem relativamente sésseis, permitem registrar os efeitos acumulativos ao longo do tempo, o que não acontece quando da utilização apenas da avaliação de parâmetros físico-químicos, servindo como testemunhas tanto de impactos recentes como de médio prazo; 4- têm representantes com ciclo de vida longo em relação a outros organismos, possibilitando um maior tempo de registro dos efeitos de ações antrópicas sobre a comunidade (METCALFE, 1989; BRANDIMARTE *et al.*, 2004).

Os ambientes lóticos sujeitos a impactos antrópicos, como o aumento da concentração de matéria orgânica (através do lançamento de esgotos domésticos e fertilizantes agrícolas), a contaminação por toxicidade química e alterações da vegetação das margens dos cursos d'água ocasionam importantes alterações nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos (SLOOFF, 1983; STRIXINO & TRIVINHO-STRIXINO, 1998; MARQUES *et al.*, 1999; BUSS *et al.*, 2002; HEPP & SANTOS, 2009; HEPP *et al.*, 2010). Isto é especialmente claro para os organismos mais sensíveis. Por isso, alguns organismos sensíveis à poluição, como é o caso de formas imaturas de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT), têm sido bastante utilizados como bioindicadores em programas de monitoramento ambiental (EATON, 2003).

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho foi realizar um diagnóstico ambiental do Rio Uberabinha no município de Uberlândia – MG, utilizando parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade do ambiente. Especificamente, buscou-se:

1. Avaliar a qualidade da água do ponto de vista legal, através do enquadramento nas classes de qualidade da resolução CONAMA 357/2005;
2. Avaliar a qualidade ambiental utilizando diferentes métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas a perturbações ambientais.

### **3 ÁREA DE ESTUDO E INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES**

#### **3.1 Área de Estudo**

O município de Uberlândia está localizado na porção sudoeste do estado de Minas Gerais, na Mesorregião do Triângulo Mineiro (18°55'08''S, 48°16'37''W). De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007), o município possui mais de 608 mil habitantes.

A bacia do Rio Uberabinha localiza-se na zona geográfica do Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, abrangendo parte dos municípios de Uberaba e Uberlândia, no quadrante definido pelos vértices de coordenadas UTM E747700, N7942000 e E831630, N7851000, com origem UTM no equador e meridiano 45 °W. Gr. Ocupa principalmente o município de Uberlândia (37% da área), e drena aproximadamente de 2.188,3 km<sup>2</sup> no total (FELTRAN FILHO & LIMA, 2007; GONÇALVES, 2009).

Segundo Nishiyama (1989), a bacia do Rio Uberabinha integra a bacia do rio Paraná, representada pelas litologias de idade Mesozóica: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e rochas do Grupo Bauru.

O Rio Uberabinha possui um total 149,8 km de curso, sendo que, no município de Uberaba, onde nasce, escoa por 15,4 km, e percorre 134,4 km em terras de Uberlândia, desaguando no Rio Araguari, numa trajetória de sudeste para noroeste (GONÇALVES, 2009) (Figura 1).

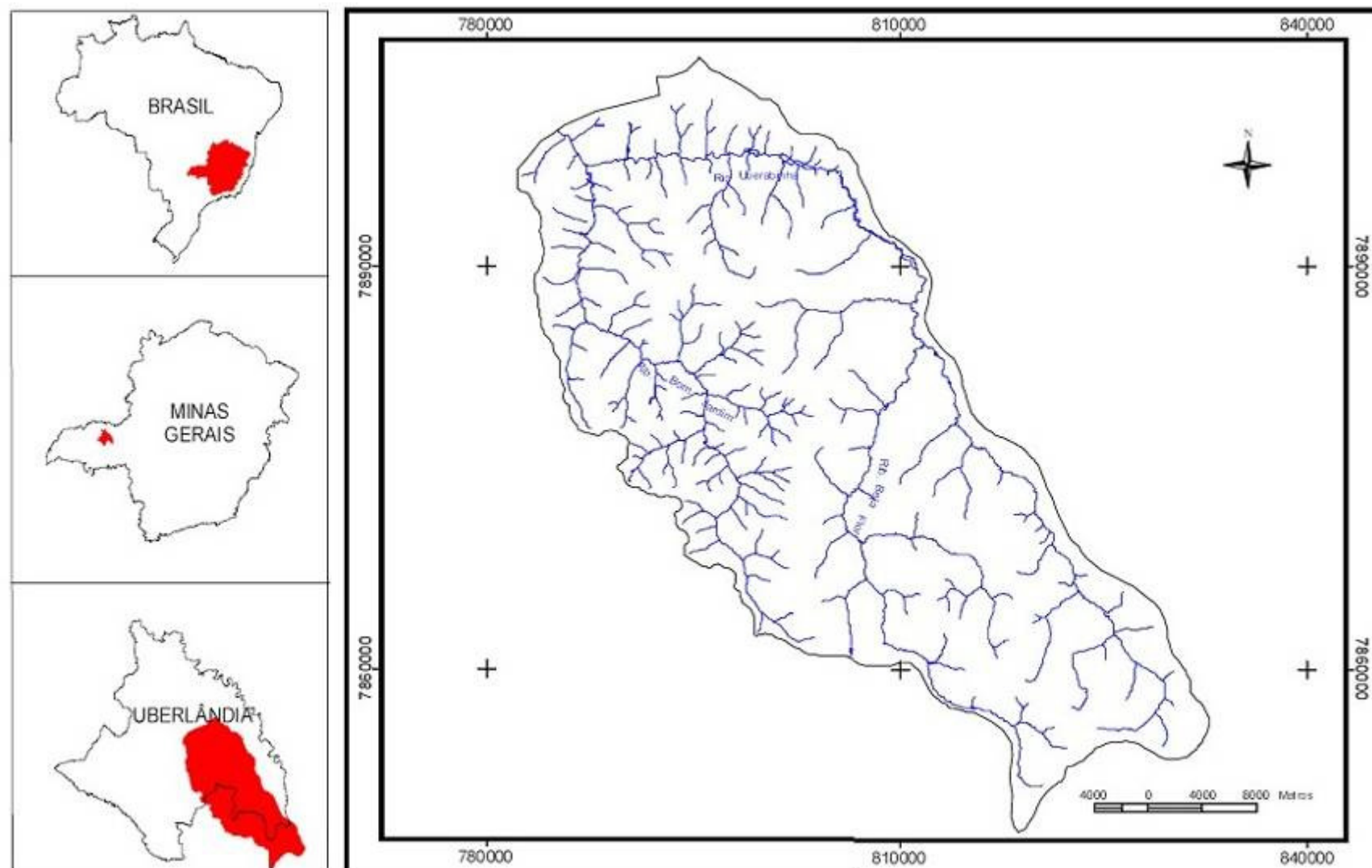


Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Uberabinha – MG.  
Fonte: Gonçalves (2009).



### 3.2 Precipitação e Temperatura do ar

Segundo Rosa e colaboradores (1991), o clima da região é controlado pelas massas de ar continentais (Equatorial e Tropical) e Atlânticas (Polar e Tropical) e os deslocamentos dessas massas são responsáveis pela marcante alternância de estações úmidas e secas. Portanto, o resultado da interação dos fatores estáticos e dinâmicos, que determinam o clima, pode ser percebido pelo comportamento da temperatura, precipitação, umidade do ar, etc. A caracterização climática de um lugar revela-se pela variação desses elementos ao longo dos anos.

A Figura 2 mostra a precipitação mensal e a temperatura média do ar, obtidos através dos períodos de amostragem de água e de macroinvertebrados bentônicos, realizadas no rio Uberabinha.

Nos períodos de agosto e setembro do ano de 2010, nos quais foram realizadas as coletas de água e de macroinvertebrados, as precipitações foram escassas e as temperaturas elevadas. No mês de agosto não ocorreram chuvas e a temperatura média foi de 24 °C. No mês de setembro, houve ocorrência de chuvas torrenciais em apenas três dias, e temperatura média mais elevada, de 26,4 °C.

Os meses de maio e junho, nos quais foram realizadas coletas apenas de macroinvertebrados bentônicos, apresentaram ocorrência de chuvas em três dias e um dia, respectivamente, com temperaturas mais baixas, em maio com média de 23,2 °C e em junho de 21,5 °C.

Já no período de março de 2012, no qual foram realizadas apenas coletas de água, as precipitações foram as mais elevadas, sendo a pluviometria média igual a 178,7 mm<sup>3</sup>, com um total de 15 dias de ocorrência de chuvas, e a temperatura média do ar foi de 25,13 °C, estando entre as mais altas dos períodos de coleta.

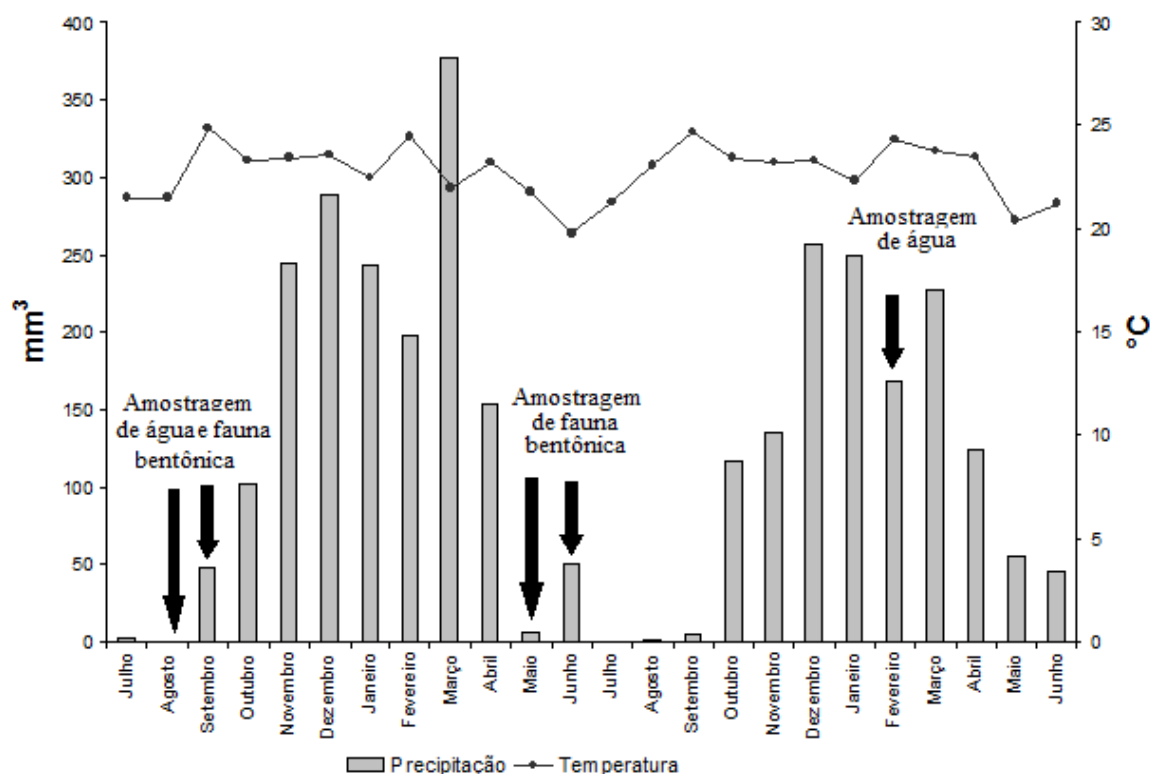


Figura 2 – Médias mensais da precipitação pluviométrica e temperatura do ar em Uberlândia – MG, no período de julho/2010 a julho/2012 (Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – Instituto de Geografia – UFU).

### 3.3 Uso do solo

Atualmente, os solos da bacia do Rio Uberabinha são utilizados preponderantemente pela cultura anual e pastagens, que substituíram parte da cultura perene no local, que era a atividade dominante na década de 60. A partir dos anos 90, houve também o aparecimento de atividades como a mineração, ampliação da ocupação urbana, represamento e granjas de aves e suínos, além da diminuição de áreas florestadas (BERNARDES, 2005).

Antes dos anos 90, as terras da bacia do rio Uberabinha eram consideradas impróprias para cultivo de produtos de importação, como a soja, devido ao tipo de solo do local (latossolos vermelho-amarelo), e por possuírem extensas áreas de campos hidromórficos. No entanto, sua topografia plana possibilitava a utilização de máquinas e das técnicas agrícolas empregadas, possibilitando, portanto, esse tipo de cultivo. Desse modo, a cultura anual, principalmente direcionada ao cultivo de soja, se tornou a base da economia regional, utilizando as maiores áreas em hectares, em virtude dos interesses comerciais. Essa ocupação desenfreada provocou então inúmeras modificações no ambiente, acarretando um grande

impacto, uma vez que áreas de preservação passaram a ser redirecionadas, visando a produção agrícola (SCHNEIDER, 1996; BERNARDES, 2005).

Bernardes (2005) também constatou que, em relação aos anos 60, a extensão de área ocupada por pastos foi aumentando gradativamente, devido à importância econômica que a pecuária passou a ter na região, possuindo assim estreita relação com o processo de devastação dos recursos naturais.

Com relação à vegetação nativa, Bernardes (2005) mostrou que a área de Cerrado, nos anos 60, correspondia a 72,13%, e em 2004, essa categoria já representava apenas 3,13%, sendo que esta cedeu lugar para a cultura anual, a pastagem e as demais atividades exercidas nessa área.

As matas ciliares também foram afetadas pelo crescimento econômico, visto que cidades foram formadas às margens de rios, hidrelétricas foram construídas, estradas foram abertas, madeiras retiradas, areias extraídas dos cursos d'água, áreas agrícolas ampliadas, além do fato que essas matas eram vistas pelos pecuaristas como obstáculo para o acesso do gado à água. Essa supressão ou fragmentação de matas, inclusive em áreas de preservação permanente, contribui para o aumento de processos erosivos e assoreamento dos corpos d'água, afetando a qualidade dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, como a do rio Uberabinha (GIAMPIETRO, 2004).

### **3.4 Descrição dos Pontos de Amostragem**

Foram selecionados para amostragem doze pontos distribuídos ao longo do Rio Uberabinha, sendo os pontos M1, M2, M3, M4 e M5 localizados à montante de Uberlândia, os pontos U1, U2, U3, U4 e U5 localizados na área urbana de Uberlândia (sentido Uberaba) os pontos J1 e J2 à jusante de Uberlândia (sentido Tupaciguara) (Figura 3). Essa malha amostral permitiu avaliar não apenas a situação ambiental geral do rio, bem como trechos avaliados separadamente, apresentando possíveis variações de qualidade ambiental, localizados em áreas com diferentes usos do solo e alteração antrópica (Tabela 1).

De acordo com Schneider (1996), nesse compartimento a vegetação natural é representada pelo Cerrado, em formações fisionômicas que variam de cerrado *strito sensu* ao campo cerrado. Portanto, para a maioria dos pontos amostrais considerados, o Cerrado é predominante, exceto para aqueles que sofreram modificações de origem antrópica.

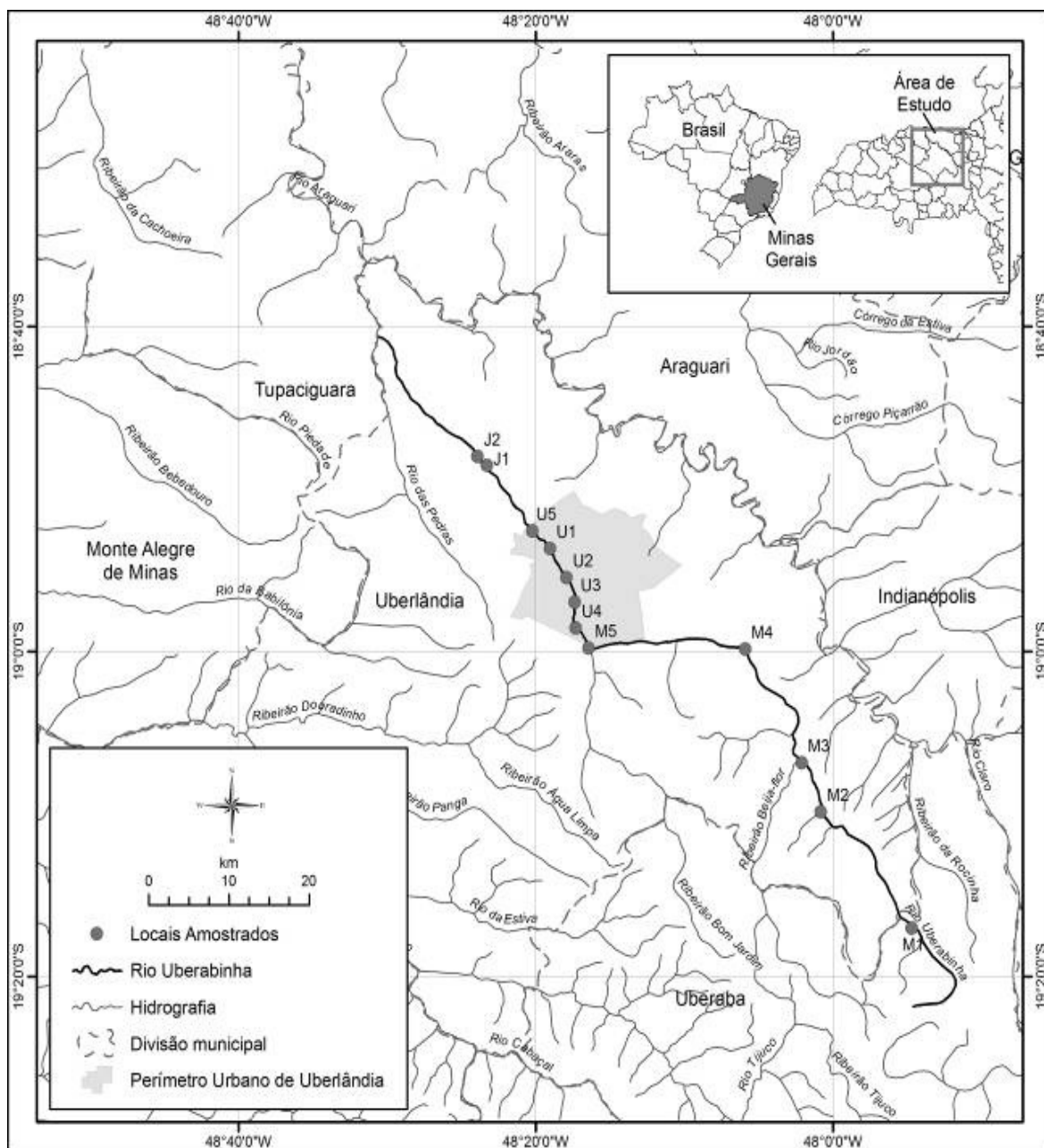


Figura 3 – Rio Uberabinha – MG e a localização dos pontos de amostragem à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante (J1 e J2) de Uberlândia.

Tabela 1 – Características dos pontos de amostragem do rio Uberabinha.

Ponto	Localização	Coordenadas	Distância da área urbana	Vegetação marginal	Outras características
<b>Montante</b>					
M1	Próximo a ponte acima da Fazenda Rocinha (Figura 4A)	19°16'62" S 47°55'45" W	65 km	Herbáceo – graminosa, típica da fitofisionomia de Vereda (CARVALHO,1991).	Integridade ambiental perceptível, com Cerrado bem preservado.
M2	Próximo à nascente do rio Uberabinha (Figura 4B)	19°09'52" S 48°00'48" W	64 km	Mata ciliar	
M3	Próximo à foz do Ribeirão Beija-Flor (Figura 4C)	19°06'44" S 48°48'16" W	30 km	Mata ciliar	Próximo a um manancial de captação de água para abastecimento, realizado pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto da cidade de Uberlândia – MG.
M4	Fazenda Albino Cardoso (Figura 4D)	18°59'51" S 48°05'53" W	20 km	Mata ciliar	Ponto inserido em uma área de reserva legal.
M5	Confluência com o Ribeirão Bom jardim (Figura 4E)	18°59'47" S 48°16'25" W	2 km	Mata ciliar	Localizado dentro de uma fazenda particular.
<b>Área urbana</b>					
U1	Clube Caça e Pesca Itororó (Figura 5A)	18°58'34" S 48°17'18" W	_____	Mata ciliar	Possui um represamento parcial.
U2	Confluência com o Córrego Liso (Figura 5B)	18°53'33" S 48°18'57" W	_____	Alterada devido a processos erosivos	Possui áreas de residência no entorno, e as margens e curso d'água tomados por entulhos e resíduos sólidos urbanos, apresentando cor acinzentada odores fétidos.
U3	Bairro Daniel Fonseca (Figura 5C).	18°55'24" S 48°17'49" W	_____	Gramíneas exóticas e árvores plantadas	Possui influência de uma Estação de Tratamento de Esgoto à montante do ponto, e por isso, é impactado, com odor fétido característico.
U4	Próximo ao Frigorífico Real, na BR – 050 (Figura 5D)	18°59'14" S 48°12'47" W	_____	Mata ciliar	A vegetação nativa foi parcialmente substituída por pastos, com alguns traços remanescentes de cerrado alterado
U5	Fazenda Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia (Figura 5E)	18°52'35" S 48°20'12" W	_____	_____	É ponto de lançamento do esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Uberabinha, e está localizado próximo ao aterro sanitário e ao complexo industrial de Uberlândia (RODRIGUEZ, 2009), o que o torna extremamente impactado por poluição de origem orgânica.
<b>Jusante</b>					
J1	PCH Usina dos Martins (Figura 6A)	18°48'33" S 48°23'16" W	10 km	Mata ciliar	Sofre influência da Estação de Tratamento de Esgoto, possuindo odor fétido e cor acinzentada escura, típicos de contaminação por matéria orgânica.
J2	Sob a Ponte do Carrapato (Figura 6B)	18°48'07" S 48°26'15" W	11 km	Mata ciliar	Esse ponto também sofre influência do lançamento de esgoto, possuindo cor acinzentada escura e odor desagradável.



Figura 4 - Aspecto geral dos pontos de coleta no rio Uberabinha a montante de Uberlândia.



Figura 5 - Aspecto geral dos pontos de coleta no rio Uberabinha na área urbana de Uberlândia.



Figura 6 - Aspecto geral dos pontos de coleta no rio Uberabinha a jusante de Uberlândia.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta e Análise de Água

Foram realizadas duas campanhas de coleta de água para as análises físico-químicas e microbiológicas, uma em agosto e setembro/2010, em que a pluviosidade mensal foi baixa (estação seca), e outra em março de 2012, com pluviosidade alta (estação chuvosa).

Para afirmar se a pluviosidade do período de coleta foi mais alta ou mais baixa foi feita a média da pluviosidade diária para cada mês de coleta. Para a média maior, o mês foi caracterizado como chuvoso, e para média menor, mais seco.

Em cada campanha, cada ponto foi amostrado três vezes e as amostras de água foram coletadas em dois frascos de vidro âmbar com capacidade de 1,5 L, a uma profundidade média de 20 cm da lâmina d'água para análises físico-químicas, e um frasco de vidro âmbar com capacidade de 250 ml para análise microbiológica. Em um dos frascos de coleta, as amostras foram fixadas com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 0,5% (para análise de óleos e graxas), etiquetadas com as respectivas descrições dos pontos coletados e acondicionadas em caixas térmicas com gelo para serem analisadas em laboratório segundo técnicas e métodos descritos pela American Public Health Association (APHA, 1995).

Foram medidos *in situ* a temperatura da água, utilizando-se um termômetro de mercúrio, a condutividade elétrica, utilizando-se um condutivímetro digital (Digimed DM-32) e o oxigênio dissolvido (OD), medido através de um Oxímetro Digital.

A temperatura afeta diretamente muitas características físicas, químicas e biológicas, portanto, poucos seres vivos toleram mudanças extremas neste parâmetro (VASCONCELOS *et al.*, 2009). A condutividade elétrica - é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir corrente elétrica, indicando, portanto a quantidade de sais existentes na coluna d'água, o que representa uma medida indireta da concentração de poluentes, e valores muito elevados podem conferir características corrosivas à água (CETESB, 2009). O oxigênio dissolvido é essencial para organismos de respiração aeróbica, além de que a escassez desse elemento na água favorece a liberação de compostos tóxicos ocorridos em alguns processos biológicos (MAROTTA *et al.*, 2008).

Os demais parâmetros físico-químicos foram analisados na Divisão de Assessoramento Técnico e Análise Química (DIAAQ), no Instituto de Química – UFU, e o parâmetro coliformes termotolerantes foi analisado em laboratório de microbiologia (Tabela 2).

Tabela 2 – Descrição, técnica de determinação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados em laboratório.

Parâmetro	Descrição	Técnica de determinação
pH	Parâmetro adimensional, que mede a acidez/basicidade da água. É de grande importância nos ecossistemas aquáticos, pois interfere no transporte iônico intra e extra celular e entre os organismos e o meio (GILLER & MALMQVIST, 2005).	Peagâmetro digital (Digimed DMPH).
Turbidez (UNT)	Refere-se à quantidade de partículas em suspensão na água, incrementada pelo aporte das partículas de efluentes domésticos sem tratamento, bem como pela erosão das margens dos rios, intensificada pelo mau uso do solo (MAROTTA <i>et al.</i> , 2008).	Método nefelométrico, utilizando turbidímetro digital processado (HD114).
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	Utilizado para avaliar a quantidade de oxigênio requerida por microrganismos aeróbios para estabilizar a matéria orgânica presente em águas ou efluentes, através da sua oxidação. Quanto maior a DBO, maior o teor de matéria orgânica a ser oxidada, e, portanto, maior a poluição (VASCONCELOS <i>et al.</i> , 2009).	Diluição e incubação a 20°C durante cinco dias (MACÊDO, 2003).
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/l)	Quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica através de um agente químico considerado forte. Assim como ocorre com a DBO, quanto maior o valor da DQO, maior a quantidade de matéria orgânica a ser oxidada, e, portanto, maior a poluição (CETESB, 2009).	Oxidação por uma mistura em ebulição de ácido crômico e ácido sulfúrico (MACÊDO, 2003).
Óleos e Graxas (mg/l)	Compreendem os ácidos graxos, gorduras animais, sabões, graxas, óleos vegetais, ceras, óleos minerais, etc., que podem comprometer a qualidade da água (CETESB, 2009).	Extração realizada em um aparelho de Soxhlet utilizando n-hexano, um solvente orgânico (MACÊDO, 2003).
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/l)	Medida dos materiais sólidos que se encontram dissolvidos nas águas, incluindo sais, material orgânico dissolvido, entre outros. Concentrações muito altas desses elementos podem limitar o crescimento e conduzir à morte de muitas formas de vida aquática (VASCONCELOS <i>et al.</i> , 2009).	Evaporação da água amostrada e posterior secagem em estufa e pesagem para mensurar a quantidade total de sólidos dissolvidos na água (MACÊDO, 2003).
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	Constituem a parte mais grosseira dos sólidos suspensos contidos na água e que logo se sedimentam, e podem sedimentar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes (CETESB, 2009).	sedimentação dos resíduos em suspensão por gravidade, com a utilização do “Cone de Imhoff” (MACÊDO, 2003).

(Continua)



Tabela 2 – Descrição, técnica de determinação e valores máximos da resolução CONAMA 357, dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos determinados em laboratório.

Parâmetro	Descrição	Técnica de determinação
Sólidos Suspensos (mg/l)	Correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado, e podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (CETESB, 2009).	Evaporação da água da amostra e subsequente secagem em estufa a 103°C-105°C. Constituem a fração de sólidos remanescentes retidos em um filtro (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Fósforo Total (mg/l)	É um nutriente de grande importância, pois participa de processos do metabolismo como armazenamento de energia e estruturação da membrana celular, além de ser fator limitante na produtividade da maioria das águas continentais (GILLER & MALMQVIST, 2005).	Método de digestão ácida, utilizando HNO <sub>3</sub> + HClO <sub>4</sub> e reação com molibdato de amônio e ácido ascórbico (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Nitrogênio total (mg/l)	É um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, uma vez que desempenha um papel na formação das proteínas. No entanto, o excesso deste elemento, relacionado principalmente ao lançamento de efluentes sem tratamento em ambientes aquáticos, pode ser altamente tóxico (MAROTTA <i>et al.</i> , 2008).	Soma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrato e nitrito (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Nitrito (mg/l)	É encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados, pois sua presença está ligada ao material orgânico de origem autóctone e alóctone. Representa uma fase intermediária entre a amônia (forma mais reduzida) e nitrato (forma mais oxidada) (GILLER & MALMQVIST, 2005).	Método de diazotização da sulfanilamida pelo nitrito presente na amostra de água em meio ácido, utilizando Espectrofotômetro (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Nitrato (mg/l)	Corresponde a forma oxidada de nitrogênio e é considerado um macronutriente, pois é um dos elementos mais exigidos pelas células vivas. O nitrato também representa a principal fonte de nitrogênio para os produtores primários, e em altas concentrações pode ser tóxico tanto para os peixes como para seres humanos (CETESB, 2009; VASCONCELOS <i>et al.</i> , 2009).	Método da coluna redutora de cádmio, que ao entrar em contato com a amostra, o nitrato é todo reduzido a nitrito (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	É um tóxico restritivo à alguns seres aquáticos, e é um padrão de classificação das águas naturais e de emissão de esgotos, pois em altas concentrações, pode provocar o aumento da DBO, indicativo de poluição (CETESB, 2009).	Método do Indofenol, com o auxílio de um Espectrofotômetro (GREENBERG <i>et al.</i> , 2005).
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	São microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente por <i>Escherichia coli</i> (origem fecal) e, também por algumas bactérias dos gêneros <i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> e <i>Citrobacter</i> (águas com altos teores de matéria orgânica, como em efluentes ou material vegetal e solo em decomposição) (CETESB, 2009).	Método da membrana filtrante.

(Conclusão)

## **Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos**

Foram realizadas duas campanhas de coleta de sedimento na estação de estiagem para a amostragem dos macroinvertebrados bentônicos, sendo uma em agosto e setembro/2010, representando o final da estação seca de 2010, e outra em maio e junho/2011, representando o início da estação seca de 2011.

Em cada um dos 12 pontos amostrais, foram coletadas três amostras do substrato presente no fundo do rio, distando cerca de 10 m entre cada uma. Em cada subamostra, o substrato do local foi revolvido por três vezes, durante o período de um minuto cada vez. Assim, cada amostra foi representada por três subamostras, que por sua vez corresponderam à soma do material revolvido em cada subamostra, obtendo-se então 36 amostras por campanha de coleta. O coletor utilizado foi do tipo Surber, com área de 900 cm<sup>2</sup> e malha de 0,250 mm.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas, fixadas em formaldeído a 10% e transportadas para o Laboratório de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos do Instituto de Biologia – UFU.

O material armazenado em cada saco plástico foi colocado em um sistema de três peneiras metálicas acopladas (1,00; 0,50; 0,25 mm). Utilizando-se água corrente, o material retido nas peneiras foi cuidadosamente lavado, para evitar danos aos organismos.

O material retido na primeira peneira foi triado a olho nu, e quando necessário, utilizando uma lupa. O material retido nas duas peneiras mais finas foi colocado em placas de Petri e, utilizando-se estereomicroscópio, os macroinvertebrados foram completamente triados e acondicionados em pequenos frascos de vidro fixados com álcool 70% para preservação.

Os macroinvertebrados bentônicos foram identificados até o nível de família - exceto os moluscos (Classe), anelídeos (Subclasse) e nematóides (Filo) – utilizando-se chaves de identificação específicas (MERRIT & CUMMINS, 1984; MUGNAI *et al.*, 2010).

## **Tratamento dos dados**

### *Avaliação da qualidade da água do Rio Uberabinha*

De modo a avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha em toda sua extensão (de montante a jusante), foram utilizados como referência os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela resolução CONAMA 357, de março de 2005, que 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 (Tabela 3).

Segundo essa resolução, as águas doces do Brasil podem ser enquadradas em uma classe especial e quatro classes de qualidade de acordo com um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros (Tabela 4).

Tabela 3 – Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela resolução CONAMA 357, de março de 2005 para os parâmetros físico-químicos e microbiológico avaliados.

Parâmetro	Valores Máximos (CONAMA 357/2005)
Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/l)	Classe I – 6 mg/l
	Classe II – 5 mg/l
	Classe III – 4 mg/l
	Classe IV - < 2 mg/l
pH	Classes I a IV - 6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	Classe I – 40
	Classes II e III – 100
	Classe IV - > 100
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	Classe I – 3 mg/l
	Classe II – 5 mg/l
	Classe III – 10 mg/l
	Classe IV - > 10 mg/l
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/l)	-----
Óleos e Graxas (mg/l)	-----
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/l)	Classes I a III – 500 mg/l
	Classe IV - > 500 mg/l
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	-----
Sólidos Suspensos (mg/l)	-----
Fósforo Total (mg/l)	Classe I e II – 0,1 mg/l
	Classe III – 0,15 mg/l
	Classe IV - > 0,15 mg/l
Nitrogênio total (mg/l)	-----
Nitrito (mg/l)	Classes I a III – 1 mg/l
	Classe IV - > 1 mg/l
Nitrato (mg/l)	Classes I a III – 10 mg/l
	Classe IV - > 10 mg/l
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	Classes I e II – 3,7 mg/l
	Classe III – 13,3 mg/l
	Classe IV - > 13,3 mg/l
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	Classe I – 200
	Classe II – 1000
	Classe III - 2500
	Classe IV - > 2500

Tabela 4 – Classificação das águas doces brasileiras, segundo seus usos preponderantes, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Classes	Principais usos
Especial	Ao consumo humano com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I	Ao consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
III	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
IV	Navegação e harmonia paisagística.

Sendo assim, foram utilizadas as tabelas com padrões de condições de qualidade da água para realizar a classificação do rio Uberabinha em cada ponto de coleta.

Para a avaliação, foram feitas tabelas com os resultados das análises físico-químicas e microbiológica, tanto para a estação seca como para a chuvosa, de modo a enquadrar o rio Uberabinha, ao longo de todos os seus pontos de amostragem, individualmente, nas classes de água doce correspondente, de acordo com os limites estabelecidos pela CONAMA 357 de 2005. O parâmetro óleos e graxas, que na referida resolução possui apenas medida qualitativa, não foi considerado na classificação.

#### *Cálculo de métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos*

Um dos parâmetros para estudo da estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi o de cálculo dos índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (KREBS, 1989) e de equidade de Pielou ( $J'$ ).

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

onde  $P_i$  – abundância relativa de cada táxon identificado na amostra, sendo que  $P_i = n_i/N$

$n_i$  – número de indivíduos de um determinado táxon

$N$  – número total de indivíduos na amostra

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

onde  $H'_{\max}$  – máximo  $H'$ , sendo que  $H'_{\max} = \ln S$ , onde  $S$  é o número total de *taxa* identificados na amostra.

Foram quantificadas a abundância total de indivíduos, a proporção dos grupos predominantes (% de Chironomidae, % de Oligochaeta e % de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera – EPT) e a riqueza taxonômica (número total de *taxa*).

Para avaliação da qualidade da água nos pontos de coleta foi utilizado o índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), adaptado segundo Alba-Tercedor (1996) e Junqueira & Campos (1998), onde são atribuídos escores a cada família, com base em sua presença (Tabela 5). O somatório dos escores de cada táxon conduz ao enquadramento dos ecossistemas aquáticos em diferentes classes de qualidade (Tabela 6).

Tabela 5 – Escores atribuídos às famílias de macroinvertebrados bentônicos dos pontos do rio Uberabinha – MG, 2012, para a determinação do índice BMWP, segundo Alba-Tercedor (1996) e Junqueira; Campos (1998).

<i>Taxa</i>	<b>Escores</b>
Helicopsychidae, Odontoceridae, Pyralidae	10
Aeshnidae, Calopterygidae, Corduliidae, Calopterygidae, Dixidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Perlidae, Philopotamidae, Psephenidae	8
Leptoceridae, Leptohyphidae, Polycentropodidae, Veliidae	7
Coenagrionidae, Glossosomatidae, Gyrinidae, Hydroptilidae	6
Belostomatidae, Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Gerridae, Gomphidae, Hydropsychidae, Libellulidae, Elmidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Oligoneuriidae, Planaridae, Simuliidae	5
Baetidae, , Empididae, Hydrophilidae, Tabanidae, Caenidae	4
Ceratopogonidae, Culicidae, Hirudinea, Tipulidae, Pleidae	3
Chironomidae, Psychodidae, Ephydriidae	2
Oligochaeta	1

Tabela 6 – Classes de qualidade da água segundo o somatório dos escores de BMWP dos *taxa* presentes nos pontos do rio Uberabinha – MG, 2012, segundo Alba-Tercedor (1996) e Junqueira; Campos (1998).

<b>Classe da Água</b>	<b>Pontuação do BMWP</b>	<b>Descrição</b>	<b>Qualidade da Água</b>
I	$\geq 86$	Águas muito limpas, sem contaminação	Ótima
II	64-85	Alguma contaminação	Boa
III	37-63	Águas contaminadas	Satisfatória
IV	17-36	Águas muito contaminadas	Ruim
V	$\leq 16$	Águas fortemente contaminadas	Péssima

### **Análises Multivariadas**

Os padrões mais importantes nos dados dos parâmetros físico-químicos e microbiológico foram determinados através da Análise de Componentes Principais (PCA), utilizando o programa Fitopac. Para tal análise, os dados foram padronizados, ou seja, foram realizadas conversões de todas as variáveis em uma escala similar, de modo a reduzir a discrepância entre elas, uma vez que se trata de variáveis com diferentes unidades, e foi seguindo o critério da matriz de correlação (QUINN & KEOUGH, 2001; SHEPHERD, 2004).

Para avaliar a relação entre as métricas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), na qual os pontos de coleta foram ordenados em relação aos vetores das métricas bióticas. Para tal análise, as métricas foram padronizadas, ou seja, foram realizadas conversões de todas as variáveis em uma escala similar, de modo a reduzir a discrepância entre elas, uma vez que se trata de variáveis com diferentes unidades, e foi seguindo o critério da matriz de correlação (QUINN & KEOUGH, 2001; SHEPHERD, 2004).

### **Análises Estatísticas**

Para comparar as métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos simultaneamente entre os pontos de amostragem do rio Uberabinha e períodos de coleta, foi realizada uma Análise de Variância de Dois Fatores (*Two Way* ANOVA), utilizando-se o *software* Systat 10.2<sup>®</sup>. Para todas as comparações, considerou-se nível de significância de 5%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUCIA (SIAGA), 4., 1996, Almería. **Anais...** Almería: [s.n.], p. 203-213. 1996.

ANA – Agência Nacional das Águas. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil, Vol. 1. **Caderno de Recursos Hídricos**. Brasília, 2005.

APHA. **Standard methods**. Washington: American Public Health Association, 1995. 1193p.

ARMITAGE, P. D. Prediction of biological responses. In: PETTS, G. E.; CALLOW, D. (Ed.). River biota: diversity and dynamics. **London: Blackwell Science**. p. 231-252, 1996.

BAPTISTA, D. F.; DORVILLÉ, L. F. M.; BUSS, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Spatial and temporal organization of aquatic assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n.2, p. 295-304, 2001.

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. **UNEP/WHO**, 348p. 1996.

BERNARDES, M. B. J. Bacia Hidrográfica do rio Uberabinha: A Disponibilidade de Água e Uso do Solo sob a Perspectiva da Educação Ambiental. **Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia – MG, 222p. 2007 (tese de doutorado).

BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, G. Y.; ANAYA, M. & KUHLMANN, M. L. Amostragem de invertebrados bentônicos. In: Bicudo, C. M. & Bicudo, D. C. (orgs). **Amostragem em Limnologia**. São Carlos – SP: RiMa, p. 213-230, 2004.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; SILVEIRA, M. P.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologia**. 481:125-136, Holanda, 2002.

CARVALHO, P.G.S. As Veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, 168:47-54, 1991.

CETESB, Companhia de tecnologia de saneamento ambiental, São Paulo. Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. **São Paulo: CETESB**, 2009.



CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível <[http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res\\_35705.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res_35705.pdf)>. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

CUMMINS, K. W. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of Entomology** 18: 183 – 206, 1973.

EATON, D. P. Macroinvertebrados aquáticos como indicadores ambientais da qualidade da água. In: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. p. 43-67.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. de. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 65-80, 2007.

GIAMPIETRO, R. L. *et al.* Caracterização e diagnóstico preliminar das áreas de preservação permanente do Ribeirão Itaquari, Itaquari, SP. In: ESPÍNDOLA, E. L. G; WENDLAND, E (org). **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RiMA, 2004. p. 73- 90.

GILLER, P. S.; B. MALMQVIST. The Biology of Streams and Rivers. **Oxford University Press**, 304p. New York, 2005.

GONÇALVES, E. M. Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia dos Processos químicos e Bioquímicos. 141p. Rio de Janeiro – RJ, 2009 (dissertação de mestrado).

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association. 1220 p. 2005.

HEPP, L. U.; SANTOS, S. Benthic communities of streams related to different land uses in a hydrographic basin in southern Brazil. **Environmental Monitoring Assessment** 157:305–318, 2009.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia** 27 (1): 106–113, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Populações residentes, em 1º de abril de 2007, segundo os municípios**. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/popmunic2007layoutTCU14112007.pdf> >. Acesso em: 13 jun. 2012.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S. C. M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**. 10(2):125-135, São Carlos, 1998.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. A.; CORSEUIL, C. W. Recursos Hídricos e Saneamento. 1 ed. 160 p. **Organic Trading**. Curitiba – PR, 2008.

KREBS, C. J. **Ecological Methodology**. New York: Harper Collins, 1989. 652p.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 450 p. 2003.

MANDAVILLE, S. M., Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. **Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax**. Projeto H-1, 48p. 2002.

MAROTTA, H.; SANTOS, R. O.; ENRICH-PRAST, A. Monitoramento limnológico: um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. XI, n. 1 p. 67-79. Campinas – SP, 2008.

MARQUES, M.M.G.S.M; BARBOSA, F.A.R.; CALLISTO, M. Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in a impacted watershed in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia** 59: 553-561, 1999.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendal/Hunt Publishes. 722 p. Dubuque, Iowa, 1984.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, 60:101-139, 1989.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. **Technical Books**, 176 p. Rio de Janeiro, 2010.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.1, n.1, p.9-16, 1989.

NORRIS, R. H.; HART, B. T.; FINLAYSON, M.; NORRIS, K. R. Use of biota to assess water quality. **Australian Journal of Ecology**, v. 20, p. 1-227, 1995.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Águas. **Embrapa Meio Ambiente**. 1 ed. 92 p. Jaguariúna – SP, 2008.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. **Cambridge University Press**. 615 p. 2001.

REBOUÇAS, A. C. Águas Doces no Mundo e no Brasil. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2 ed. p. 1-35. São Paulo – SP, 2002.

RODRIGUEZ, M. P. Avaliação da Qualidade da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas. **Universidade Federal de São Carlos**, São Carlos – SP, 2001. 145p.

ROSA, R.; LIMA, S. do C.; ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Revista Sociedade e Natureza**, Uberlândia, n. 5 e 6, p. 91 - 107, 1991

ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. (Ed.). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. **New York: Chapman & Hall**. 1993.

SCHNEIDER, M de O. **Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente**. São Paulo, 1996 (tese de doutorado).

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC-SHELL 1.5: Manual do usuário**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. **Documento. n.º. 36**. São Paulo: Embrapa, 68p. 2004.

SLOOFF, W. Benthic Macroinvertebrates and Water Quality Assessment: Some Toxicological Considerations. **Aquatic Toxicology**, 4 (1983) 73-82 73, 1983.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Povoamentos de Chironomidae (Díptera) em lagos artificiais. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, E. (Eds.) Ecologia de Insetos Aquáticos. **Series Oecologia Brasiliensis**. 5:141-154. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Avaliação da Qualidade da Água – Base Tecnológica para a Gestão Ambiental. 1. ed. **Sociedade Mineira de Engenheiros Agrônomos**, Belo Horizonte – MG, 322p. 2009.

## **5 - CAPÍTULO 1**

**Caracterização da qualidade físico-química e microbiológica da  
água do Rio Uberabinha (MG)**

## RESUMO

Os ecossistemas aquáticos são mundialmente impactados principalmente pelo uso inadequado do solo e pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, que aumentam proporcionalmente às atividades sócio-econômicas. Desse modo, é importante conhecer a qualidade ambiental desses ecossistemas, com a finalidade de preservá-los e conservar sua integridade. Esse estudo buscou avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha – MG através de parâmetros físico-químicos e microbiológico, do ponto de vista legal, utilizando os valores máximos permitidos das classes de enquadramento de águas doces da resolução CONAMA 357/2005 como padrões comparativos. Foram estudados cinco pontos do rio à montante de Uberlândia (M1 a M5), cinco pontos na área urbana de Uberlândia (U1 a U5) e dois pontos à jusante da cidade (J1 e J2). Foram realizadas duas coletas para a análise de água, sendo uma no período de estiagem e outra no período chuvoso. Os parâmetros analisados foram condutividade, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, óleos e graxas, sólidos dissolvidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, nitrogênio total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes, e então foi feita uma avaliação da qualidade da água comparando-se os resultados das análises com os valores máximos permitidos da resolução CONAMA 357. Os padrões mais importantes dentre os parâmetros físico-químicos e microbiológico foram determinados através de uma análise de componentes principais (PCA). Apenas o ponto M2 se enquadrou na classe 1, na estação chuvosa, e na classe 2, se enquadraram os pontos M1, M2, M5, U1 e U4, na estação seca, e M1 na estação chuvosa. Os pontos M3 e M4, na estação seca, foram enquadrados na classe 3, e na classe 4, na estação seca, estão incluídos os pontos U2, U3, U5 e pontos à jusante, e na estação chuvosa, os pontos M3, M4, M5 e pontos na área urbana e jusante. O enquadramento dos pontos na classe 4 foi decorrente de valores altos dos parâmetros coliformes termotolerantes e DBO, na seca, e pH, nitrito e DBO, na estação chuvosa. Os parâmetros DBO e coliformes termotolerantes apresentaram valores mais altos no ponto U5 e pontos à jusante, e mais expressivos no período seco, indicando contaminação por efluentes, e devido ao fluxo mais baixo da água, a capacidade de depuração do rio diminui. Os parâmetros pH e nitrito apresentaram valores altos na estação chuvosa, também para esses pontos, exceto do pH, que apresentou valores muito baixos nos pontos M3 e U1, também no período chuvoso, caracterizando águas ácidas. Para assegurar uma qualidade das águas do rio compatível com os usos que dela são feitos, medidas corretivas e preventivas devem ser tomadas nos pontos mais impactados.

**Palavras chave:** qualidade da água, parâmetros físico-químicos, CONAMA 357, efluentes, período seco, período chuvoso.

## ABSTRACT

Aquatic ecosystems worldwide are impacted primarily by inappropriate land use and the release of domestic and industrial effluents, which increase in proportion to the socio-economic activities. Therefore, it is important to know the environmental quality of these ecosystems, in order to preserve them and maintain their integrity. This study aimed to evaluate the water quality of Uberabinha river - MG through physico-chemical and microbiological parameters, to the legal point of view, using the maximum permissible values of the framework classes of freshwater environment established by CONAMA Resolution 357/2005 as comparative standards. There was studied five points of the river upstream of Uberlândia (M1 to M5), five points at the urban area of Uberlândia (U1 to U5) and two points downstream of the city (J1 and J2). There were realized two samples to water analyses, one at the dry period and the other at rainy period. The parameters analyzed was conductivity, pH, turbidity, dissolved oxygen, BOD, COD, oil and grease, total dissolved solids, settleable solids, total suspended solids, total nitrogen, nitrate, nitrite, ammonia nitrogen, total phosphorus and thermotolerant coliforms, and then was made an evaluation of water quality by comparing the results of analyzes with the maximum permissible values of CONAMA Resolution 357. The most important patterns among physico-chemical and microbiological parameters were determined using a principal components analysis (PCA). Only point M2 was framed in class 1, in rainy season, and in class 2, it were framed the points M1, M2, M5, U1 and U4, in the dry season, and M1 in rainy season. Points M3 and M4, in dry season, were classified as class 3, and as class 4, in dry season, the points included are U2, U3, U5 and points downstream, and in rainy season, the points M3, M4, M5 and points in urban area and downstream. The points framed in class 4 was due to high values of BOD and termotolerant coliforms parameters in drought, and pH, nitrite and BOD in the rainy season. The parameters BOD and coliform organisms showed higher values at point U5 and downstream points, and more expressive during the dry period, indicating contamination by wastewater, and due to the lower water flow, the river debugging capability decreases. The parameters pH and nitrite presented high values in the rainy season, also for these points, except for pH, which showed very low in points M3 and U1, also during the rainy season, featuring acidic waters. To ensure the quality of the river water compatible with the uses to which it is made, corrective and preventive measures should be taken in the most impacted points.

**Keywords:** water quality, physico-chemical parameters, CONAMA 357, effluent, dry period, rainy period.

## 5.1 Introdução

Os ecossistemas lóticos são caracterizados por uma grande variabilidade e complexidade de parâmetros bióticos e abióticos, tornando-os essencialmente dinâmicos. Um determinado rio ou uma seção do mesmo não é um sistema isolado, apresentando uma dinâmica de importação e exportação de nutrientes, energia e água (SILVEIRA, 2004).

Os recursos hídricos continentais são indispensáveis para atividades como agricultura, indústrias, navegação, lazer, abastecimento de água para consumo, além de servir de corpo receptor para despejos de efluentes (BARTRAM & BALLANCE, 1996). O contínuo aumento das atividades sócio-econômicas é também acompanhado por um crescimento ainda mais acelerado de poluição nos ambientes aquáticos (CHAPMAN, 1996). Como consequência do uso intenso dos recursos hídricos para o desenvolvimento dessas atividades e da poluição gerada nesse sistema, ocorre um agravamento da escassez de água, resultando assim em uma necessidade crescente de acompanhamento das alterações da qualidade dos recursos hídricos (BRAGA *et al.*, 2002).

Os ecossistemas aquáticos são ameaçados em escala mundial por uma grande variedade de poluentes advindos do mau uso do solo e da gestão destrutiva dos recursos hídricos. Poluições por uso inadequado do solo em sistemas agrícolas, em função da aplicação de agroquímicos em excesso e sem um controle ambiental, causam a deterioração geral do solo e dos ecossistemas aquáticos, bem como das águas subterrâneas, afetando significativamente sua qualidade (BARTRAM & BALLANCE, 1996). Outro fator que pode comprometer a qualidade da água é a presença de certas atividades industriais ou extrativas que lancem às águas princípios tóxicos como, por exemplo, lavras artesanais de ouro (garimpo) com emprego do mercúrio como amálgama (BRANCO, 2002).

De acordo com Branco (2002), as poluições de origem orgânica, provenientes da introdução de esgotos municipais e despejos orgânicos em geral, consistem no apodrecimento desses materiais, causando maus odores e decréscimo dos teores de oxigênio da água, provocando a morte de organismos de respiração aquática, além de serem frequentemente acompanhadas de significativa contaminação por agentes patogênicos.

A qualidade da água pode ser definida como o conjunto de concentrações e partições físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e a composição, diversidade e a integridade biótica encontrada em um determinado ecossistema aquático. Essa qualidade apresenta variações temporais, devido tanto a fatores externos quanto a fatores inerentes ao ecossistema

aquático. Portanto, a qualidade da água é utilizada para avaliar o estado de poluição, degradação ou conservação de ambientes aquáticos, uma vez que indica as condições desses ambientes (VASCONCELOS *et al.*, 2009).

A descrição da qualidade de um ambiente aquático pode ser realizada tanto através de medidas quantitativas, como é o caso da determinação e medição de parâmetros físico-químicos, quanto através de descrições semi-quantitativas e qualitativas utilizando-se índices bióticos, aspectos visuais, odor e inventários de espécies (CHAPMAN, 1996).

Os padrões de qualidade de água referem-se a um certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética ou de sua salubridade. Do ponto de vista da salubridade, exige-se que a água não contenha patogênicos ou substâncias químicas em concentrações tóxicas ou que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso continuado da água. Do ponto de vista estético, as exigências estão voltadas a aspectos físicos e organolépticos que tornem a água repugnante ao consumidor (BRANCO, 2002).

Segundo Vasconcelos e colaboradores (2009), a análise e interpretação dos dados de qualidade de água são feitas segundo a legislação, especialmente segundo normas ambientais federais (CONAMA, Portaria 518 do Ministério da Saúde, entre outras). A resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Essa classificação é feita por meio de um conjunto de classe de qualidade, que são condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. O enquadramento dos corpos d'água, portanto, é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo (ANA, 2007).

Os padrões de qualidade das águas determinados pela CONAMA 357 estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe, e é necessário que haja uma periodicidade do monitoramento dos corpos d'água por meio de análises de um conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionados. Segundo esta resolução, as águas de melhor qualidade, que estão dentro dos padrões sugeridos pela mesma, podem ser aproveitadas em uso menos exigente, como abastecimento após tratamento convencional, irrigação de hortaliças consumidas cruas, lazer e atividades de pesca.

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha – MG através de parâmetros físico-químicos e microbiológico, do ponto de vista legal,



utilizando os valores máximos permitidos da resolução CONAMA 357/2005 como padrões comparativos. Especificamente, com relação à qualidade físico-química e microbiológica da água do rio Uberabinha, buscou-se testar as seguintes hipóteses: 1) a qualidade da água será melhor nos pontos à montante de Uberlândia em relação aos pontos da área urbana e jusante; 2) a qualidade da água será melhor na estação chuvosa em relação à estação seca.

## **5.3 Material e Métodos**

### **Área de Estudo**

A bacia do rio Uberabinha está inserida numa região de clima tropical e, segundo a classificação climática de Köppen é tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e seca de inverno (EMBRAPA, 1982). Ela integra a bacia do rio Paraná, representada pelas litologias de idade Mesozóica: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e rochas do Grupo Bauru (NISHIYAMA, 1989). Localiza-se na zona geográfica do Triângulo Mineiro, abrangendo parte dos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, drenando uma área aproximada de 2.188,3 km<sup>2</sup> e ocupando 37% da área do município de Uberlândia. Nessa bacia se concentram indústrias de óleos vegetais, frigoríficos, laticínios, usinas de álcool em expansão, além de ser o local de lançamento de efluentes produzidos na área urbana. Em contrapartida, é essa mesma bacia que é responsável pelo abastecimento de água potável para a cidade de Uberlândia (FELTRAN FILHO & LIMA, 2007).

Foram selecionados para amostragem de água doze pontos distribuídos ao longo do Rio Uberabinha, sendo os pontos M1, M2, M3, M4 e M5 localizados à montante de Uberlândia (sentido Uberaba), os pontos U1, U2, U3, U4 e U5 localizados na área urbana de Uberlândia, e os pontos J1 e J2 à jusante de Uberlândia (sentido Tupaciguara). Essa malha amostral permitiu avaliar não apenas a situação ambiental geral do rio, bem como trechos avaliados separadamente, apresentando possíveis variações de qualidade ambiental, localizados em áreas com diferentes usos do solo e alteração antrópica.

### **Precipitação e Temperatura do ar**

Foram realizadas duas campanhas de coleta de água para as análises físico-químicas e microbiológica, uma em agosto/setembro de 2010, período em que a pluviosidade mensal foi baixa (estação seca), e outra em março de 2012, com pluviosidade mais elevada (estação chuvosa). Os dados pluviométricos e de temperatura do ar referentes aos períodos de coleta foram obtidos junto ao Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia – UFU (Figura 1).

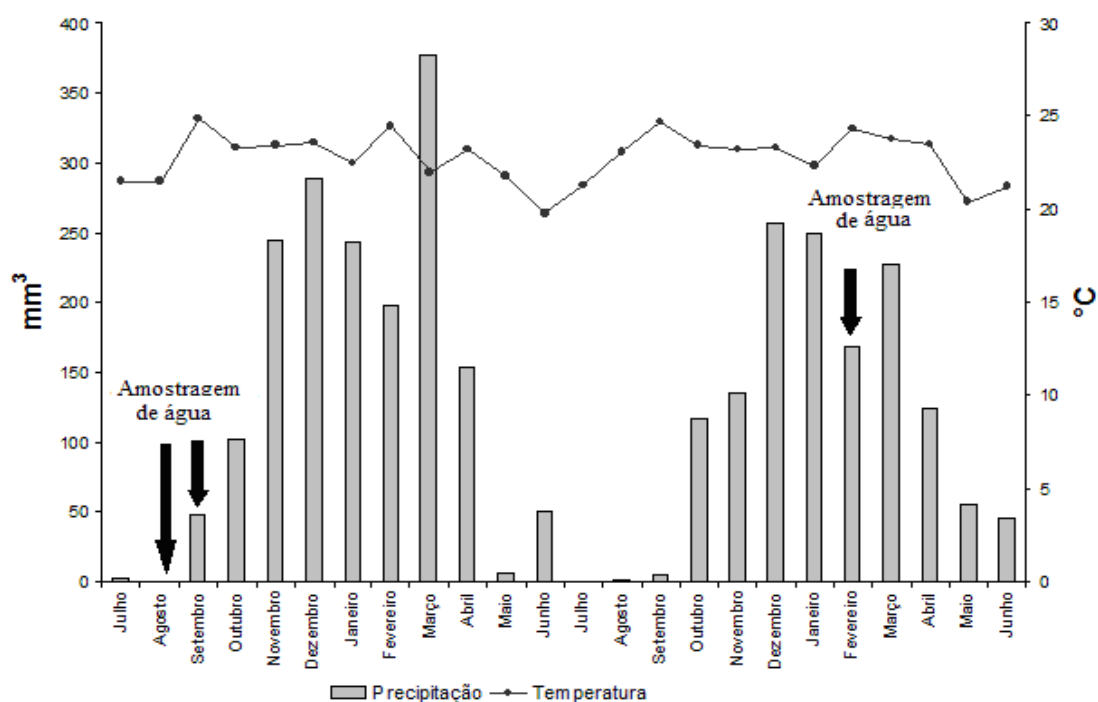


Figura 1 – Médias mensais da precipitação pluviométrica e temperatura do ar em Uberlândia – MG, no período de julho/2010 a julho/2012 (Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – Instituto de Geografia – UFU), com amostragens de água na estação seca de 2010 e na estação chuvosa de 2012.

### Amostragem de água para análise

Em cada campanha, as amostras de água foram coletadas em três frascos, sendo dois de vidro âmbar com capacidade de 1,5 L, a uma profundidade média de 20 cm da lâmina d'água para análises físico-químicas, e um de vidro âmbar com capacidade de 250 ml para análise microbiológica. Em um dos frascos de coleta para análises físico-química, as amostras foram fixadas com  $H_2SO_4$  a 0,5% (para análise de óleos e graxas), e todos os frascos foram etiquetados com as respectivas descrições dos pontos coletados e acondicionados em caixas térmicas com gelo, para análise em laboratório segundo técnicas e métodos descritos pela American Public Health Association (APHA, 1995).

Foram medidos *in situ* a temperatura da água, utilizando-se um termômetro de mercúrio, a condutividade elétrica, utilizando-se um condutivímetro digital (Digimed DM-32) e o oxigênio dissolvido (OD), medido através de um Oxímetro Digital.

A turbidez foi medida através do método nefelométrico (utilizando um turbidímetro digital HD114) e o pH, através de um peagâmetro digital (Digimed DMPH). Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), concentração de óleos e graxas, sólidos dissolvidos totais e sólidos sedimentáveis foram medidos segundo Macêdo

(2003). O nitrogênio amoniacal foi determinado através do método indofenol, utilizando um espectrofotômetro. Os parâmetros sólidos suspensos totais, fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrito foram determinados segundo GREENBERG *et al.* (2005). O parâmetro microbiológico coliformes termotolerantes foi obtido através do método de membrana filtrante (CETESB, 2009).

### **Avaliação da qualidade da água do Rio Uberabinha**

De modo a avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha em toda sua extensão (de montante à jusante), e em cada ponto de coleta, foram utilizados como referência os Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela resolução CONAMA 357, de março de 2005 (Tabela 1), que 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.

Segundo essa resolução, as águas doces do Brasil podem ser enquadradas em uma classe especial e quatro classes de qualidade de acordo com um conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros (Tabela 2).

Tabela 1 – Valores Máximos Permitidos (VMP) estabelecidos pela resolução CONAMA 357, de março de 2005 para os parâmetros físico-químicos e microbiológico avaliados.

Parâmetro	Valores Máximos (CONAMA 357/2005)
Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/l)	Classe I – 6 mg/l Classe II – 5 mg/l Classe III – 4 mg/l Classe IV - < 2 mg/l
pH	Classes I a IV - 6,0 a 9,0
Turbidez (UNT)	Classe I – 40 Classes II e III – 100 Classe IV - > 100
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> ) (mg/l)	Classe I – 3 mg/l Classe II – 5 mg/l Classe III – 10 mg/l Classe IV - > 10 mg/l
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/l)	-----
Óleos e Graxas (mg/l)	-----
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/l)	Classes I a III – 500 mg/l Classe IV - > 500 mg/l
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	-----
Sólidos Suspensos (mg/l)	-----
Fósforo Total (mg/l)	Classe I e II – 0,1 mg/l Classe III – 0,15 mg/l Classe IV - > 0,15 mg/l
Nitrogênio total (mg/l)	-----
Nitrito (mg/l)	Classes I a III – 1 mg/l Classe IV - > 1 mg/l
Nitrato (mg/l)	Classes I a III – 10 mg/l Classe IV - > 10 mg/l
Nitrogênio Amoniacal (mg/l)	Classes I e II – 3,7 mg/l Classe III – 13,3 mg/l Classe IV - > 13,3 mg/l
Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	Classe I – 200 Classe II – 1000 Classe III - 2500 Classe IV - > 2500

Tabela 2 – Classificação das águas doces brasileiras, segundo seus usos preponderantes, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Classes	Principais usos
Especial	Ao consumo humano com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I	Ao consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
III	Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
IV	Navegação e harmonia paisagística.

Para a avaliação, foram elaboradas tabelas com os resultados das análises físico-químicas e microbiológica, tanto para a estação seca como para a chuvosa, de modo a enquadrar o rio Uberabinha, ao longo de todos os seus pontos de amostragem, individualmente, nas classes de água doce correspondentes, de acordo com a classificação da CONAMA 357 de 2005. O parâmetro óleos e graxas, que na referida resolução possui apenas medida qualitativa, não foi considerado na classificação.

### **Comparação dos parâmetros físico-químicos e microbiológico**

Para avaliar a relação entre os parâmetros utilizados da qualidade da água e os períodos e locais de coleta, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), na qual os locais de coleta em cada período foram ordenados em relação aos vetores dos parâmetros. Para tal análise os valores das métricas foram padronizados, ou seja, foram realizadas conversões de todas as variáveis em uma escala similar, de modo a reduzir a discrepância entre elas, uma vez que se trata de variáveis com diferentes unidades, e foi seguindo o critério da matriz de correlação (QUINN & KEOUGH, 2001; SHEPHERD, 2004).

## 5.4 Resultados

As classes do rio Uberabinha para cada parâmetro, nos dois períodos de coleta, encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Para alguns parâmetros, a Resolução CONAMA 357 não estabelece padrões, ficando as linhas correspondentes a esses parâmetros sem coloração.

Com base nos parâmetros analisados e na legislação vigente Resolução CONAMA nº 357 DE 17 de março de 2005, foi possível observar que os mesmos apresentaram ampla variação de classe (classe 1 a classe 4), justificando assim a classificação por ponto amostrado, ao invés de realizar uma extrapolação para toda a extensão do rio Uberabinha.

A temperatura apresentou distribuições mais uniformes tanto entre locais como entre períodos de coleta (Figura 2a). Os parâmetros condutividade elétrica (Figura 2b), DQO (Demanda Química de Oxigênio) (Figura 2c), sólidos suspensos totais (Figura 2e) e sólidos sedimentáveis (Figura 2f) apresentaram valores mais altos no ponto U5 e nos pontos à jusante, no período de seca. Já os valores de óleos e graxas (Figura 2d) apresentaram-se elevados apenas para o ponto U5, e o parâmetro nitrogênio total (Figura 2h) apresentou maiores valores nos pontos à jusante, ambos no período de estiagem.

Quanto à classificação dos pontos amostrados segundo a CONAMA 357, enquadrou-se na classe 1 apenas o ponto M2, na estação chuvosa, e na classe 2, na estação seca, enquadraram-se os pontos M1, M2, M5, U1 e U4, e na estação chuvosa, apenas o ponto M1. Na classe 3, incluíram-se apenas os pontos M3 e M4, na estação seca. Os demais pontos (U2, U3, U5 e pontos à jusante, na estação seca, e M3, M4, M5, pontos na área urbana e à jusante, na estação chuvosa) foram incluídos na classe 4 (Tabelas 3 e 4).

No entanto, apesar de muitos pontos apresentarem valores altos de DBO, fazendo com se enquadrassem na classe 4, segundo o artigo 10, § 1º da referida resolução, “os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não forem desobedecidas”. Sendo assim, enquadraram-se também na classe 2 os pontos M1 e U4, na estação de estiagem, e o ponto M1 na estação chuvosa (Tabelas 3 e 4).

Na estação de estiagem, o enquadramento dos pontos na classe 4 foi decorrente de valores acima do máximo permitido estabelecidos para a classe 3, dos parâmetros DBO, fósforo total e coliformes termotolerantes (Tabela 3).

Já na estação chuvosa, de acordo com a Tabela 4, o ponto M3 se enquadrou na classe 4 devido a valores muito abaixo do limite estabelecidos para as quatro classes de qualidade do parâmetro pH, bem como de valores acima do máximo permitido para a classe 3 de nitrito. Os

pontos M4 e M5 se enquadram na classe 4 devido a valores altos de DBO e nitrito, e o ponto U1 se enquadrrou nessa classe devido a valores abaixo do limite do parâmetro pH. O ponto U2 foi incluído na classe 4 devido a valores abaixo do limite de oxigênio dissolvido e de valores acima do máximo permitido do parâmetro DBO, e os pontos U3 e U4 se enquadraram nessa classe devido a valores abaixo do limite de pH, e de valores muito altos de DBO. O enquadramento do ponto U5 na classe 4 foi decorrente de valores muito baixos de oxigênio dissolvido e de pH, e os pontos à jusante se enquadraram nessa classe devido a valores baixos de pH e altos de DBO e nitrito.

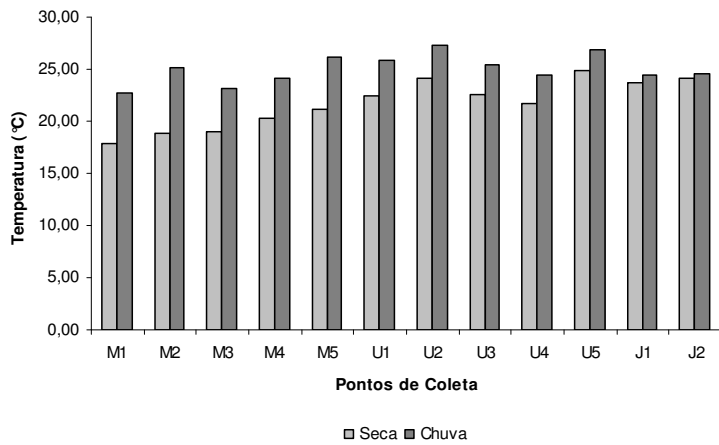


Tabela 3 – Classificação da água do rio Uberabinha – MG, 2012, na estação seca, por parâmetro, segundo os padrões da res. CONAMA 357, nos pontos de coleta M1, M2, M3, M4, M5, U1, U2, U3, U4, U5, J1 e J2. 1 Classe 1 2 Classe 2 3 Classe 3 4 Classe 4.

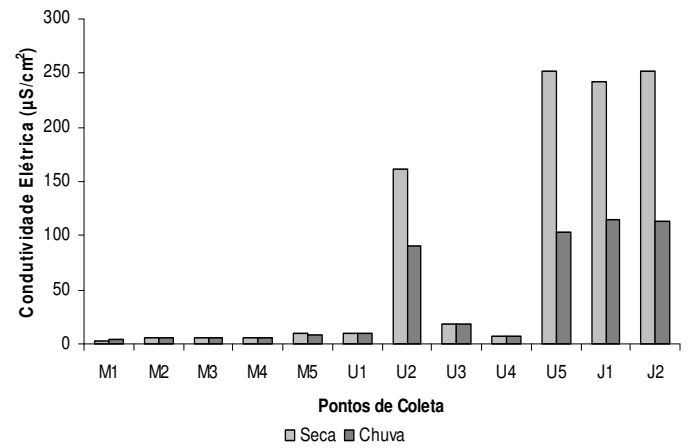
Parâmetro	Unidade	M1	M2	M3	M4	M5	U1	U2	U3	U4	U5	J1	J2
OD	mg/l	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	3
pH	-----	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbidez	UT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
DBO	mg/l	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Sólidos dissolvidos totais	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fósforo total	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4
Nitrito	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrato	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nitrogênio amoniacal	mg/l	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1	2	3	3	2	1	4	4	1	4	4	4
<b>Classificação</b>		2	2	3	3	2	2	4	4	2	4	4	4



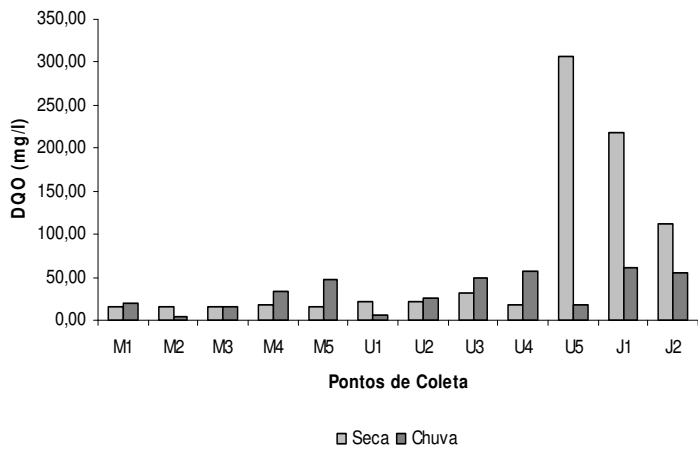
a



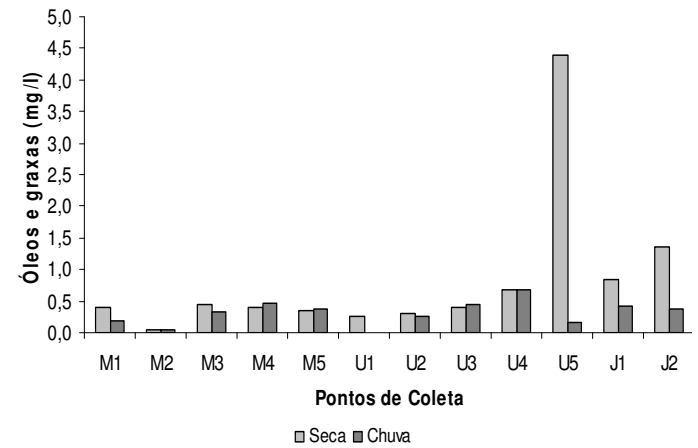
b



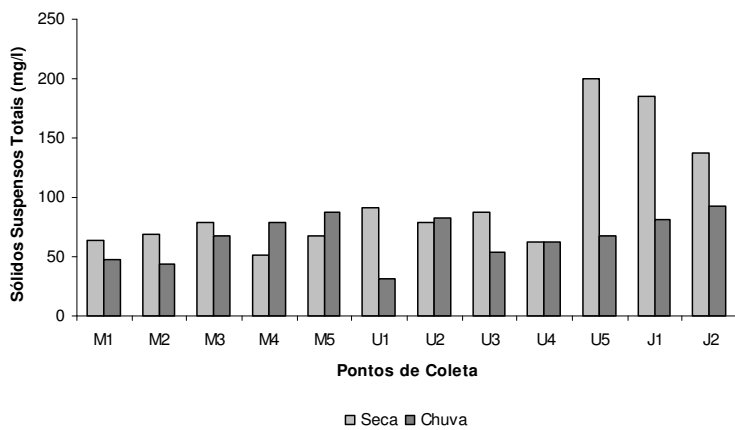
c



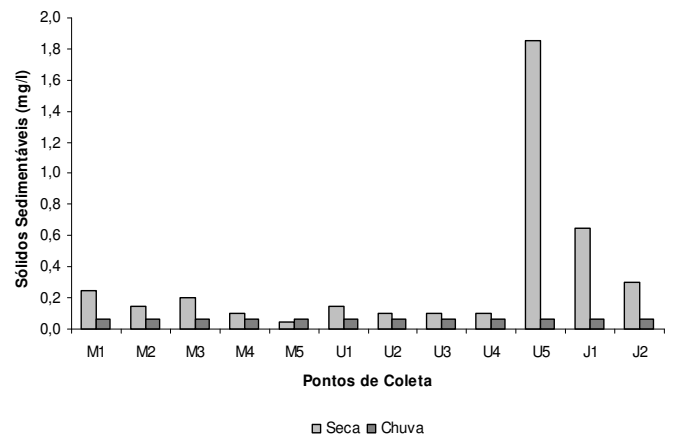
d



e



f



09

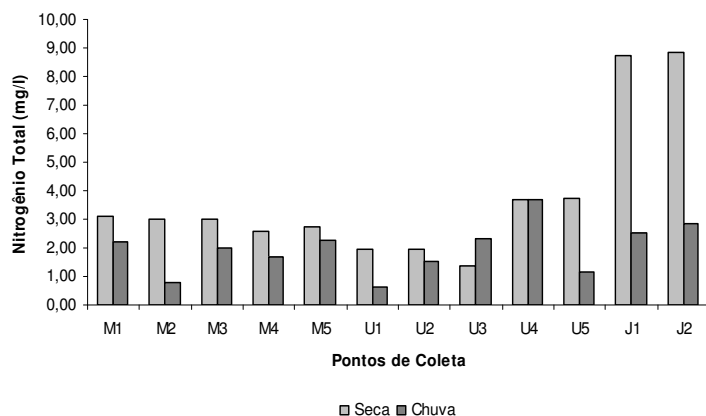


Figura 2 (a-g) – Resultados de (a) temperatura, (b) condutividade elétrica, (c) DQO, (d) óleos e graxas, (e) sólidos suspensos totais, (f) sólidos sedimentáveis e (g) nitrogênio total, que não constam na CONAMA 357/2005, nos pontos de coleta M1 a J2.

Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 73,10% da variância nos dados dos parâmetros físico-químicos e microbiológico (Figura 3). O eixo 1 apresentou correlação positiva com as concentrações de turbidez, condutividade, DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrato, óleos e graxas, sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos dissolvidos totais e coliformes termotolerantes, e nenhuma correlação negativa significativa. O eixo 2 apresentou correlação positiva com nitrito e temperatura, e correlação negativa com pH, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total e nitrato (Tabela 5).

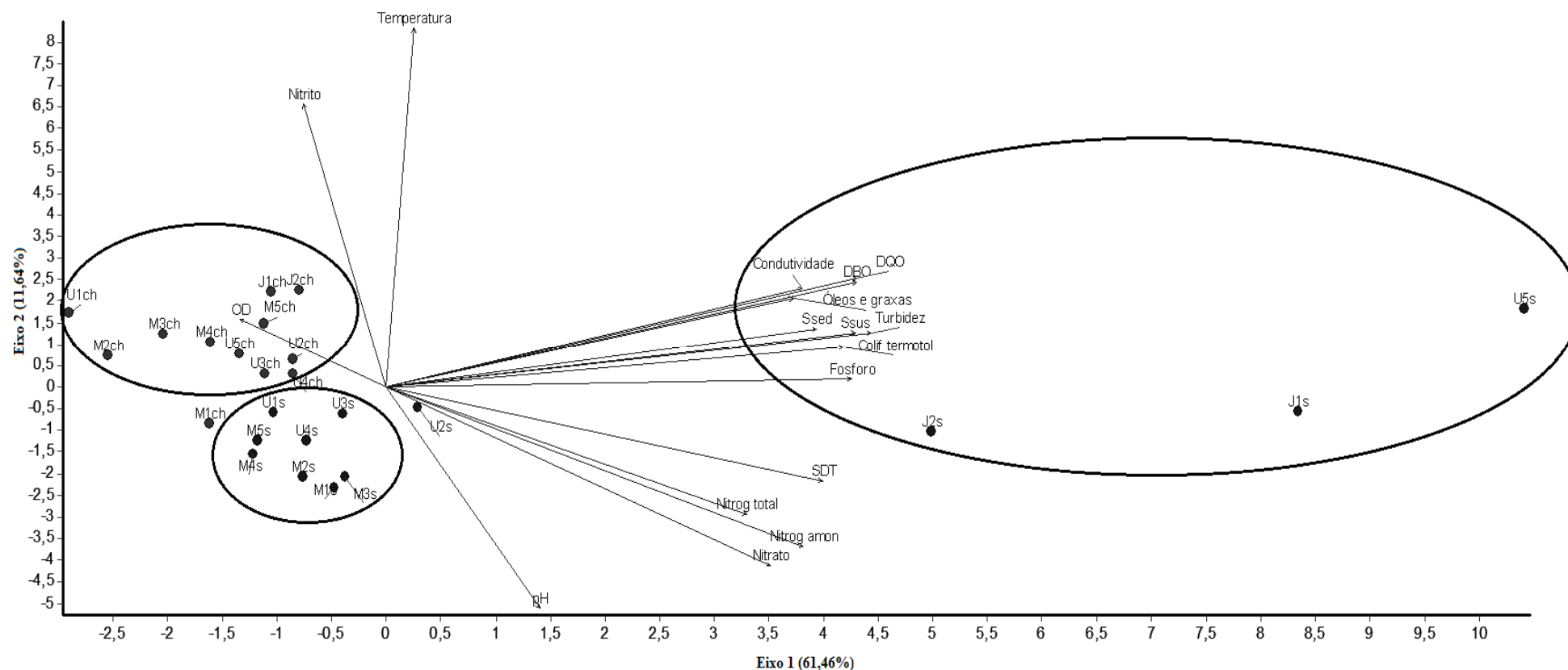


Figura 3 - Diagrama de Ordenação dos pontos de coleta através da Análise de Componentes Principais (PCA), considerando as variáveis físico-químicas e microbiológica da água dos pontos do rio Uberabinha – MG, 2012. M – montante (1, 2, 3, 4 e 5); U – área urbana de Uberlândia (1, 2, 3, 4 e 5); J – jusante (1 e 2); ch - estação chuvosa; s - estação seca.

Tabela 5 – Correlação dos eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) com as variáveis físico-químicas e microbiológica da água do rio Uberabinha – MG, 2012.

<b>Variáveis</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
pH	0,0965	-0,3502
Turbidez	0,3038	0,0863
Condutividade	0,2606	0,1571
OD	-0,0922	0,1089
DBO	0,2950	0,1681
DQO	0,2948	0,1737
Fósforo	0,2923	0,0130
Nitrogênio amoniacal	0,2618	-0,2533
Nitrogênio total	0,2260	-0,2007
Nitrito	-0,0518	0,4497
Nitrato	0,2410	-0,2821
Óleos e graxas	0,2553	0,1418
Sólidos suspensos totais	0,2941	0,0876
Sólidos sedimentáveis	0,2703	0,0932
Sólidos dissolvidos totais	0,2736	-0,1477
Temperatura	0,0172	0,5710
Coliformes termotolerantes	0,2869	0,0643

Os pontos U5 e de jusante, na estação seca, se diferenciaram dos demais por apresentarem maiores valores de turbidez, condutividade, DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, nitrato, óleos e graxas, sólidos suspensos totais, sedimentáveis, dissolvidos totais e coliformes termotolerantes e menores valores de oxigênio dissolvido (OD), evidenciando a diminuição do gradiente ambiental para a direita. Ainda na estação seca, os pontos à montante e os pontos U1, U3 e U4 se agruparam em função de valores maiores pH, e menores de temperatura, nitrito e das variáveis que apontam para a direita. Já na estação chuvosa, com exceção do ponto M1, todos os demais se agrupam em função de valores maiores de OD, nitrito e temperatura, e menores de pH e das variáveis que apontam para a direita, evidenciando diferenças sazonais nos valores de temperatura e nitrito, que foram maiores na estação chuvosa, e nas medidas de pH e das variáveis da direita, que foram maiores na estação seca.

## 5.5 Discussão

A maioria dos pontos amostrados do rio Uberabinha se manteve na classe 4, na estação chuvosa, e na estação seca, cinco dos doze pontos se incluíram nessa classe. Alguns autores realizaram o enquadramento do rio Uberabinha baseados na resolução CONAMA 357 de 2005, enquadrando-o, como um todo, nas classes 2 (HARTER, 2007) e 3 (GONÇALVES, 2009). No entanto, a caracterização da qualidade das águas por pontos, ao invés da avaliação do rio como um todo, é essencial para o gerenciamento de recursos hídricos e de planejamento ambiental, com abordagens voltadas à prevenção e à correção (VIOLA *et al.*, 2006; GASTALDINI & OPPA, 2011).

A degradação da qualidade da água do rio Uberabinha é resultado de ações antrópicas, devido a uma crescente urbanização e ao lançamento do esgoto insatisfatoriamente tratado, o que conduz a uma demanda e poluição desenfreada dos recursos hídricos, impactando-os. Essa degradação foi refletida no enquadramento dos pontos do rio, uma vez que a maioria foi incluída na classe 4, que é a mais restrita em relação a seus usos preponderantes, devido a valores muito altos de DBO, fósforo total e coliformes termotolerantes, na estação de estiagem, e valores muito baixos de pH e oxigênio dissolvido e muito altos de nitrito e DBO, na estação chuvosa.

Os impactos ambientais ocorridos no rio Uberabinha levaram a um aumento considerável das concentrações dos parâmetros físico-químicos DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, nitrito, óleos e graxas, condutividade elétrica, turbidez, sólidos dissolvidos totais, sedimentáveis e suspensos totais, e do parâmetro microbiológico coliformes termotolerantes, que apontaram um gradiente de qualidade ambiental, dos pontos à montante de Uberlândia (M1 a M5), com melhor qualidade ambiental, até os pontos à jusante da cidade (J1 e J2) e o último ponto da área urbana de Uberlândia (U5), cujo ambiente é extremamente impactado, corroborando assim a hipótese de que a qualidade da água é melhor nos pontos à montante de Uberlândia em relação aos pontos da área urbana e jusante.

Os pontos amostrados do rio Uberabinha que apresentaram maiores valores de DBO e DQO, na estação de estiagem, foram U5 e pontos à jusante, sendo que U5 é local de lançamento de esgoto tratado da Estação de Tratamento de Esgoto Uberabinha, e os pontos à jusante também sofrem a influência desse lançamento, principalmente na estação de estiagem. Tal fato foi comprovado por diversos autores, que atribuíram os

valores altos relatados desses parâmetros aos impactos ocasionados por ações antrópicas, principalmente à descarga de esgotos sanitários, na estação de pluviosidade mais baixa (ALAM *et al.*, 2007; BORDALO *et al.*, 2001; SILVA & SACOMANI, 2000; GASTALDINI & OPPA, 2011).

Aumentos expressivos em termos de DBO num corpo d'água são extremamente prejudiciais ao ecossistema, uma vez que a presença de altos teores de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água. Já o aumento da concentração de DQO deve-se principalmente a despejos de origem industrial, e é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO para observar a biodegradabilidade de despejos (CETESB, 2009).

Na estação de estiagem, os pontos U5 e de jusante apresentaram também concentrações mais altas de fósforo total em relação aos demais pontos de coleta, o que pode ser atribuído ao intemperismo das rochas, a decomposição da matéria orgânica autóctone e alóctone, à poluição por esgotos domésticos contendo detergentes, por esgotos industriais e fertilizantes, e altas concentrações desse nutriente podem ser limitantes na produtividade primária do ecossistema aquático (CHAPMAN, 1996). Para Silva e Sacomani (2000), os valores de fósforo total encontrados também foram mais baixos nos pontos de coleta que não receberam descargas diretas provenientes de áreas urbanas em relação aos que foram impactados por tais fontes.

Os valores de coliformes termotolerantes no rio Uberabinha foram expressivamente mais pronunciados nos pontos mais influenciados por despejos de esgoto sanitário – ponto U5 e pontos à jusante –, sendo mais altos no período da estiagem. Esse parâmetro microbiológico consiste em microrganismos do grupo coliforme, que sobrevivem e se reproduzem a uma faixa de 44-45°C, e são representados principalmente por *Escherichia coli* e algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, podendo os demais ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como em efluentes domésticos e industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição (CETESB, 2009).

Bordalo e colaboradores (2001) também encontraram maiores valores de coliformes nos pontos mais impactados, e atribuíram a isso o fato de que a presença de sólidos possui grande influência na taxa de deterioração bacteriológica, e a quantidade de bactérias aumentará significativamente em baixa saturação de oxigênio na água, independentemente da sazonalidade.



De uma forma geral, os valores das concentrações dos nutrientes, como fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrato foram maiores para o último ponto da área urbana de Uberlândia e para os pontos à jusante da cidade, o que evidencia o esgoto doméstico como sua principal fonte. Esses valores são ainda mais expressivos no período com menor pluviosidade, devido à diminuição do fluxo de água, característica desse período. Apenas o nitrito apresentou concentrações maiores em alguns pontos à montante de Uberlândia, e estas foram mais expressivas no período de maior pluviosidade.

Os pontos do rio Uberabinha que apresentaram maiores valores de nitrito, na estação chuvosa, foram os três últimos pontos à montante de Uberlândia e os pontos à jusante. Em águas continentais, geralmente as concentrações de nitrito são baixas, sendo que, quando elevadas, estão usualmente ligadas a efluentes industriais e/ou são frequentemente associadas à qualidade da água microbiologicamente insatisfatória (CHAPMAN, 1996), o que pode estar ocorrendo nos pontos à jusante de Uberlândia. Já os pontos à montante, que sofrem menos influência de estressores ambientais, os valores de nitrito podem estar associados com a decomposição da matéria orgânica de origem alóctone, cujo aporte aumenta consideravelmente no período da chuva devido à queda das folhas das árvores às margens do rio, que se intensificam neste período.

No período chuvoso, os valores de pH encontrados foram mais baixos, principalmente nos pontos M3, U1, U3, U4, U5 e nos pontos à jusante, com destaque para o ponto U1, que apresentou valor alarmantemente baixo. Esse parâmetro pode variar em função da área em que o corpo d'água recebe as águas pluviais, esgotos sanitários e água do lençol freático. Portanto, se uma determinada área da bacia apresentar solos mais ácidos, quando ocorrer o período de pluviosidade alta, essa água escoada do solo ácido abaixará o pH do corpo d'água. Também influencia o pH a quantidade de matéria orgânica a ser decomposta no solo, e no período chuvoso, há um maior aporte de material foliar que cai da vegetação. Quanto maior a quantidade de material a ser decomposto, maior a produção de ácido proveniente desse processo (como o ácido húmico), e consequentemente, menor o pH (GONÇALVES, 2009), o que pode ter ocorrido com o ponto U1, devido às precipitações frequentes do período chuvoso.

Na estação chuvosa, a concentração de oxigênio dissolvido foi mais alta na maioria dos pontos de coleta em relação à estação de estiagem, com exceção dos pontos U2 e U5, que, na estação chuvosa, apresentaram concentrações muito baixas, e de acordo com Von Sperling (1996), esses baixos valores são indicativos de poluição por

matéria orgânica oriunda de esgotos. Gastaldini e Oppa (2011) também encontraram valores de oxigênio dissolvido muito baixos em alguns pontos de coleta da bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim, Rio Grande do Sul (Brasil), e relacionaram a esse fato principalmente o lançamento direto de esgoto “in natura”. Já Bordalo e colaboradores (2001) concluíram que o principal fator que ocasiona baixas concentrações de oxigênio dissolvido é a sazonalidade, onde na estação chuvosa, os valores são significativamente mais altos que na estação seca.

Nos pontos U5 e J2, que são extremamente impactados por esgoto e resíduos sólidos, as concentrações de óleos e graxas são as mais elevadas, principalmente no ponto U5, na estação de estiagem. Segundo Campos (2011), o ponto U5 (Fazenda Capim Branco) está localizado à jusante do aterro sanitário e do complexo industrial de Uberlândia, além de receber esgoto tratado, e por tal localização, é o trecho que mais sofre por impactos de ações antrópicas, e por isso, possui valores altos desse parâmetro. Óleos e graxas encontrados em ambientes aquáticos podem causar prejuízos ao ecossistema e à vida aquática, pois em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido, uma vez que a presença de material graxo nos corpos hídricos diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico, impedindo, dessa maneira, a transferência do oxigênio da atmosfera para a água (CETESB, 2009).

A condutividade elétrica indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, valores de condutividade elétrica superiores a  $100 \mu\text{S}/\text{cm}^2$  indicam ambientes impactados (CETESB, 2009), o que ocorreu com os pontos U2 e U5, na área urbana de Uberlândia, e com os pontos à jusante da cidade, no período de estiagem. Alam e colaboradores (2007) relataram resultados semelhantes, e atribuíram isso ao fato de que a condutividade aumenta tanto à jusante do rio, recebendo poluentes oriundos da área urbana, como no período seco, devido à maior saturação de sais decorrente do menor volume de água.

Tanto sólidos sedimentáveis como sólidos dissolvidos totais apresentaram concentrações expressivas nos pontos mais impactados (U5 e pontos à jusante), no período seco. A concentração de sólidos nos ambientes lóticos pode estar ligada a fatores como alteração na vegetação marginal, desmatamento de áreas vizinhas, existência de regiões de corredeiras e constituição do solo (RODRIGUEZ, 2001). No estudo da qualidade da água do rio da bacia Surma (Índia), Alam e colaboradores (2007) atribuíram os valores mais altos de sólidos, também ocorridos no período seco, à

presença de silte e argila na água do rio. No período chuvoso, as concentrações de sólidos foram baixas devido à maior capacidade do rio de assimilar águas residuárias.

Conforme o esperado, os valores de turbidez e sólidos suspensos totais foram mais pronunciados nos pontos mais impactados (U5 e pontos à jusante) devido a um mau uso do solo no local, onde Bernardes (2007) aponta que o perímetro da bacia do Uberabinha possui áreas bastante degradadas, sendo algumas com solo exposto. Valores altos de turbidez significam que o corpo d'água recebe certa quantidade de partículas sólidas que ficam em suspensão por algum tempo, podendo ser provenientes do próprio solo, quando não há mata ciliar e sofre constante erosão no período chuvoso, ou de indústrias, extração de argila, ou mesmo de despejos de esgotos domésticos (CETESB, 2009).

Os valores de turbidez também se encontraram mais elevados no período de estiagem em relação ao chuvoso, o que não era o esperado, uma vez que o normal é ocorrer um maior carregamento de partículas sólidas com as precipitações. No entanto, Silva e Sacomani (2000), ao analisar as águas do rio Pardo, em São Paulo (Brasil), também constataram turbidez mais alta nesse período.

O gradiente de qualidade ambiental evidenciado pela PCA foi mais claro no período da estiagem, onde os pontos mais impactados apresentaram maiores valores dos parâmetros indicativos de poluição, devido ao fluxo mais baixo de água e consequentemente, a uma menor capacidade de depuração do rio, corroborando assim a hipótese de que a qualidade da água será melhor na estação chuvosa em relação à estação seca.

## 5.6 Conclusão

Os parâmetros físico-químicos e microbiológico que indicam impactos por poluição, geralmente decorrente de origem antrópica, mostraram um gradiente de qualidade ambiental, dos pontos à montante de Uberlândia (M1 a M5), com melhor qualidade ambiental, até os pontos à jusante da cidade (J1 e J2) e o último ponto da área urbana de Uberlândia (U5), cujo ambiente é extremamente impactado, e os pontos na área urbana U1 a U4 apresentando condições intermediárias em termos de degradação ambiental, corroborando assim a hipótese de que a qualidade da água é melhor nos pontos à montante de Uberlândia, devido à distância dos mesmos à fontes potenciais de contaminação, em relação aos pontos da área urbana e jusante, que sofrem influências de diversos estressores ambientais.

Esse gradiente de qualidade ambiental foi mais claro no período da estiagem, onde os pontos mais impactados apresentaram maiores valores dos parâmetros indicativos de poluição, corroborando assim a hipótese de que a qualidade da água será melhor na estação chuvosa em relação à estação seca. Nesse período, são necessários cuidados dobrados com o lançamento de efluentes visando a melhoria da qualidade da água do rio Uberabinha a longo prazo.

Alguns pontos de coleta ainda se mantiveram nas classes 2 e 3, o que seria ideal para todos os pontos, considerando os usos preponderantes atuais do rio Uberabinha (abastecimento, agricultura de cultivo temporário ou permanente, recreação e lazer e geração de energia). Para tanto, medidas corretivas e preventivas devem ser tomadas nos pontos mais impactados, de modo a assegurar os padrões de qualidade de todo o rio, compatíveis com os usos que dele se faz.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAM, M. D. J. B.; ISLAM, M. R.; MUYEN, Z.; MAMUN, M.; ISLAM, S. Water quality parameters along rivers. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 4 (1): 159-167, 2007.

ANA – Agência Nacional das Águas. Panorama do Enquadramento dos Corpos D'água do Brasil. **Caderno de Recursos Hídricos** nº. 5. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília – DF, 2007.

APHA. **Standard methods**. Washington: American Public Health Association, 1995. 1193p.

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes. **UNEP/WHO**, 1996. 348p.

BERNARDES, M. B. J. Bacia Hidrográfica do rio Uberabinha: A Disponibilidade de Água e Uso do Solo sob a Perspectiva da Educação Ambiental. **Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia – MG, 2007. 222p.

BORDALO, A. A.; NILSUMRANCHIT, W.; CHALERMWAT, K. Water Quality and Uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). **Water Resources** Vol. 35, nº. 15, pp. 3635–3642. Great Britain, 2001.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento da Quantidade e Qualidade das Águas. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2 ed. p. 635-649. São Paulo – SP, 2002.

BRANCO, S. M. Água, Meio Ambiente e Saúde. **Águas Doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2 ed. p. 227-248. São Paulo – SP, 2002.

CAMPOS, E. O. J. Biomonitoramento em áreas poluídas e não poluídas do rio Uberabinha, Região de Uberlândia – Minas Gerais, por meio de Análise de Micronúcleos e Frequência de Cromossomos B em Bagres (*Rhamdia quelen*). **Universidade Federal de Uberlândia**. Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica. 57 p. Uberlândia – MG, 2011.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo. Relatório da qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. **São Paulo: CETESB**, 2009.

CHAPMAN, D. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. 2. ed. **UNESCO/WHO/UNEP**. Londres, 1996, 651p.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos-EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. **Boletim de pesquisa**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 34-43, 1982.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. de. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 65-80, 2007.

GASTALDINI, M. C. C.; OPPA, L. F. Análise de Alternativas de Enquadramento do Rio Vacacaí Mirim Utilizando Modelo Matemático de Qualidade da Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** Vol. 16 nº. 1, 2011.

GONÇALVES, E. M. Avaliação da Qualidade da Água do Rio Uberabinha – Uberlândia – MG. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia dos Processos químicos e Bioquímicos. 141p. Rio de Janeiro – RJ, 2009.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: American Public Health Association. 1220 p. 2005.

HARTER, L. V. L. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do rio Uberabinha – um Diagnóstico da Qualidade da Água no Município de Uberlândia (MG). **Universidade Federal de Uberlândia**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 80 p. Uberlândia – MG, 2007.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003. 450 p.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.1, n.1, p.9-16, 1989.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. **Cambridge University Press**. 615 p. 2001.

RODRIGUEZ, M. P. Avaliação da Qualidade da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas. **Universidade Federal de São Carlos**, São Carlos – SP, 2001. 145p.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC-SHELL 1.5**: Manual do usuário. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004

SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using Chemical and Physical Parameters to Define the Quality of Pardo River Water (Botucatu-SP-Brazil). **Water Resources** Vol. 35, No. 6, pp. 1609–1616. Great Britain, 2001.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. **Documento. n.º. 36**. São Paulo: Embrapa, 2004. 68p.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Avaliação da Qualidade da Água – Base Tecnológica para a Gestão Ambiental. 1. ed. **Sociedade Mineira de Engenheiros Agrônomos**, Belo Horizonte – MG, 2009, 322p.

VIOLA, Z. G. G.; COELHO, P. S. NACIF, W. F.; DO VALLE, F., BARROS, E. F. A. Avaliação da Condição de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia de Contribuição da Lagoa da Pampulha Localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Projeto Estruturador da Bacia do São Francisco**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte – MG, 2006.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos 2. ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; **Universidade Federal de Minas Gerais**; 1996.

## **6 - CAPÍTULO 2**

**Qualidade ambiental do Rio Uberabinha utilizando métricas  
das comunidades de macroinvertebrados bentônicos como  
bioindicadores**



## RESUMO

No biomonitoramento, a avaliação da qualidade da água através de macroinvertebrados bentônicos tem sido amplamente realizada através de índices bióticos e diferentes métricas dessas comunidades, pois esses organismos refletem as alterações que ocorrem nos ecossistemas aquáticos ao longo do tempo. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha – MG, utilizando métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas às perturbações ambientais causadas por impactos antrópicos. Foram estudados cinco pontos do rio a montante de Uberlândia (M1 a M5), cinco pontos na área urbana de Uberlândia (U1 a U5), e dois pontos a jusante da cidade (J1 e J2). Foram realizadas duas coletas na estação seca para a amostragem dos macroinvertebrados bentônicos, uma no final e outra no início, utilizando-se um coletor do tipo “Surber” com área de 900 cm<sup>2</sup> e malha de 0,250 mm. A maioria dos macroinvertebrados bentônicos foi identificada até o nível de família. Foram calculados os índices BMWP, abundância, densidade, diversidade de Shannon-Wiener, equidade de Pielou, riqueza de *taxa* e porcentagens de EPT, Chironomidae e Oligochaeta. A comparação dessas métricas simultaneamente entre locais e períodos de coleta foi realizada através de ANOVA de dois fatores (*Two Way ANOVA*) e a relação entre as métricas foi avaliada por meio de uma Análise de Componentes Principais (PCA). A abundância de Chironomidae foi alta em todos os pontos, principalmente nos locais mais impactados (área urbana e jusante). Já a de Oligochaeta foi mais alta somente nos pontos à jusante. Os pontos à montante apresentaram valores mais altos de diversidade, riqueza, BMWP e % de EPTs em relação aos pontos da área urbana e de jusante. Não foram encontradas diferenças significativas entre as métricas em relação aos períodos, apenas em relação aos locais de coleta. Na PCA, os pontos à montante se separaram dos demais em virtude dos vetores diversidade H', % de EPT, riqueza e BMWP, em ambas as estações. Os maiores valores de equidade nos pontos U3 e U4 remetem à baixa abundância relatada nesses pontos. Os valores altos na % de Oligochaeta nos pontos à jusante remetem ao enriquecimento orgânico nesses ambientes e, conseqüentemente, à má qualidade da água. A dominância de Chironomidae em quase todos os pontos de coleta ressalta a sua grande importância na estruturação das comunidades aquáticas. As métricas % de EPT e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), seguidas da riqueza taxonômica, foram as que melhor refletiram a qualidade ambiental do rio Uberabinha, remetendo à boa qualidade dos pontos localizados à montante de Uberlândia, por estarem distantes da área urbana, e em piores condições, o ponto U5 e os pontos a jusante de Uberlândia, que são fortemente impactados.

**Palavras chave:** Avaliação ambiental, lançamento de efluentes, EPT, diversidade.

## ABSTRACT

In biomonitoring, assessment of water quality using benthic macroinvertebrates has been largely accomplished through metrics and biotic indices of these communities, because these organisms reflect changes that could occur in aquatic ecosystems along the time. The aim of this study was to evaluate the water quality of the river Uberabinha - MG, using metrics of benthic macroinvertebrate communities and their responses to environmental perturbations caused by human impacts. It was studied five sampling points of the river located upstream the city of Uberlândia (M1 to M5), five sampling points in the urban area of Uberlândia (U1 to U5), and two sampling points located downstream of the city (J1 and J2). Two sampling of benthic macroinvertebrates were performed in the dry season, one in the beginning and other in the end, using a "Surber" collector with an area of 900 cm<sup>2</sup> and 0.250 mm mesh size. Most of the benthic macroinvertebrates was identified at the family level. There were calculated BMWP index, abundance, Shannon-Wiener's diversity, Pielou's evenness, *taxa* richness and percentage of EPT, Chironomidae and Oligochaeta. The comparison of these metrics simultaneously between local and sampling periods was performed by two way analysis of variance (Two Way ANOVA), and the relationship between them was made through a principal components analysis (PCA). The abundance of Chironomidae was high on all sampling points, mainly in the most impacted ones (urban area and downstream), and the abundance of Oligochaeta was higher only at sampling points downstream. The sampling points upstream showed higher values of diversity, richness, BMWP and % of EPTs in relation to the urban area and downstream. No significant differences were found between the metrics related to sampling periods, only to sampling sites. In PCA, the sampling points upstream was separated from the others because of the vectors diversity H', % of EPT, richness and BMWP, in both seasons. The highest values of evenness at points U3 and U4 refers to the low abundance reported. High values in % of Oligochaeta at sampling points downstream refers to organic enrichment in these environments and, consequently, to poor water quality. The dominance of Chironomidae in almost every sampling points emphasizes its importance in the structure of aquatic communities. The metrics % of EPT and Shannon-Wiener's diversity index (H'), followed by *taxa* richness were those that best reflected the environmental quality of the river Uberabinha, referring to good quality sampling points located upstream of Uberlândia, because they are far from the urban area, and in the worst conditions, the point U5 and sampling points downstream of Uberlândia, which are heavily impacted.

**Keywords:** Environmental assessment, effluent launch, EPT, diversity.

## 6.1 Introdução

Nos últimos anos, tem sido cada vez maior a degradação dos ecossistemas de águas interiores com base em diversas fontes, como através de despejos de vários tipos de resíduos, por efeitos do desmatamento nas bacias hidrográficas e por poluição do ar com consequente chuva ácida, sendo a poluição orgânica por esgotos domésticos e o desmatamento as principais perturbações que afetam os cursos d'água na atualidade (COUCEIRO *et al.*, 2007; VASCONCELOS *et al.*, 2009). Consequentemente, a implantação e continuidade de programas para o monitoramento da qualidade das águas continentais são cada vez mais necessários, não só visando a preservação e manutenção da qualidade da água com a finalidade de abastecimento populacional, mas também para manter a integridade ecológica dos ecossistemas aquáticos (QUEIROZ *et al.*, 2008).

De acordo com Mandaville (2002), o biomonitoramento atualmente é reconhecido como uma das mais valiosas ferramentas utilizadas para preservar e alcançar a melhor qualidade possível de lagos, rios e córregos, através do uso de parâmetros biológicos, que tem por finalidade medir a qualidade da água com base nas respostas dos organismos em relação ao meio aquático onde vivem. Desse modo, estando sujeito a inúmeras perturbações, a biota presente nos ambientes aquáticos reage a esses estímulos, e a resposta referente a essa reação compõe a base dos índices biológicos.

Sendo assim, esses organismos, por estarem constantemente expostos ao ambiente aquático e, consequentemente, refletirem as alterações que ocorrem ao longo do tempo, são indicadores efetivos de qualidade ambiental (ou bioindicadores), e as respostas referentes a tais estressores são expressas através de variáveis de medidas orientadas biologicamente – como a utilização de métricas e índices bióticos - que objetivam proteger, preservar e corrigir a integridade biológica de sistemas naturais (DE ZWART, 1995; JUNQUEIRA *et al.*, 2000; MANDAVILLE, 2002; RAMAKRISHNAN, 2003).

Segundo Cairns & Pratt (1993), bioindicador pode ser definido como todo parâmetro biológico, quantitativo ou qualitativo, medido ao nível de indivíduo, população, guilda ou comunidade, e que é efetivamente suscetível para indicar condições ambientais particulares que correspondam a um estado estabelecido, a uma

variação natural ou a uma perturbação do meio. Algumas características peculiares de um bioindicador são importantes para que ele seja definido como tal. Bioindicadores devem possuir exigências particulares com relação a um conjunto conhecido de variáveis físicas, químicas ou ambientais, e a resposta fornecida por esses bioindicadores pode ser associada ao impacto de um contaminante, como poluição orgânica ou outros tipos de poluentes (WASHINGTON, 1984; BUSS *et al.*, 2003). Devido a essas características, os bioindicadores tem sido frequentemente utilizados como ferramenta essencial para monitoramento e avaliação de perturbações em ambientes aquáticos (ALBA-TERCEDOR, 2006).

Os macroinvertebrados bentônicos constituem-se dos melhores bioindicadores de qualidade da água nos ambientes lóticos, pois além de representarem o segundo maior grupo de organismos aquáticos (ALLAN, 1995), possuem características favoráveis, como baixa mobilidade, ciclo de vida relativamente longo e fácil visualização (METCALFE, 1989). Desse modo, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são frequentemente utilizadas para se avaliar a qualidade de ecossistemas aquáticos a partir de parâmetros estruturais e de composição, representados por métricas e índices bióticos. Estes parâmetros são denominados medidas bioindicadoras, que podem ser definidas como “um termo ou enumeração calculados representando algum aspecto da estrutura da comunidade biológica, função ou outra característica mensurável que se transforma de uma maneira previsível com o aumento da influência humana” (ROSENBERG & RESH, 1993; BARBOUR *et al.*, 1996). Dessa forma, a utilização desses parâmetros é uma ferramenta fundamental em estudos de avaliação de qualidade da água, pois fornece informações importantes sobre o “status” ambiental dos ecossistemas aquáticos (GUIMARÃES *et al.*, 2009).

Existe uma ampla variedade de medidas bioindicadoras (índices bióticos e métricas) usualmente empregadas no biomonitoramento utilizando comunidades macrobentônicas, podendo ser divididas em cinco categorias principais: medidas de riqueza, ou seja, do número de espécies ou unidades taxonômicas específicas encontradas em um ponto de coleta; enumerações, que consistem na contagem de todos os organismos coletados para estimar a abundância relativa de diferentes grupos taxonômicos (ex: número de indivíduos em ordens, famílias ou espécies, ou táxons dominantes dentro destes grupos); índices de diversidade, que combinam os dados de riqueza com a abundância relativa através de cálculos estatísticos (ex: índices de Shannon-Wiener); índices bióticos, que se utilizam de valores de tolerância pré-

estabelecidos para os táxons (famílias, gêneros, espécies) coletados e identificados, sendo o BMWP o mais utilizado; e medidas tróficas – porcentagem de indivíduos de diferentes categorias funcionais de alimentação (fragmentadores, coletores, filtradores, predadores) (RESH & JACKSON, 1993).

Desse modo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade da água do rio Uberabinha – MG, utilizando métricas das comunidades de macroinvertebrados bentônicos e suas respostas a perturbações ambientais causadas por impactos antrópicos. Especificamente, com relação às métricas, índices de macroinvertebrados bentônicos e períodos de coleta, buscou-se neste trabalho, testar as seguintes hipóteses: i) métricas: a) a abundância de macroinvertebrados bentônicos será menor em ambientes aquáticos que sofrem menos impactos antropogênicos em relação aos impactados; b) a riqueza taxonômica será maior em ambientes ambientalmente mais íntegros em relação aos mais impactados; c) a porcentagem de Chironomidae e de Oligochaeta será maior nos ambientes mais impactados em relação aos mais íntegros; d) a porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Pecopectera e Trichoptera) será maior em ambientes mais íntegros em relação aos mais impactados; ii) índices: a) a diversidade e equidade serão mais elevados em ambientes mais íntegros; b) o índice BMWP apresentará maiores valores em ambientes mais íntegros; iii) períodos: a) no final da estação de estiagem, as métricas e índices apresentarão valores maiores; b) no início da estação de estiagem, as métricas e índices apresentarão valores menores.

## **6.3 Material e Métodos**

### **Área de Estudo**

A bacia do rio Uberabinha está inserida numa região de clima tropical e, segundo a classificação climática de Köppen é tipo Aw, megatérmico, com chuvas no verão e seca de inverno (EMBRAPA, 1982). Ela integra a bacia do rio Paraná, representada pelas litologias de idade Mesozóica: arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e rochas do Grupo Bauru (NISHIYAMA, 1989). Localiza-se na zona geográfica do Triângulo Mineiro, abrangendo parte dos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara, drenando uma área aproximada de 2.188,3 km<sup>2</sup> e ocupando 37% da área do município de Uberlândia (FELTRAN FILHO & LIMA, 2007).

Nessa bacia, se concentram indústrias de óleos vegetais, frigoríficos, laticínios, usinas de álcool em expansão, além de ser o local de lançamento de efluentes produzidos na área urbana. Em contrapartida, é essa mesma bacia que é responsável pelo abastecimento de água potável para a cidade de Uberlândia (FELTRAN FILHO & LIMA, 2007).

Foram selecionados para amostragem 12 pontos distribuídos ao longo do Rio Uberabinha, sendo os pontos M1, M2, M3, M4 e M5, localizados à montante de Uberlândia (sentido Uberaba), os pontos U1, U2, U3, U4 e U5 localizados na área urbana de Uberlândia, e os pontos J1 e J2 à jusante de Uberlândia (sentido Tupaciguara). Essa malha amostral permitiu avaliar não apenas a situação ambiental geral do rio, bem como trechos avaliados separadamente, apresentando possíveis variações de qualidade ambiental, localizados em áreas com diferentes usos do solo e alteração antrópica.

### **Amostragem de Macroinvertebrados Bentônicos**

Foram realizadas duas campanhas de coleta de sedimento na estação de estiagem para a amostragem dos macroinvertebrados bentônicos, sendo uma em agosto e setembro/2010, representando o final da estação seca de 2010, período em que a pluviometria foi baixa e as temperaturas foram altas, e outra em maio e junho/2011, representando o início da seca de 2011, onde ocorreram temperaturas mais amenas e pluviosidade baixa (Figura 1). Os dados pluviométricos e de temperatura do ar referentes aos períodos de coleta foram obtidos junto ao Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia – UFU.

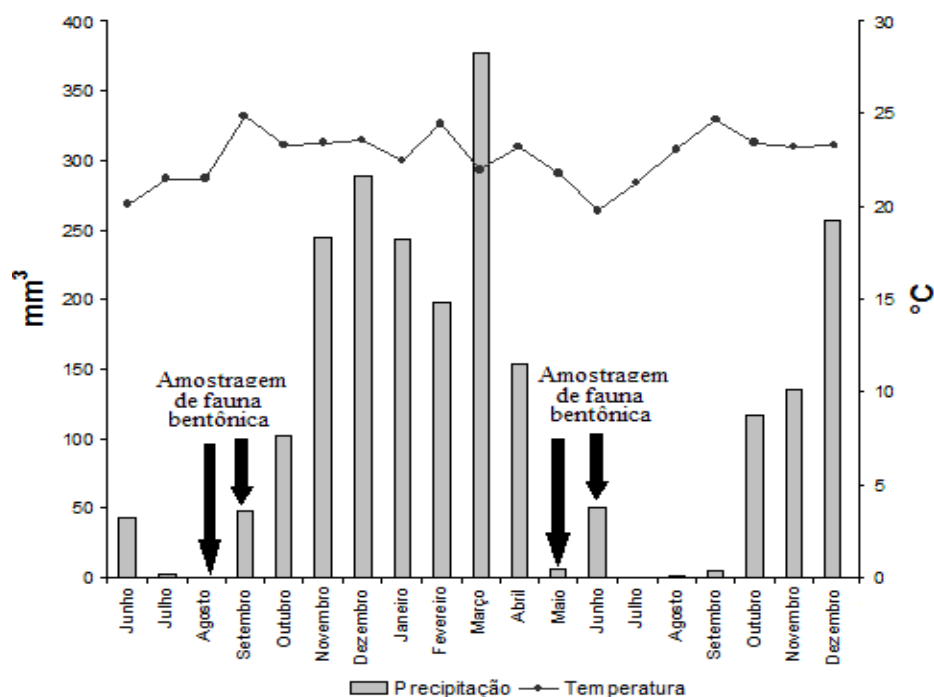


Figura 1 – Médias mensais da precipitação pluviométrica e temperatura do ar em Uberlândia – MG, no período do junho/2010 a dezembro/2011 (Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – Instituto de Geografia – UFU), com amostragem de fauna bentônica em dois períodos da estação de estiagem.

Considerando o fato de que no início da estação seca o ambiente sofre um efeito acumulativo das chuvas dos meses anteriores, desestabilizando-o em virtude do aumento do número de partículas em suspensão, com consequente aumento na proporção das frações maiores de areia que ocorrem com as precipitações frequentes dos meses anteriores (RIBEIRO & UIEDA, 2005), espera-se haver diferenças na estruturação das comunidades de macroinvertebrados bentônicos entre os períodos da estação de estiagem, uma vez que no início dessa estação há um menor volume de água e maior estabilidade física do ambiente (KIKUCHI & UIEDA, 1998).

Em cada um dos 12 pontos amostrais, foram coletadas três amostras do substrato presente no fundo do rio, distando cerca de 10 m entre cada uma. Em cada subamostra, o substrato do local foi revolvido por três vezes, durante o período de um minuto cada vez. Assim, cada amostra foi representada por três subamostras, que por sua vez corresponderam à soma do material revolvido em cada subamostra, obtendo-se então 36 amostras por campanha de coleta. O coletor utilizado foi do tipo Surber, com área de 900 cm<sup>2</sup> e malha de 0,250 mm.

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas, fixadas em formaldeído a 10% e transportadas para o Laboratório de Ecologia de Ecossistemas Aquáticos (LAQUA) do Instituto de Biologia – UFU.

### **Triagem e identificação de macroinvertebrados bentônicos**

O material coletado e armazenado em cada saco plástico foi colocado em um sistema de três peneiras metálicas acopladas (1,00; 0,50; 0,25 mm). Utilizando-se água corrente, o material retido nas peneiras foi cuidadosamente lavado, com a finalidade de descartar as impurezas e material mais fino que os organismos, de modo a otimizar a triagem. Com o auxílio de esteriomicroscópio, esse material foi então totalmente triado em placas de Petri. Os macroinvertebrados bentônicos coletados foram acondicionados em frascos de vidro e fixados com álcool 70% para preservação.

Os macroinvertebrados bentônicos foram então identificados até o nível de família - exceto os moluscos (Classe), anelídeos (Subclasse), e nematóides (Filo) – utilizando-se chaves de identificação específicas (MERRIT & CUMMINS, 1984; MUGNAI *et al.*, 2010).

### **Cálculo e comparação de métricas das comunidades de macroinvertebrados**

Para cada ponto de amostragem foi calculado o índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), aplicado segundo Alba-Tercedor (1996) e Junqueira; Campos (1998). Também foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), de equidade de Pielou ( $J'$ ) (KREBS, 1989), abundância total de indivíduos, riqueza de *taxa*, e as porcentagens de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), Chironomidae e Oligochaeta.

Para comparar as métricas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos (abundância, riqueza, BMWP, Equidade ( $J'$ ), Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e porcentagens de Chironomidae, EPT e Oligochaeta), simultaneamente entre os locais de coleta do rio Uberabinha (montante, área urbana e jusante de Uberlândia) e os períodos de amostragem, foi realizada uma Análise de Variância de Dois Fatores (*Two Way ANOVA*).

Para avaliar a relação entre as métricas bióticas utilizadas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA), na qual os pontos de coleta foram ordenados em relação aos vetores das métricas bióticas. Para tal análise, os valores das métricas foram padronizados, ou seja, foram realizadas conversões de todas as variáveis em uma



escala similar, de modo a reduzir a discrepância entre elas, uma vez que se trata de variáveis com diferentes unidades, e foi seguindo o critério da matriz de correlação (QUINN & KEOUGH, 2001; SHEPHERD, 2004).

## 6.4 Resultados

Foram encontrados, no total, 180.021 indivíduos, sendo as maiores abundâncias encontradas nos pontos J2, com 75.514 indivíduos (41,95%), U5, com 55.698 indivíduos (30,94%) e J1, com 20.129 indivíduos (11,18%). Já as menores abundâncias foram registradas nos pontos U3 e U4, com 238 (0,13%) e 565 (0,31%) indivíduos, respectivamente, e foram encontrados mais indivíduos no final da estação seca, com 111.914 (62,16%), em relação ao início da estação seca, com 68.107 (37,83%) (Figura 2a).

Com relação à riqueza taxonômica (Figura 2b), foram encontradas 39 famílias de Insecta, além de representantes de Mollusca, Anellida e Nematoda, sendo os valores mais altos relatados nos pontos M3 e M5 no final da estação seca, e mais baixos nos pontos U1 e U3 no início da estação seca.

A família Chironomidae representou 59,12% da abundância total de macroinvertebrados amostrados no rio Uberabinha, sendo que sua porcentagem (Figura 2c) se manteve relativamente elevada em todos os pontos, principalmente no ponto U2, em ambos os períodos da estação seca, no ponto J2, no final da estação seca e em J1, no início da seca, e as menores porcentagens foram encontradas nos pontos U4 e J1 no final da estação seca, e em M2, no início da seca. Já a porcentagem de Oligochaeta (Figura 2d) manteve valores menos expressivos, principalmente nos pontos M1 no final da estação seca, e U3, no início da estação seca, que apresentaram ausência dessa métrica. No entanto, valores significativamente altos foram encontrados para o ponto J1, no final da estação seca, e J2, no início da estação seca.

Os pontos M3 a M5 tiveram uma maior representatividade de EPTs em ambos os períodos de coleta (Figura 2e), porém nos pontos U1 e U3 no início da estação seca, e nos pontos U5, J1 e J2 não foram encontrados representantes desses grupos, em nenhum período da estação seca.

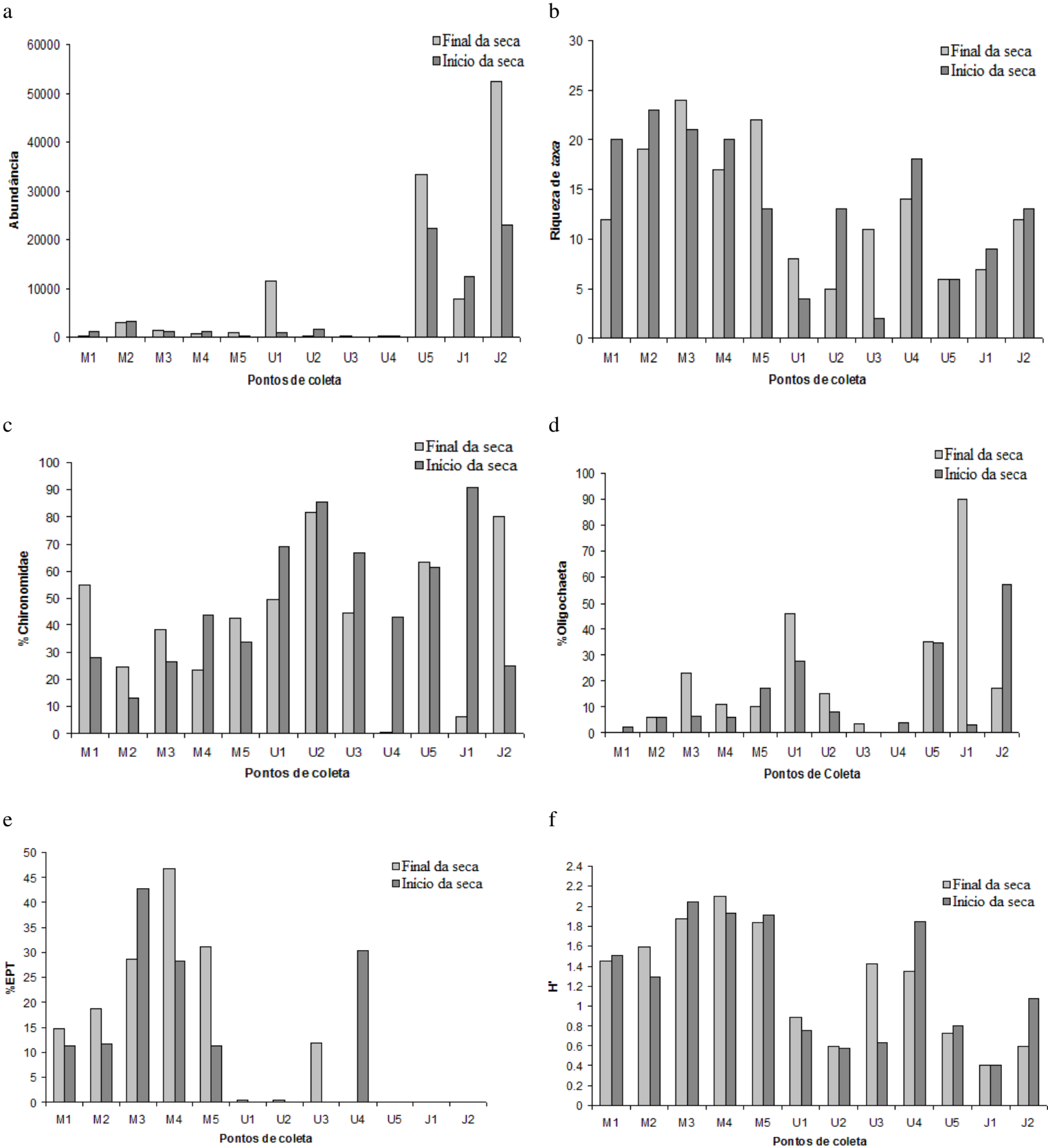
A Figura 2f mostra os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), onde, como se pode observar, se mantiveram maiores nos pontos à montante e menores nos pontos U2 e J1, em ambos os períodos de coleta, em função da riqueza de *taxa*.

A equidade ( $J'$ ) manteve distribuições pouco variáveis entre os pontos de coleta, porém os pontos à montante e os pontos U3 e U4 apresentaram valores mais altos em relação aos demais (Figura 2g), e os pontos U2 no início da estação seca, e J1, em ambos os períodos da seca, se mantiveram mais baixos.

Com relação ao BMWP (Figura 3), as águas dos pontos à montante apresentaram qualidade ótima a satisfatória, as da área urbana de Uberlândia se mantiveram na faixa de qualidade satisfatória a péssima, exceto pelo ponto U4 no início da estação seca, que apresentou qualidade ótima, e à jusante, a qualidade relatada foi satisfatória e ruim.

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas apenas entre locais de coleta em relação às métricas abundância, riqueza, % de EPT, diversidade ( $H'$ ), equidade ( $J'$ ) e BMWP (Tabela 1). A abundância foi maior no ponto U5 e nos pontos a jusante, a riqueza e o BMWP foram maiores nos pontos a montante, a % de EPT e a diversidade ( $H'$ ) foram maiores nos pontos M3 a M5, e a equidade foi maior nos pontos a montante e em U3.

Somente para % de Chironomidae e % de Oligochaeta não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em relação aos locais de coleta, e o fator período de coleta não foi determinante para a variação de nenhuma métrica.



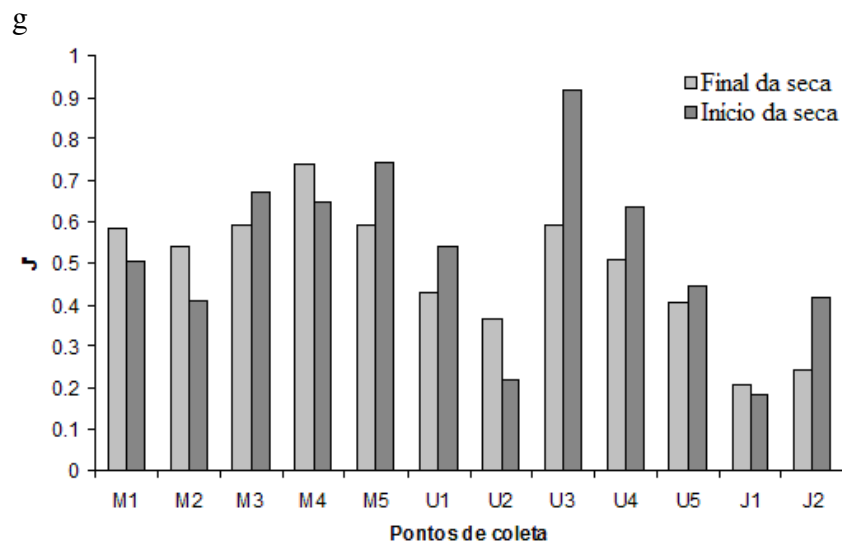


Figura 2 (a-g) – Valores de Abundância (a), Riqueza (b), porcentagens de Chironomidae (c) Oligochaeta (d) e EPT (e), Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (f) e Equidade (g) no rio Uberabinha – MG, 2012, nos pontos M1, M2, M3, M4, M5, U1, U2, U3, U4, U5, J1 e J2. □ Final da estação seca; ■ Início da estação seca.

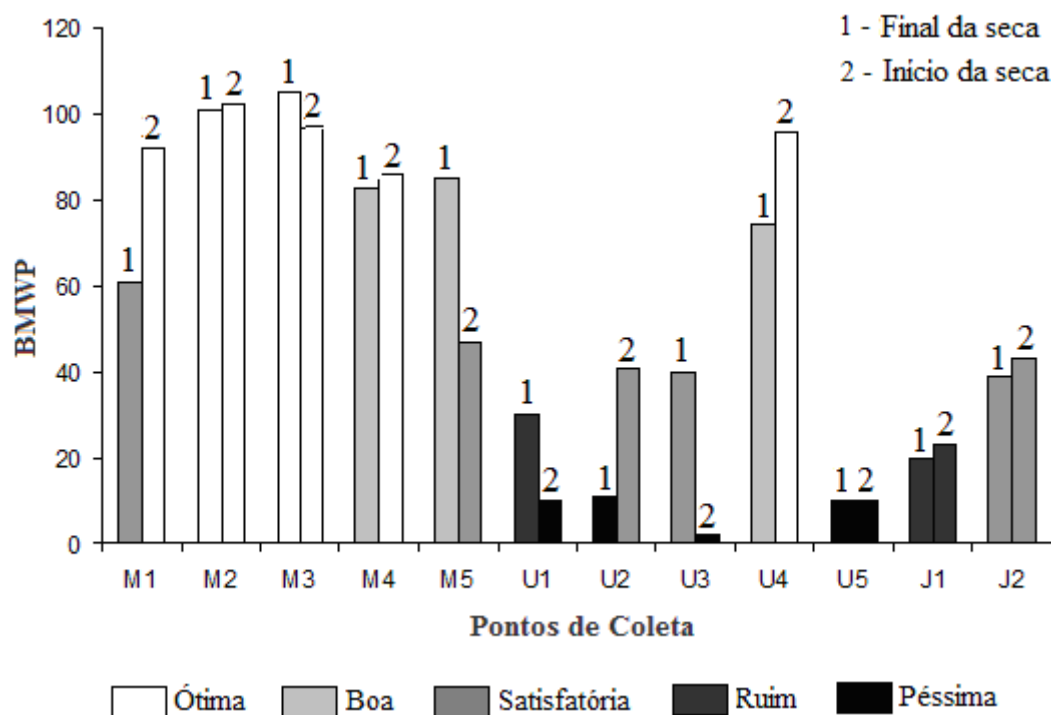


Figura 3 - Valores do índice BMWP nos pontos M1, M2, M3, M4, M5, U1, U2, U3, U4, U5, J1 e J2 do rio Uberabinha – MG, 2012. 1 – Final da estação seca; 2 – Início da estação seca. Qualidade da água baseada em Junqueira; Campos (1998).

Tabela 1 – Resultados da Análise de Variância de Dois Fatores (*two way* ANOVA) para comparações de métricas de macroinvertebrados bentônicos entre locais de coleta (montante, área urbana e jusante) do rio Uberabinha – MG, 2012, nos períodos de amostragem da estação seca (final e início).

<b>Métrica</b>	<b>Fator</b>	<b>gl</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
<b>Abundância</b>	Local	2	3,635	0,047
	Período	1	0,134	0,718
<b>Riqueza</b>	Local	2	13,217	< 0,001
	Período	1	0,091	0,767
<b>% Chironomidae</b>	Local	2	2,436	0,116
	Período	1	0,535	0,474
<b>% Oligochaeta</b>	Local	2	2,467	0,113
	Período	1	0,834	0,373
<b>% EPT</b>	Local	2	18,384	< 0,001
	Período	1	0,029	0,867
<b>H'</b>	Local	2	17,575	< 0,001
	Período	1	0,070	0,794
<b>J'</b>	Local	2	7,156	0,005
	Período	1	0,582	0,455
<b>BMWP</b>	Local	2	12,35	< 0,001
	Período	1	0,582	0,455

A análise de componentes principais (PCA) explicou 55,75% e 17,8% da variação dos dados, nos eixos 1 e 2, respectivamente (Figura 4). O primeiro eixo foi composto principalmente por índice de diversidade H', porcentagem de EPT, BMWP, riqueza e abundância, e o segundo eixo por abundância e riqueza (Tabela 2).

Na análise de componentes principais, os pontos à montante se mantiveram agrupados no lado direito do gráfico, separados da maioria dos pontos na área urbana e à jusante, principalmente em virtude dos maiores valores das métricas diversidade H', porcentagem de EPT, BMWP e riqueza, e de menores valores das métricas que apontaram para a esquerda. Já os pontos na área urbana e à jusante se agruparam do lado esquerdo do gráfico, em função de maiores valores das métricas abundância, porcentagem de Oligochaeta e porcentagem de Chironomidae e de menores valores das métricas que apontaram para a direita, com exceção do ponto U3, no início da estação seca, que não demonstrou nenhum padrão de agrupamento visível.

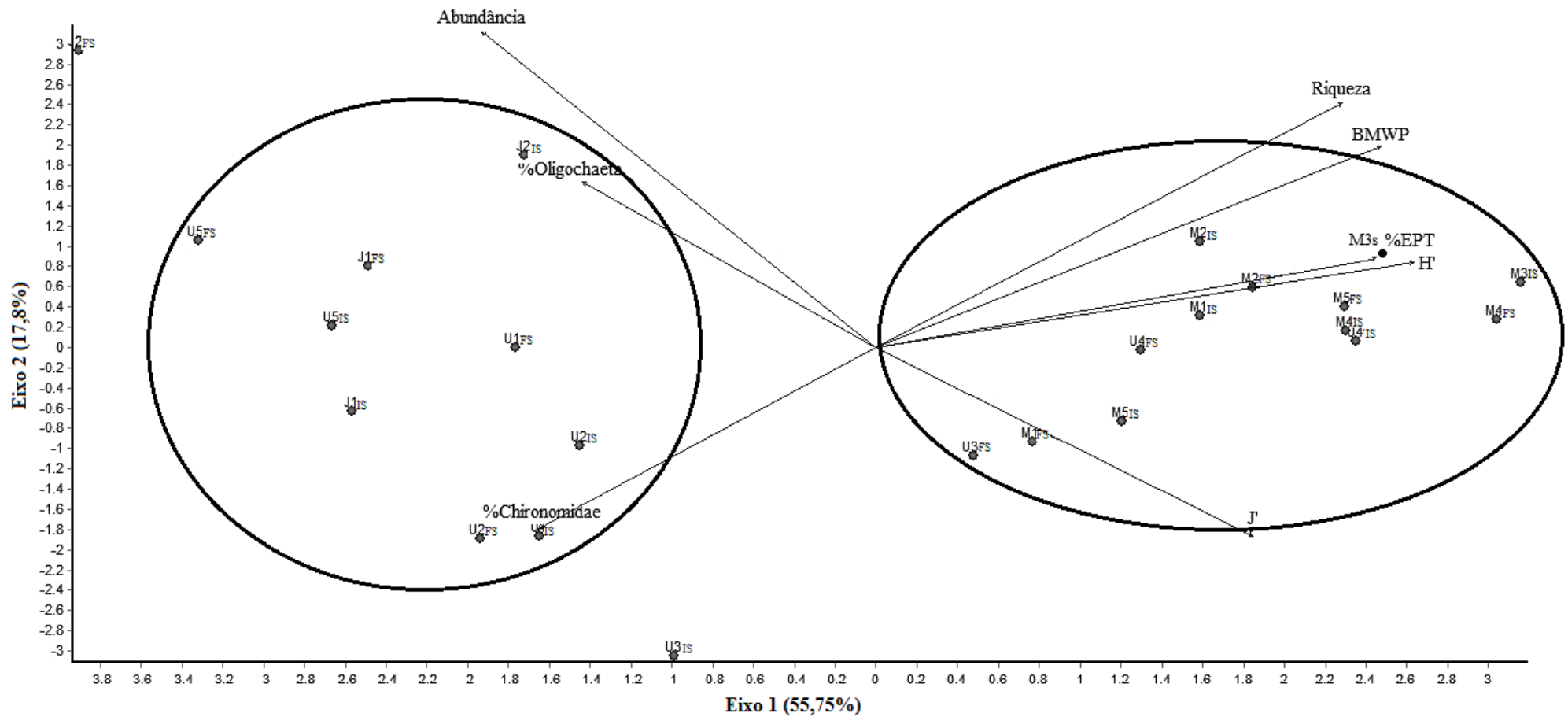


Figura 4 - Diagrama de Ordenação dos pontos de coleta através da Análise de Componentes Principais (PCA), considerando as métricas dos macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha – MG, 2012. M – montante (1, 2, 3, 4 e 5); U – área urbana de Uberlândia (1, 2, 3, 4 e 5); J – jusante (1 e 2); FS - final da estação seca; IS – início da estação seca.

Tabela 2 – Correlação dos eixos da Análise de Componentes Principais (PCA) e as métricas dos macroinvertebrados bentônicos nos pontos do rio Uberabinha – MG, 2012.

<b>Variáveis</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
<b>Abundância</b>	-0,305124	0,492527
<b>Riqueza</b>	0,359639	0,381068
<b>%Chironomidae</b>	-0,261315	-0,283144
<b>%Oligochaeta</b>	-0,226650	0,258536
<b>%EPT</b>	0,393707	0,140723
<b>H'</b>	0,415587	0,133703
<b>J'</b>	0,291217	-0,293539
<b>BMWP</b>	0,390226	0,314276



## 6.5 Discussão

Nos pontos do rio Uberabinha mais impactados por despejos de origem orgânica (U5 e pontos à jusante de Uberlândia), os valores de abundância se mantiveram mais altos, corroborando a hipótese acerca dessa métrica, pois, segundo Silveira (2004), em ambientes mais impactados há maior quantidade de organismos das categorias tróficas de coletores e filtradores, em virtude de um maior aporte de matéria orgânica em suspensão, provocados por despejos de efluentes domésticos, industriais, processos erosivos das margens e deposição de resíduos sólidos. Os principais representantes de macroinvertebrados bentônicos dessas categorias tróficas são Chironomidae e Oligochaeta. Nesses pontos mais impactados, foi constatada uma maior % de Chironomidae, o que também foi relatado por Buss e colaboradores (2002), onde, em condições de poluição orgânica elevada, a porcentagem de Chironomidae foi mais alta em relação aos demais locais amostrados, devido à sua rápida colonização e alta tolerância a ambientes impactados por ações antropogênicas.

No entanto, apesar de haver nos pontos impactados uma maior % de Chironomidae, também houve uma dominância desse grupo em relação à abundância total de indivíduos nos pontos de coleta, e, portanto, a diferença entre locais de coleta não foi estatisticamente significativa, não corroborando a hipótese referente a essa métrica.

Segundo Johnson *et al.* (1993), a composição de espécies, dominância de espécies tolerantes à poluição e estruturação da comunidade muda em situações de deterioração da qualidade da água por meio de impactos ambientais. Sendo assim, a composição de Chironomidae variou entre os locais, sendo que em ambientes mais impactados, seus representantes provavelmente se restringiram a poucos gêneros de indivíduos mais tolerantes, pois esses organismos possuem vários mecanismos adaptativos de natureza fisiológica, morfológica ou comportamental, o que permite sua sobrevivência, em curtos períodos de tempo, até em ambientes com condições anóxicas (STRIXINO & TRIVINHO-STRIXINO, 1998; DAVANSO, 2007).

Os pontos de coleta U1 e U5 e os pontos localizados à jusante de Uberlândia apresentaram os valores mais altos na % de Oligochaeta, pois esses indivíduos se adaptam bem a esse tipo de ambientes, já que, assim como os Chironomidae, conseguem tolerar condições de hipóxia vivendo na interface água-sedimento e, sendo detritívoros, consomem a matéria orgânica depositada no sedimento (MORENO & CALLISTO, 2006), remetendo à má qualidade da água nesses ambientes. Porém, assim como ocorreu

com % de Chironomidae, essa diferença na % de Oligochaeta não foi estatisticamente significativa, devido à dominância desses indivíduos em relação à abundância total dos pontos amostrados, que é inferior apenas à dominância do grupo Chironomidae, não corroborando a hipótese acerca da % de Oligochaeta.

Os pontos U5 e pontos à jusante de Uberlândia apresentaram valores baixos de riqueza taxonômica e, consequentemente, do índice BMWP, em ambos os períodos da estação seca, remetendo à dominância de poucos grupos (refletidos pela baixa riqueza taxonômica) tolerantes à poluição, já que os valores de BMWP foram tão baixos, evidenciando assim a má qualidade ambiental destes pontos. No caso do ponto U2, no final da estação seca, e dos pontos U3 e U1 no início da estação seca, os valores baixos de BMWP se devem a valores de abundância extremamente baixos relatadas nestes pontos.

Com relação ao ponto U3, no início do período de estiagem, que apresentou apenas três indivíduos, Moreno e Callisto (2006) afirmam que a eliminação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos demonstra que os impactos antrópicos causam uma maior influência na estrutura e composição da comunidade que a variação sazonal, e com a pluviosidade, há uma ação concomitante de impactos antrópicos e sazonalidade. Esse ponto de coleta é caracterizado por sua vegetação marginal altamente modificada, o que facilita os processos erosivos, aumentando assim a quantidade de sedimento e, consequentemente, diminuindo massivamente a quantidade de indivíduos bentônicos. Nesse ponto, como consequência da baixíssima abundância relatada, o valor de equidade ( $J'$ ) no início da estação de estiagem se apresentou mais alto em relação aos demais pontos amostrados.

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre locais de coleta para as métricas riqueza taxonômica, % de EPT, índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), equidade ( $J'$ ) e índice BMWP devido a diferenças na qualidade ambiental entre os pontos amostrados. Os pontos à montante apresentaram valores mais altos dessas métricas em relação aos demais pontos de coleta em função da melhor qualidade ambiental nesses locais, devido à distância dos mesmos de fontes potenciais de contaminação de origem orgânica, corroborando a hipótese de que os valores dessas métricas aumentarão conforme aumenta a integridade ambiental.

Nesses pontos, os valores altos de riqueza taxonômica relatados resultaram em altos valores no índice BMWP, devido à presença de táxons intolerantes a poluição orgânica e a baixos níveis de oxigênio dissolvido, como algumas famílias de

Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, que receberam “escores” mais altos nesse índice.

Na maioria dos pontos do rio Uberabinha da área urbana e à jusante de Uberlândia, a % de EPT constatada foi mais baixa em relação aos pontos à montante, pois, dentre os insetos aquáticos, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) são os mais sensíveis a perturbações ambientais e normalmente habitam ambientes aquáticos limpos e bem oxigenados, e devido a essas características, são considerados bons indicadores de qualidade da água, não sendo frequentes em ambientes impactados (GILLER & MALMQVIST, 2005; RIGHI-CAVALLARO *et al.*, 2010). Nos pontos amostrados influenciados por estressores ambientais, a maioria dos representantes de EPT pertencia à família Hydropsychidae, o que condiz com o fato desta família ser considerada pouco sensível à poluição (BUSS *et al.*, 2002).

Os pontos do rio Uberabinha que apresentaram menores índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) foram os mais impactados, indicando a influência de alterações da vegetação marginal e de contaminação de origem orgânica por despejos de efluentes domésticos e resíduos sólidos mal gerenciados. Com relação aos pontos à montante, os valores desse índice foram maiores devido à vegetação de margem bem preservada nesses locais, com aumentando da quantidade de microhabitats decorrentes de características geomorfológicas do local, podendo assim se estruturar vários nichos em uma pequena área, o que também levou a valores mais altos de equidade ( $J'$ ).

Com relação aos períodos de coleta na estação de estiagem, apesar de algumas métricas apresentarem certa diferença com relação ao início ou final da estação seca, esta diferença não foi estatisticamente significativa para nenhuma dessas métricas, não corroborando a hipótese acerca dos períodos de coleta. Tal fator não era esperado, uma vez que esperava-se que as chuvas ocorridas nos meses anteriores influenciassem na estruturação das comunidades de macroinvertebrados no início da estação de estiagem, sendo que o final da seca apresentaria maiores valores das métricas, devido à uma maior estabilidade do sistema, e o início da estação seca, os valores esperados seriam menores.

A Análise de Componentes Principais evidenciou que os vetores que determinaram a separação da maioria dos pontos de coleta localizados à montante de Uberlândia, considerados locais preservados, dos demais pontos, foram o índice de diversidade  $H'$ , a % de EPT e o índice BMWP, seguidos da riqueza taxonômica. Assim, é razoável considerar que essas métricas indicam uma informação fiel à qualidade ambiental dos pontos de coleta do rio Uberabinha. Semenchenko e Moroz (2005)

afirmaram, ao comparar a sensibilidade de vários índices bióticos, que um dos índices mais sensíveis em relação à variação da qualidade das águas foi o EPT.

As demais métricas apresentaram limitações, devido ao fato de que Chironomidae, frequentemente, é dominante nos ambientes aquáticos (DAVANSO, 2007), e, portanto, para uma avaliação da qualidade ambiental baseada somente nessa métrica, seria necessária uma identificação ao nível de gênero (GUIMARÃES *et al.*, 2009). Já os Oligochaeta, apesar de terem sido bastante abundantes em dois dos três pontos impactados (principalmente no ponto J1, no final da estação seca), não foram igualmente abundantes em ambos os períodos da estação seca.

## 6.6 Conclusão

Pode-se concluir que o índice de diversidade  $H'$ , a % de EPT e o índice BMWP, seguidos da riqueza taxonômica, foram as métricas que refletiram mais fielmente a qualidade ambiental do rio Uberabinha, remetendo à boa qualidade dos pontos localizados à montante de Uberlândia, por estarem distantes da área urbana e de fontes de poluição, corroborando assim a hipótese de que os valores dessas métricas aumentariam em função da qualidade do ambiente.

Em piores condições, encontra-se o ponto U5, na área urbana, e os pontos à jusante de Uberlândia, que sofrem influência de impactos ambientais de origem antrópica, destacando-se a deterioração do ponto U5, cuja composição faunística apresentou-se isenta de representantes de EPT e com a riqueza mais baixa relatada, e do ponto J1, que apresentou valores muito baixos de diversidade. No entanto, as % de Chironomidae e Oligochaeta não refletiram as condições ambientais desses locais, visto que são grupos de dominância na abundância total dos pontos amostrados, não corroborando a hipótese acerca dessas métricas.

Desse modo, são urgentes medidas de manejo dos pontos impactados, priorizando-se investimentos na progressiva redução do aporte de efluentes no rio Uberabinha, assim como em estratégias educativas que sensibilizem a comunidade para a problemática da degradação dos sistemas aquáticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA-TECEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: SIMPOSIO DEL AGUA EN ANDALUCIA (SIAGA), Almería. **Anais...** Almería: [s.n.], p. 203-213. 1996.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; GRIFFITH, G. E.; FRYDENBORG, R.; MCCARRON, E.; WHITE, J. S.; BASTIAN, M. L. A framework for biological criteria for Florida stream using macroinvertebrates. **Journal of the North American Benthological Society**. 15:85-211. Lawrence, Kansas, 1996

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; SILVEIRA, M. P.; NESSIMIAN, J. L.; DORVILLÉ, L. F. M. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologia**. 481:125-136, Holanda, 2002.

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. **Caderno de Saúde Pública**, 19(2):465-473, Rio de Janeiro, 2003.

CAIRNS, JR., J.; PRATT, J; R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. London: Chapman & Hall, p. 10-27, 1993.

CASTRO, A. L.; SILVA, J. de L. **Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil: Isopoda**. 20p. Brasília: CNPq, 1985.

COSTA, J. M.; SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. Chave para as famílias e gêneros das larvas de Odonata citadas para o Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos. **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 99, p. 1-43, 2004.

COUCEIRO, S. R. M.; HAMADA, N.; LUZ, S. L.; BRUCE, B.; FORSBERG, R.; PIMENTEL, T. P. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. **Hydrobiologia**, 575:271-284. 2007

DAVANSO, R. C. S.; HENRY, R. Composition and abundance of Chironomidae and Ephemeroptera in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (State of São Paulo). **Acta Limnologica Brasiliensia**. 19(2):131-142, 2007.

DE ZWART, D. Monitoring water quality in the future, **Biomonitoring**. Vol. 3, 81p. Holanda, 1995

EMBRAPA. Serviço nacional de levantamento e conservação dos solos-EPAMIG (Belo Horizonte, MG). Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro. **Boletim de pesquisa**. 1:34-43. Rio de Janeiro, 1982.

FELTRAN FILHO, A.; LIMA, E. F. de. Considerações morfométricas da bacia do Rio Uberabinha – Minas Gerais. **Sociedade & Natureza**. 19(1):65-80, Uberlândia, 2007.

GILLER, P. S.; B. MALMQVIST. The Biology of Streams and Rivers. **Oxford University Press**, 304p. New York, 2005.

GUIMARÃES, R. M., FACURE, K. G., PAVANIN, L. A., JACOBUCCI, G. B. Water quality characterization of urban streams using benthic macroinvertebrate community metrics. **Acta Limnologica Brasiliensia**. 21(2):217-226, 2009.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. **New York: Chapman Hall**. p. 40-158. 1993.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S. C. M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**. 10(2):125-135, São Carlos, 1998.

JUNQUEIRA, M. V., AMARANTE, M. C., DIAS, C. F. S., FRANÇA, E. S. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnologica Brasiliensia**. 12:73-87, 2000.

KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V. S.. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, E. (Ed.), **Series Oecologia Brasiliensis**, 5:157-173. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

KREBS, C. J. Ecological Methodology. **New York: Harper Collins**. 652p. 1989.

MANDAVILLE, S. M., Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. **Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax**. Projeto H-1, 48p. 2002.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendal/Hunt Publishes. 722 p. Dubuque, Iowa, 1984.

METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, 60:101-139, 1989.

MORENO, P.; CALLISTO, M. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. **Hydrobiologia**. 560:311–321. 2006.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. **Technical Books**, 176 p. Rio de Janeiro, 2010.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Sociedade & Natureza**. 1(1):9-16, Uberlândia, 1989.

OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C.; SÁ, N. C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 14(4):867-876, Curitiba, 1997.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. S. G. M; TRIVINHO-STRIXINO, S. Organismos bentônicos: Biomonitoramento de qualidade de águas. **Embrapa Meio Ambiente**, 92 p. Jaguariúna – SP, 2008.

QUINN, G. P.; KEOUGH, M. J. Experimental Design and Data Analysis for Biologists. **Cambridge University Press**. 615 p. 2001.

RAMAKRISHNAN, N. Bio-Monitoring Approaches for Water Quality Assessment in two Waterbodies at Tiruvannamalai, Tamil Nadu India. In: BUNCH, M. J., SURESH, V. M.; KUMARAN, T. V. (Eds.). **Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health, Chennai, India**, p.15-17. Chennai: Department of Geography, University of Madras and Faculty of Environmental Studies, York University, p. 374 – 385, 2003.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall. p.195-233, 1993.

RIBEIRO, L. O.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**. 22(3): 613-618, Curitiba, 2005.

RIGHI, G. Anelídeos Oligoquetos. In: ISMAEL, D.; VALENTI, W. C.; MATSUMURA-TUDISI, T.; ROCHA, O. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Invertebrados de água doce**. São Paulo: FAPESP, p. 81-84. 2002.



RIGHI-CAVALLARO, K. O., SPIES, M. R.; SIEGLOCH, A. E. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in Miranda River basin, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota Neotropical**. 10(2):253-260. 2010.

ROSENBERG, D. M. & RESH, V. H. (Ed.). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. **New York: Chapman & Hall**. 1993.

SEMENCHENKO, V. P.; MOROZ, M. D. Comparative Analysis of Biotic Indices in the Monitoring System of Running Water in a Biospheric Reserve. **Water Resources**. 32(2): 200–203, New York, 2005.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC-SHELL 1.5: Manual do usuário**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. **Documento**. n°. 36. 68p. Embrapa, São Paulo, 2004.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Povoamentos de Chironomidae (Díptera) em lagos artificiais. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, E. (Eds.) Ecologia de Insetos Aquáticos. **Series Oecologia Brasiliensis**. 5:141-154. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Avaliação da Qualidade da Água – Base Tecnológica para a Gestão Ambiental. 1. ed. **Sociedade Mineira de Engenheiros Agrônomos**, Belo Horizonte – MG, 2009, 322p.

WASHINGTON, H. G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research**, 18:653-694, 1984.

WIGGINS, G. B. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)**. 2. ed. Toronto:University of Toronto, 401 p., 1977.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados deste estudo permitem afirmar que a qualidade da água do rio Uberabinha é alarmante, excetuando-se alguns pontos à montante de Uberlândia, que por se localizarem longe da área urbana e de fontes potenciais de contaminação, apresentam boa qualidade ambiental, com valores adequados das variáveis físico-químicas, enquadramento satisfatório nas classes de qualidade da resolução CONAMA 357 e fauna bentônica diversificada, com representantes de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. Já os pontos amostrados localizados à jusante de Uberlândia, juntamente com o ponto U5 da área urbana (Fazenda Capim Branco), foram caracterizados por águas de má qualidade, nos quais foram verificados valores muito altos de DBO, DQO, nutrientes, sólidos e coliformes termotolerantes. Esse perfil se repete na fauna, sendo que nestes pontos, predominaram os grupos considerados mais tolerantes, principalmente em U5.

Das métricas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, as que melhor refletiram a qualidade ambiental dos pontos amostrados no rio foram a % de EPT e o índice de diversidade  $H'$ , seguidos da riqueza taxonômica, sugerindo assim que, em estudos futuros com enfoque na qualidade ambiental, essas métricas sejam utilizadas. Já a utilização da % de Chironomidae não foi uma boa medida para avaliação da qualidade, já que foram encontrados em grande quantidade em quase todos os pontos amostrados. Assim, uma identificação ao nível de gênero para essa família seria mais adequada, trazendo informações importantes que não são acessadas na identificação ao nível de família, que inclui gêneros com diferentes níveis de tolerância à poluição.

Em relação ao efeito temporal para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, considerando o período de coleta no final e início da estação de estiagem, esse não foi um fator relevante, sendo que nenhuma das métricas avaliadas diferiu entre esses períodos de coleta, apesar de se esperar que no início da estação seca, o ambiente aquático estaria com a estabilidade comprometida devido às chuvas ocorridas nos meses anteriores.

São urgentes medidas de manejo dos pontos impactados por esgotos domésticos e resíduos sólidos (U5 e pontos à jusante), priorizando-se investimentos na progressiva desses poluentes no rio Uberabinha, assim como e em estratégias educativas que sensibilizem a comunidade para a problemática da degradação desses sistemas aquáticos.

## APÊNDICES

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE**

**CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**

**RESOLUÇÃO Nº. 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**

### **Seção II**

#### **Das Águas Doces**

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O<sub>2</sub>;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O<sub>2</sub>;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L; e
- m) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA I – CLASSE 1 – ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Densidade de cianobactérias	20.000 cel/mL ou 2 mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,1 mg/L Al
Antimônio	0,005mg/L Sb
Arsênio total	0,01 mg/L As
Bário total	0,7 mg/L Ba
Berílio total	0,04 mg/L Be
Boro total	0,5 mg/L B
Cádmio total	0,001 mg/L Cd
Chumbo total	0,01mg/L Pb
Cianeto livre	0,005 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01 mg/L Cl
Cobalto total	0,05 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,009 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,1 mg/L Mn
Mercúrio total	0,0002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L, para pH > 8,5
Prata total	0,01 mg/L Ag
Selênio total	0,01 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L SO <sub>4</sub>
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	0,18 mg/L Zn

PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Acrilamida	0,5 µg/L
Alacloro	20 µg/L
Aldrin + Dieldrin	0,005 µg/L
Atrazina	2 µg/L
Benzeno	0,005 mg/L
Benzidina	0,001 µg/L
Benzo(a)antraceno	0,05 µg/L
Benzo(a)pireno	0,05 µg/L
Benzo(b)fluoranteno	0,05 µg/L
Benzo(k)fluoranteno	0,05 µg/L
Carbaril	0,02 µg/L
Clordano (cis + trans)	0,04 µg/L
2-Clorofenol	0,1 µg/L
Criseno	0,05 µg/L
2,4-D 4,0	µg/L
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	0,1 µg/L
Dibenzo(a,h)antraceno	0,05 µg/L
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	0,003 mg/L
2,4-Diclorofenol	0,3 µg/L
Diclorometano	0,02 mg/L
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	0,002 µg/L
Dodecacloro pentaciclodecano	0,001 µg/L
Endossulfan ( $\alpha$ + $\beta$ + sulfato)	0,056 µg/L
Endrin	0,004 µg/L
Estireno	0,02 mg/L
Etilbenzeno	90,0 µg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4- aminoantipirina)	0,003 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Glifosato	65 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,01 µg/L
Hexaclorobenzeno	0,0065 µg/L
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,05 µg/L
Lindano ( $\gamma$ -HCH)	0,02 µg/L
Malation	0,1 µg/L
Metolacloro	10 µg/L
Metoxicloro	0,03 µg/L
Paration	0,04 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Simazina	2,0 µg/L
Substâncias tensoativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloroeto de carbono	0,002 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L

Tolueno	2,0 µg/L
Toxafeno	0,01 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	0,063 µg/L TBT
Triclorobenzeno (1,2,3-TCB + 1,2,4-TCB)	0,02 mg/L
Tricloroeteno	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L
Trifluralina	0,2 µg/L
Xileno	300 µg/L

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O<sub>2</sub>;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm<sup>3</sup>/L; e,

IX - fósforo total:

a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e,

b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

Art. 16. As águas doces de classe 3 observarão as seguintes condições e padrões:

I - condições de qualidade de água:

a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;

- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm<sup>3</sup>/L;
- i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub>;
- j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O<sub>2</sub>;
- l) turbidez até 100 UNT;
- m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,
- n) pH: 6,0 a 9,0.

II - Padrões de qualidade de água:

<b>TABELA II – CLASSE 3 – ÁGUAS DOCES</b>	
<b>PADRÕES</b>	
<b>PARÂMETROS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Clorofila <i>a</i>	60 µg/L
Densidade de cianobactérias	100.000 cel/mL ou 10 mm <sup>3</sup> /L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
<b>PARÂMETROS INORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Alumínio dissolvido	0,2 mg/L Al
Arsênio total	0,033 mg/L As
Bário total	1,0 mg/L Ba
Berílio total	0,1 mg/L Be

Boro total	0,75 mg/L B
Cádmio total	0,01 mg/L Cd
Chumbo total	0,033 mg/L Pb
Cianeto livre	0,022 mg/L CN
Cloreto total	250 mg/L Cl
Cobalto total	0,2 mg/L Co
Cobre dissolvido	0,013 mg/L Cu
Cromo total	0,05 mg/L Cr
Ferro dissolvido	5,0 mg/L Fe
Fluoreto total	1,4 mg/L F
Fósforo total (ambiente lântico)	0,05 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,075 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,15 mg/L P
Lítio total	2,5 mg/L Li
Manganês total	0,5 mg/L Mn
Mercúrio total	0,002 mg/L Hg
Níquel total	0,025 mg/L Ni
Nitrato	10,0 mg/L
Nitrito	1,0 mg/L
Nitrogênio amoniacal total	13,3 mg/L, para $\text{pH} \leq 7,5$ 5,6 mg/L, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ 2,2 mg/L, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ 1,0 mg/L, para $\text{pH} > 8,5$
Prata total	0,05 mg/L Ag
Selênio total	0,05 mg/L Se
Sulfato total	250 mg/L $\text{SO}_4$
Sulfeto (como $\text{H}_2\text{S}$ não dissociado)	0,3 mg/L S
Urânio total	0,02 mg/L U
Vanádio total	0,1 mg/L V
Zinco total	5 mg/L Zn
<b>PARÂMETROS ORGÂNICOS</b>	<b>VALOR MÁXIMO</b>
Aldrin + Dieldrin	0,03 $\mu\text{g/L}$
Atrazina	2 $\mu\text{g/L}$
Benzeno	0,005 mg/L
Benzo(a)pireno	0,7 $\mu\text{g/L}$
Carbaril	70,0 $\mu\text{g/L}$
Clordano (cis + trans)	0,3 $\mu\text{g/L}$
2,4-D	30,0 $\mu\text{g/L}$
DDT (p,p'-DDT + p,p'-DDE + p,p'-DDD)	1,0 $\mu\text{g/L}$
Demeton (Demeton-O + Demeton-S)	14,0 $\mu\text{g/L}$
1,2-Dicloroetano	0,01 mg/L
1,1-Dicloroetano	30 $\mu\text{g/L}$
Dodecacloro Pentaciclodecano	0,001 $\mu\text{g/L}$
Endossulfan ( $\alpha + \beta$ + sulfato)	0,22 $\mu\text{g/L}$
Endrin	0,2 $\mu\text{g/L}$
Fenóis totais (substâncias que reagem com	0,01 mg/L $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$



4- aminoantipirina)	
Glifosato	280 µg/L
Gution	0,005 µg/L
Heptacloro epóxido + Heptacloro	0,03 µg/L
Lindano (γ-HCH)	2,0 µg/L
Malation	100,0 µg/L
Metoxicloro	20,0 µg/L
Paration	35,0 µg/L
PCBs - Bifenilas policloradas	0,001 µg/L
Pentaclorofenol	0,009 mg/L
Substâncias tenso-ativas que reagem com o azul de metileno	0,5 mg/L LAS
2,4,5-T	2,0 µg/L
Tetracloreto de carbono	0,003 mg/L
Tetracloroetano	0,01 mg/L
Toxafeno	0,21 µg/L
2,4,5-TP	10,0 µg/L
Tributilestanho	2,0 µg/L TBT
Tricloroetano	0,03 mg/L
2,4,6-Triclorofenol	0,01 mg/L

Art. 17. As águas doces de classe 4 observarão as seguintes condições e padrões:

I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;

II - odor e aspecto: não objetáveis;

III - óleos e graxas: toleram-se iridescências;

IV - substâncias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes;

V - fenóis totais (substâncias que reagem com 4 - aminoantipirina) até 1,0 mg/L de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH;

VI - OD, superior a 2,0 mg/L O<sub>2</sub> em qualquer amostra; e,

VII - pH: 6,0 a 9,0.

## COMPOSIÇÃO TAXONÔMICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS DO RIO UBERABINHA

Tabela 1 - Composição taxonômica e abundância de macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha, no final da estação seca (FS) e início da estação seca (IS), à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante de Uberlândia – MG, 2012.

Grupos Taxonômicos	Estação	Montante					Área Urbana					Jusante		Total
		M1	M2	M3	M4	M5	U1	U2	U3	U4	U5	J1	J2	
<b>Nematoda</b>	FS	-	-	2	-	1	-	-	-	2	2	-	-	7
	IS	-	4	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	9
<b>Mollusca</b>														
Bivalves	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IS	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	20
Gastropoda	FS	-	-	-	-	-	-	183	1	-	83	34	1028	1329
	IS	-	-	-	-	-	-	-	32	-	111	39	542	724
<b>Annelida</b>														
Oligochaeta	FS	-	179	306	80	104	62	5290	35	8	11734	6926	8997	33721
	IS	28	191	79	72	63	12	255	127	-	7861	399	13293	22380
Hirudinea	FS	-	-	-	-	8	-	261	6	-	337	222	231	1065
	IS	-	11	-	8	-	-	27	1	-	670	647	3418	4782

(Continua)

Tabela 1 - Composição taxonômica e abundância de macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha, no final da estação seca (FS) e início da estação seca (IS), à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante de Uberlândia – MG, 2012.

<b>Diptera</b>														
	FS	21	-	-	-	30	-	-	-	47	-	1	-	99
Ceratopogonidae	IS	11	9	-	107	32	3	-	7	-	-	-	-	169
Chironomidae	FS	146	756	506	172	439	142	5674	191	105	21068	494	42014	71707
	IS	353	426	328	520	125	135	644	1278	2	13793	11303	5764	34671
Culicidae	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IS	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Empididae	FS	-	5	-	-	-	1	-	-	1	-	-	14	21
	IS	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	31
Ephydriidae	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Psychodidae	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	IS	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Simuliidae	FS	17	1395	17	19	14	2	-	-	7	-	-	31	1502
	IS	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Euthyplociidae	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Hemiptera</b>														
	FS	5	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
Naucoridae	IS	2	2	11	3	1	-	-	-	-	-	-	-	19

(Continua)

Tabela 1 - Composição taxonômica e abundância de macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha, no final da estação seca (FS) e início da estação seca (IS), à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante de Uberlândia – MG, 2012.

	FS	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	18	20
Pleidae	IS	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	FS	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
Veliidae	IS	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4
	FS	-	4	-	11	-	1	1	-	-	-	-	-	17
Belostomatidae	IS	1	-	5	2	-	1	-	-	-	-	-	-	9
<b>Lepidoptera</b>														
	FS	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Pyralidae	IS	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	6
<b>Odonata Anisoptera</b>														
	FS	-	2	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-	6
Libellulidae	IS	-	3	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	8
	FS	-	-	4	22	-	1	-	-	-	-	-	-	27
Gomphidae	IS	-	1	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	27
	FS	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Cordulidae	IS	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<b>Odonata Zygoptera</b>														
	FS	-	1	1	20	-	-	-	-	-	-	-	-	22
Coenagrionidae	IS	1	-	-	3	-	-	-	1	-	-	-	-	5

(Continua)

Tabela 1 - Composição taxonômica e abundância de macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha, no final da estação seca (FS) e início da estação seca (IS), à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante de Uberlândia – MG, 2012.

Calopterygidae	FS	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	IS	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<b>Plecoptera</b>														
Perlidae	FS	1	8	-	6	8	2	-	-	-	-	-	-	25
	IS	-	12	8	3	-	3	-	-	-	-	-	-	26
<b>Trichoptera</b>														
Hydroptilidae	FS	-	58	100	3	-	1	-	-	4	-	-	4	170
	IS	3	8	14	-	-	4	-	1	-	-	-	-	30
Hydropsychidae	FS	1	10	27	15	5	-	-	1	-	-	-	3	62
	IS	17	28	43	117	3	16	-	-	-	-	22	4	250
Hydrobiosidae	FS	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calamoceratidae	FS	-	-	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	5
	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptoceridae	FS	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	IS	-	9	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12
Odontoceridae	FS	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Continua)

Tabela 1 - Composição taxonômica e abundância de macroinvertebrados bentônicos do rio Uberabinha, no final da estação seca (FS) e início da estação seca (IS), à montante (M1 a M5), na área urbana (U1 a U5) e à jusante de Uberlândia – MG, 2012.

	FS	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	3
Philopotamidae	IS	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1	5
	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Leptohyphidae	IS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FS	1	-	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	7
Anomalopsychidae	IS	1	11	12	21	1	-	-	-	-	-	-	2	48
	FS	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	4	10
Polycentropodidae	IS	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Não-identificado	IS	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<b>Megaloptera</b>														
	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corydalidae	IS	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	FS	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	19
Invertebrado não identificado	IS	-	-	-	-	-	15	-	50	-	-	9	-	74
<b>Abundância Total</b>														
	FS	265	3065	1319	733	1028	11476	234	235	250	33251	7681	52377	111914
	IS	1257	3243	1232	1189	370	934	1532	3	315	22447	12448	23137	68107
<b>Riqueza</b>														
	FS	12	19	24	17	22	8	5	11	14	6	7	12	157
	IS	20	23	21	20	13	4	13	2	18	5	9	13	161

(Conclusão)