

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DE
RECURSOS NATURAIS

**Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados
bentônicos no Cerrado**

Lívia Borges dos Santos

UBERLÂNDIA, 2017

LÍVIA BORGES DOS SANTOS

Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos
no Cerrado

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

Orientador: Prof. Dr. Jean Carlos Santos

Co-orientadora: Prof. Dra. Janet Higuti

UBERLÂNDIA, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S237e
2017 Santos, Livia Borges dos, 1992
Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de
macroinvertebrados bentônicos no Cerrado / Livia Borges dos Santos. -
2017.
84 f. : il.

Orientador: Jean Carlos Santos.
Coorientadora: Janet Higuti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Impacto ambiental - Teses. 3. Florestas -
Teses. 4. - Teses. I. Santos, Jean Carlos, 1978. II. Higuti, Janet. III.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CDU: 574

"O animal selvagem e cruel não é aquele que está
atrás das grades. É o que está na frente delas."

Axel Munthe

Agradecimentos

A meu pai e colegas de laboratório, que colaboraram muito nas coletas de campo e no processamento das amostras.

A meu orientador, Dr. Jean Carlos Santos, pelo grande tempo dedicado a esse trabalho, pela ajuda, incentivo, e por aceitar essa orientação em uma área que era novidade para ele, na qual aprimoramos nosso conhecimento juntos.

À minha co-orientadora, Dra. Janet Higuti (NUPÉLIA, UEM), pela disponibilidade em colaborar com o trabalho, pelo esclarecimento de dúvidas e sugestões válidas.

À amiga Cyntia Goulart Corrêa Bruno, pelo incentivo e ajuda em todas as etapas desse trabalho e, principalmente, pelos ensinamentos iniciais e esclarecimentos sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

À banca, pelo interesse em participar da avaliação dessa dissertação com sugestões e correções.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, e à empresa Duratex, pelo apoio financeiro na logística de campo e materiais, e disponibilidade da área de estudo.

Ao Guilherme, pelo companheirismo durante todas as fases desse mestrado.

Aos colegas de laboratório, LEEBIO, pela amizade, motivação e risadas.

Muito obrigada!

Sumário

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	1
INTRODUÇÃO GERAL	2
Capítulo 1	5
1. Introdução	7
2. Material e métodos	10
2.2. Área de estudo	10
2.3. Coleta de dados	18
2.3.1. Comunidade de MB	18
2.3.2. IIFH	19
2.3.3. Variáveis físico-químicas da água	20
2.3.4. Composição do sedimento	20
2.4. Análise dos dados	20
3. Resultados	21
3.1. Composição da comunidade de MB nas categorias de APPs	21
3.2. Largura da vegetação na APP e IIFH	29
3.3. Qualidade da água e composição do sedimento	30
3.3.1. Análises categóricas das APPs	30
3.3.2. Relações das métricas com o IIFH	32
3.4. Comunidade de MB e IIFH	35
3.5. Composição funcional de MB nas categorias de APP	37
4. Discussões	39
5. Conclusões	43
6. Referências	44
Capítulo 2	52
1. Introdução	53
2. Material e métodos	55
2.1. Área de estudo	55
2.2. Coleta de dados	59

2.2.1.	Índice de integridade física do habitat	59
2.2.2.	Macroinvertebrados bentônicos	60
2.2.3.	Variáveis físico-químicas da água	61
2.3.	Análise dos dados	61
3.	Resultados	62
3.1.	Comunidade de MB	62
3.2.	Índice de integridade física do habitat	68
3.3.	Qualidade da água	68
3.4.	Índice de integridade física do habitat e métricas biológicas	72
4.	Discussões	73
5.	Conclusões	77
6.	Referências	78
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA – Área de proteção ambiental

APP – Áreas de preservação permanente

BMWP – *Biological monitoring working party*

CE – Condutividade elétrica

EPT – Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (ordens de Insecta)

GFA – Grupo funcional de alimentação

IIFH – Índice de integridade física do habitat

MB - Macroinvertebrados bentônicos

ORP – Potencial de oxirredução

pH – Potencial hidrogeniônico

STD – Sólidos totais dissolvidos

UTOs – Unidade taxonômica operacional

RESUMO

SANTOS, L.B. 2017. Efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no cerrado. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. UFU. Uberlândia-MG. 84p.

O Cerrado brasileiro é uma região de grande importância hídrica para o país. Além disso, possui uma enorme riqueza de ecossistemas lóticos, lagoas naturais e zonas úmidas, tais como as veredas. Embora o Cerrado seja reconhecido como “a caixa d'água” do Brasil e seja uma área prioritária para conservação, o conhecimento de sua biota aquática e os efeitos das mudanças antrópicas sobre esta biota é limitado. Os macroinvertebrados bentônicos são organismos relativamente grandes (tamanho superior a 0,5mm) que vivem em ecossistemas aquáticos aderidos em plantas, rochas ou enterrados no substrato. Estes organismos têm sido amplamente utilizados como bioindicadores de qualidade da água e dos ecossistemas aquáticos, devido à: a) elevada diversidade taxonômica, b) capacidade limitada de deslocamento (sésseis/sedentários), c) ciclos de vida longo, d) fácil amostragem e identificação taxonômica e, e) por serem sensíveis a poluentes no meio aquático. Tais características somadas tornam os macroinvertebrados bentônicos excelentes modelos para avaliação dos efeitos das alterações antrópicas sobre ecossistemas e organismos associados. Esta dissertação buscou avaliar os efeitos de alterações antrópicas sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos no Cerrado da região do Triângulo Mineiro. A integridade do ambiente foi estudada em áreas com forte presença de pecuária e de silvicultura. Em ambos os casos, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água mostrou-se relacionada com a integridade do habitat. Os resultados mostraram que ambientes mais íntegros possuem maior riqueza de macroinvertebrados bentônicos. Mesmo diante de intensos uso do solo, como pecuária e silvicultura, as vegetações ripárias mostram grande importância em manter a integridade do habitat, de forma a preservar a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e a qualidade da água. Portanto, os resultados encontrados nesta dissertação poderão ajudar a melhorar/implementar políticas de conservação para organismos aquáticos e vegetação ripária no Cerrado.

Palavras-chave: Bentos, impactos ambientais, silvicultura, pecuária, qualidade da água.

ABSTRACT

SANTOS, L.B. 2017. Effects of anthropic alterations on the community of benthic macroinvertebrates in the Cerrado. MSc. Thesis. UFU. Uberlândia-MG. 84p.

The Brazilian Cerrado is a region of great water importance for the country. In addition, it has an enormous wealth of lotic ecosystems, natural lagoons and wetlands, such as sidewalks. Although the Cerrado is recognized as a "water box" of Brazil and a priority area for conservation, knowledge of its aquatic biota and the effects of anthropic changes on this limited biota. Benthic macroinvertebrates are relatively large organisms (larger than 0.5mm) that live in aquatic ecosystems attached to plants, rocks or buried in the substrate. These organisms have been widely used as bioindicators of water quality and aquatic ecosystems due to: a) high taxonomic diversity, b) limited displacement capacity (sessile / sedentary), c) long life cycles, d) easy sampling and Taxonomic identification and, e) because they are sensitive to pollutants in the aquatic environment. These combined characteristics make benthic macroinvertebrates excellent models for assessing the effects of anthropogenic changes on ecosystems and associated organisms. This dissertation sought to evaluate the effects of anthropic alterations on a community of benthic macroinvertebrates in the Cerrado Triângulo Mineiro region. An environmental integrity was studied in areas with a strong presence of livestock and forestry. In both cases, a community of benthic macroinvertebrates and water quality was shown to be related to a habitat integrity. The results showed that the more intact environments have a greater benthic macroinvertebrate richness. The use of soil systems, such as livestock and forestry, as riparian vegetation show great importance in maintaining a habitat integrity, in a way to conserve a community of benthic macroinvertebrates and a water quality. Therefore, the results found in the dissertation help improve / implement conservation policies for aquatic organisms and riparian vegetation in the Cerrado.

Keywords: Benthic, environmental impacts, forestry, livestock, water quality.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Essa dissertação foi organizada nas seguintes seções: Introdução Geral, Capítulo 1, Capítulo 2 e Considerações Finais. A introdução geral e os capítulos 1 e 2 foram estruturados seguindo normas usuais de trabalhos de divulgação e científicos para posterior submissão em revistas na área de Biodiversidade. **Introdução geral:** procurou explicar a importância dos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de impactos ambientais sobre os cursos d'água; Foi organizado seguindo as instruções da revista de divulgação científica “*Ciência Hoje*”, que possui um público amplo e heterogêneo e por isso, a linguagem utilizada é simples e clara. **Capítulo 1: Influência de Áreas de Preservação Permanente (APP) sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em córregos do Cerrado.** O capítulo 1 buscou a relação entre diferentes tamanhos de vegetação ripária em APPs, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água em córregos do Cerrado e foi estruturado seguindo as recomendações do periódico “*Ecological Indicators*”. **Capítulo 2: Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e Índice de integridade física do habitat em lagoas represadas de veredas sob influência de silvicultura.** O capítulo 2 investigou a influência da silvicultura e uso da terra sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água em lagoas do Cerrado, e foi organizado seguindo as orientações do periódico “*Agriculture, Ecosystems & Environment*”.

INTRODUÇÃO GERAL

Os macroinvertebrados bentônicos são organismos que vivem na água doce e são visíveis a olho nu, pois tem tamanho superior a 0,5mm (por isso o nome macro: grande), e vivem fixados em plantas/pedras ou enterrados no substrato (daí o nome bentônicos: hábito bentônico). Eles formam um grupo com grande diversidade de espécies, que vão desde insetos até moluscos, passando por minhocas e sanguessugas. Por isso, os macroinvertebrados bentônicos possuem diversas formas e hábitos de vida diferentes e estão presentes em todos os tipos de ambientes aquáticos.

Os *bentos* são intermediários nas cadeias alimentares, isto é, consomem algas e microrganismos, e são predados por peixes e outros vertebrados, como aves e mamíferos. Eles possuem importante papel na dinâmica de nutrientes pois transformam a matéria orgânica, ou seja, realizam a fragmentação: liberam nutrientes das plantas terrestres para o ambiente aquático.

Porém, a principal importância dos *bentos* está no fato de que eles dependem intimamente do ecossistema aquático (passam parte ou todo o ciclo de vida na água), e por isso, são muito sensíveis às alterações nele. Desta maneira, os macroinvertebrados bentônicos são utilizados como bioindicadores da qualidade da água, pois são organismos sensíveis a poluição e degradação da mesma. Assim, eles são classificados quanto à sua tolerância diante de mudanças na qualidade da água, e são encontrados em águas bem preservadas, alteradas e totalmente impactadas. Através desses organismos é possível monitorar a qualidade do ambiente, se há presença de impactos antrópicos e ver quais as mudanças ocorridas no curso d'água com o passar do tempo. Esse tipo de prática é chamada de biomonitoramento.

O biomonitoramento de recursos hídricos com macroinvertebrados bentônicos, é uma técnica cada vez mais utilizada e aceita para avaliar a qualidade da água. A coleta e análise desses organismos não necessita de equipamentos caros, como em análises físico-químicas da água, e o processo é simples e fácil de se executar. O uso desses organismos, além de determinar a qualidade da água, também fornece informações cronológicas sobre o ecossistema, ou seja, o que aconteceu no passado e o que está acontecendo no presente, o que não é possível nas análises químicas (que mostram apenas o momento da coleta). Por isso, o uso dessa técnica é importante e deve ser divulgado como uma possibilidade de avaliar e classificar o estado de conservação das águas brasileiras.

Uma das principais utilizações dos macroinvertebrados bentônicos no Brasil é em monitoramentos de impactos ambientais nos processos de licenciamento ambiental. Por exemplo, antes de uma hidrelétrica ser construída, a comunidade de *bentos* do rio é levantada e catalogada em um estudo conhecido como Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA). Após a construção da hidrelétrica, e toda a alteração que este tipo de empreendimento provoca sobre os ecossistemas aquáticos, a empresa deve continuar a biomonitorar a comunidade de *bentos* para verificar qual a intensidade do impacto da construção sobre a qualidade da água. Durante esses monitoramentos, caso a qualidade da água comece a mudar e se degradar, a comunidade de *bentos* começa a indicar alterações em sua estrutura - como alteração da composição de espécies, desaparecimento de espécies sensíveis -, e a empresa consegue reverter a situação antes que ela se torne muito séria, como o caso de uma eutrofização (estado da água com excesso de nutrientes, que todas as comunidades aquáticas morrem devido à proliferação excessiva de algas). O mesmo pode ser feito

para praticamente todos os outros tipos de empreendimentos, como minerações, fazendas agrossilvipastoris e outros tipos de empresas geradoras de energias.

Diante disso, os *bentos* são bons indicadores de diversos impactos ambientais relacionados, diretamente ou indiretamente, à água: descarte de esgoto doméstico e industrial em rios, desmatamentos da mata ciliar presente na margem dos cursos d'água, barragem de resíduos minerais, introdução de espécies exóticas nos rios, modificação físicas de corpos d'água (construções de barragens, por exemplo), assoreamento de rios.

Assim sendo, os macroinvertebrados bentônicos são muito importantes dentro das comunidades aquáticas, e por isso seu estudo e preservação é vital para a boa saúde de ecossistemas aquáticos e terrestres. Medidas que favorecem sua ocorrência como preservação de matas ciliares e o tratamento de esgoto, são ferramentas que também mantem a boa qualidade da água, e por isso devem ser mais implementadas e incentivadas.

Sugestões para leitura

ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **FAPAM**, v.2, p.156-164.

SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano sobre o Rio Uberaba (MG). **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 01 (1), p.:34-42.

Capítulo 1

INFLUÊNCIA DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) SOBRE A COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS EM CÓRREGOS DO CERRADO

Resumo

As vegetações ripárias são de grande importância para preservação da biodiversidade das comunidades aquáticas, porém vem sofrendo intenso desmatamento no Cerrado. Desta maneira, esse capítulo buscou avaliar como a comunidade de macroinvertebrados bentônicos (MB) e a qualidade da água se comportam frente a diferentes extensões de vegetação ripária em APPs. A pesquisa foi realizada na APA Rio Uberaba, uma unidade de conservação de uso direto localizada na cidade de Uberaba, Minas Gerais. Foram estabelecidas quatro categorias com diferentes tamanhos de vegetação ripária: sem vegetação (0 metros), 15 metros, 30 metros e 50 metros, nas quais foram aferidas a integridade física do habitat, a comunidade de MB, parâmetros físico-químicos da água e do sedimento. As coletas foram realizadas em duas campanhas amostrais, uma na estação chuvosa e uma na estação seca. A comunidade de MB foi composta por 77 UTOs, os táxons mais representativos foram os Diptera e Ephemeroptera, mas a composição taxonômica variou entre as categorias de APP. Porém, as APPs com maiores tamanhos de vegetação ripária apresentaram ambientes mais íntegros, e maior riqueza e riqueza de EPT. A qualidade da água foi boa e satisfatória na maioria dos pontos analisados. Este capítulo mostrou a importância da presença da vegetação ripária nas APPs, pois o estabelecido no Código florestal

25 brasileiro (30 metros) se mostrou eficaz em manter o ambiente íntegro e conservar as
26 comunidades de MB.

27 **Palavras-chave:** Bentos, Código Florestal Brasileiro, Conservação, Unidade de
28 conservação, Vegetação ripária.

29

30

1. Introdução

As vegetações ripárias, ou matas ciliares, são formações vegetais presentes às margens de cursos d'água (Lorenzi, 2002). No Cerrado, são de grande importância para a preservação da biodiversidade da biota aquática, pois evita o aquecimento excessivo da água, fornece energia alóctone com a entrada de folhas, frutos e sementes no corpo d'água, também evita a erosão das margens e fornece condições ambientais para a reprodução de muitos organismos (Margalef, 1983). As vegetações ripárias também proporcionam áreas com forte interação biológica, física e química entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (Beltrão et al., 2009), e por isso são áreas com grande diversidade de fauna, flora e processos ambientais (Pusey; Arthington, 2003). Além disso, o material vegetativo é usado como habitat e substrato para a fauna aquática, como invertebrados (Richards et al., 1997) e peixes (Boys; Thoms, 2006). Embora os benefícios da presença da mata ripária sejam evidentes, esta importante vegetação do Cerrado está bastante alterada e em alguns casos até inexistente, sendo muitas vezes substituída por gramíneas (Ribeiro et al., 2001).

É consenso que a vegetação ripária traz inúmeros benefícios para os mais variados organismos, do meio terrestre e aquático, e por isso sua retirada ocasiona sérios problemas aos diferentes grupos taxonômicos (Palhiarini; Pagotto, 2015). Estes autores citam, por exemplo, as alterações na temperatura da água, no sombreamento e no ar, os quais afetam diretamente as comunidades aquáticas, além de maiores deposições de sedimentos nos cursos d'água, que ocasionam alteração ou diminuição de habitats para os invertebrados (Palhiarini; Pagotto, 2015). A entrada de material alóctone diminui devido à redução de materiais lenhosos, serrapilheira, insetos terrestres e outros compostos que estão presentes na vegetação ripária (HCP, 2009). A qualidade da água também é afetada, pois os sedimentos transportados para dentro dos corpos d'água

modificam a turbidez e o oxigênio dissolvido (HCP, 2009). Assim, as zonas ripárias são de fundamental importância para a manutenção e regulação dos cursos d'água (Naiman et al., 2005), e estão relacionadas com a manutenção da integridade ecológica e saúde dos ecossistemas ripários (Blevins et al., 2013; Allan, 2004).

A vegetação nas margens dos rios e ao redor das nascentes e reservatórios, denominada Área de Preservação Permanente (APP), é considerada um importante instrumento para a proteção de atributos ambientais em todo o território brasileiro e por isso é regulamentada pela Resolução CONAMA 303/2002 e pela Lei 12.651/2012 – Novo Código Florestal Brasileiro. Em relação àquelas localizadas em cursos d'água, o art. 4º, inciso I, as normatizam:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

Diante de sua relevância, o desmatamento da vegetação nativa, em especial da localizada ao longo de cursos d'água e nascentes, tem ocupado destaque no cenário ambiental devido ao seu impacto sobre a proteção dos recursos hídricos. Pouco se sabe sobre os efeitos que a redução/ausência de APPs provocam sobre comunidades aquáticas, especialmente sobre os macroinvertebrados bentônicos (definidos aqui como MB) no Cerrado. Alguns trabalhos indicam diferenças na assembleia de MB associadas à integridade da zona ripária, por exemplo, o aumento da riqueza em áreas íntegras

(Danger; Robson, 2004,) e composições diferentes em áreas com baixa e alta presença de vegetação (Scarsbrook; Halliday, 1999).

Os MB são um dos grupos mais utilizados no biomonitoramento dos impactos antrópicos em ambientes de água doce (Silveira et al., 2004), e por isso são considerados bons indicadores de qualidade ambiental (Beghelli et al., 2014). São definidos por Rosenberg e Resh (1993) como organismos que habitam diversos substratos (sedimento, macrófitas, algas filamentosas, galhos, rochas, etc) de habitats aquáticos, durante pelo menos parte do seu ciclo de vida. Trata-se de uma comunidade de animais encontrada em todo tipo de ambiente aquático continental e constituída por larvas de inseto, moluscos, anelídeos, dentre muitos outros grupos (Rosenberg; Resh, 1993).

Diante da importância das APPs para a conservação e manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos, o Novo Código Florestal Brasileiro tem sido pauta de diversas instâncias como o Conselho Nacional de Meio Ambiente e o Congresso Nacional. Nesse sentido, a presente pesquisa buscou avaliar como a comunidade de MB e a qualidade da água se comportam frente a diferentes extensões de APP. Os resultados obtidos aqui podem repercutir nas discussões sobre o atual Código Florestal Brasileiro. Os objetivos específicos são (1) investigar como a comunidade e sua composição funcional de MB compõem diferentes tamanhos de vegetação em APPs; (2) analisar a importância da largura da vegetação nas APPs sobre a integridade dos habitats; (3) investigar a relação da qualidade da água, composição do sedimento com a comunidade de MB com diferentes tamanhos de vegetação em APPs, integridades dos habitats e estações do ano. Em relação a estes objetivos, espera-se que vegetações mais extensas nas APPs proporcionem ambientes mais íntegros e, por consequência, apresentem comunidades de MB mais ricas e melhor qualidade da água.

115

116 **2. Material e métodos**

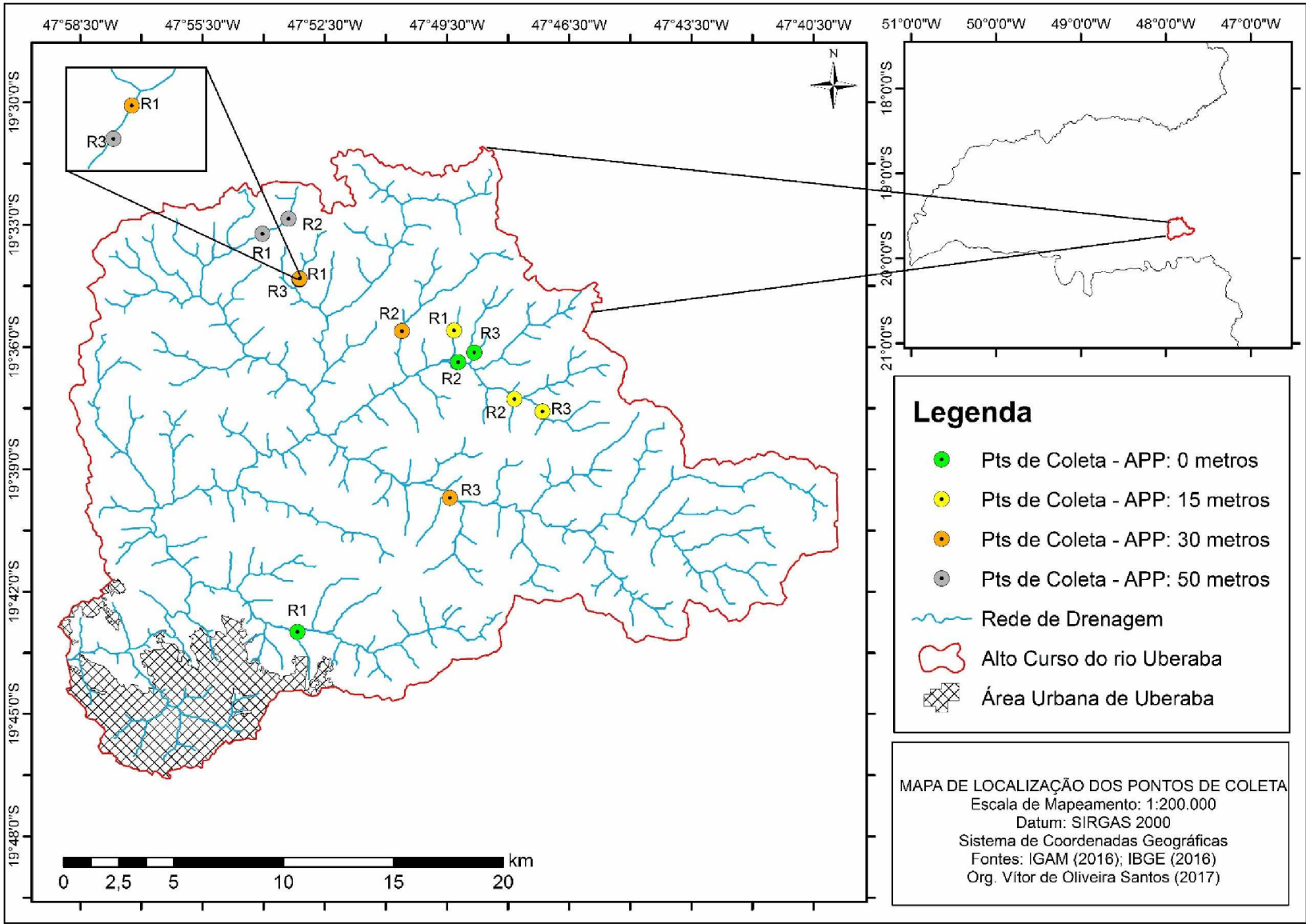
117 **2.2. Área de estudo**

118 O trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Grande, na Área de
119 Proteção Ambiental (APA) Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. A APA Rio Uberaba
120 é uma unidade de conservação de Uso direto, reconhecida pelo Sistema Nacional de
121 Unidades de Conservação (SNUC), destinada à conservação da biodiversidade, onde se
122 permite utilizar os recursos naturais de forma sustentável, estabelecendo-se modelos de
123 desenvolvimento (SEMEA, 2004). Ou seja, prioriza a preservação ambiental em
124 coexistência com práticas de uso e ocupação do solo. De acordo com o Plano de Manejo
125 Emergencial (2012) e Mauro et al. (2015), a atividade agropecuária na região é muito
126 expressiva, apresentando extensas áreas destinadas a plantações (cultura de café, soja e
127 cana-de-açúcar) e pastagens.

128 Para realização da pesquisa, foram selecionados oito córregos, todos com até 10
129 metros de largura (Figura 1), ou seja, de acordo com a Lei 12.651/2012, art. 4º, devem
130 ter APP de 30 metros. Os pontos foram escolhidos para testar os objetivos em uma
131 margem com o tamanho da vegetação ripária a ser estudada (onde a coleta foi
132 realizada). Não foram utilizadas as duas margens nesse estudo, pela inviabilidade de
133 encontrar APPs nas mesmas condições em ambas as margens do curso d'água. Assim,
134 esses pontos primeiramente foram escolhidos através de imagens de satélite, para
135 estimar o tamanho da vegetação na APP, porém, em campo sua verdade terrestre foi
136 verificada por meio de uma trena graduada. Por fim, quatro categorias foram
137 estabelecidas com diferentes tamanhos de vegetação ripária nas APPs: sem mata ciliar
138 (0 metros), 15 metros, 30 metros e 50 metros (Figura 2 A, B, C e D, respectivamente).

139 Cada categoria foi amostrada em três réplicas cada, totalizando 12 pontos de
140 amostragem distribuídos dentro da APA Rio Uberaba (Figura 3, 4, 5, 6).

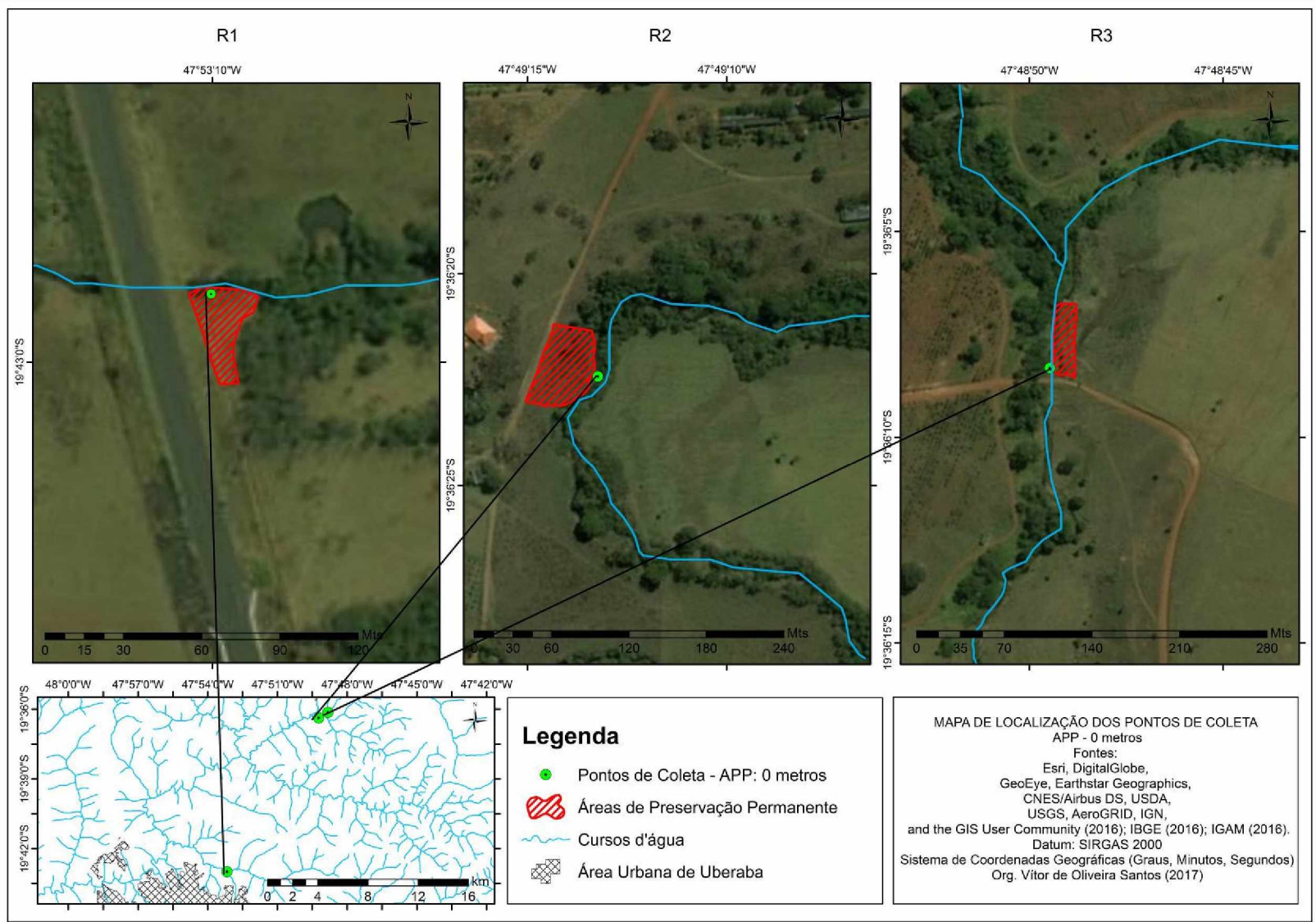
141 **Figura 1.** Mapa da localização dos pontos amostrais na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: R se refere às réplicas utilizadas.



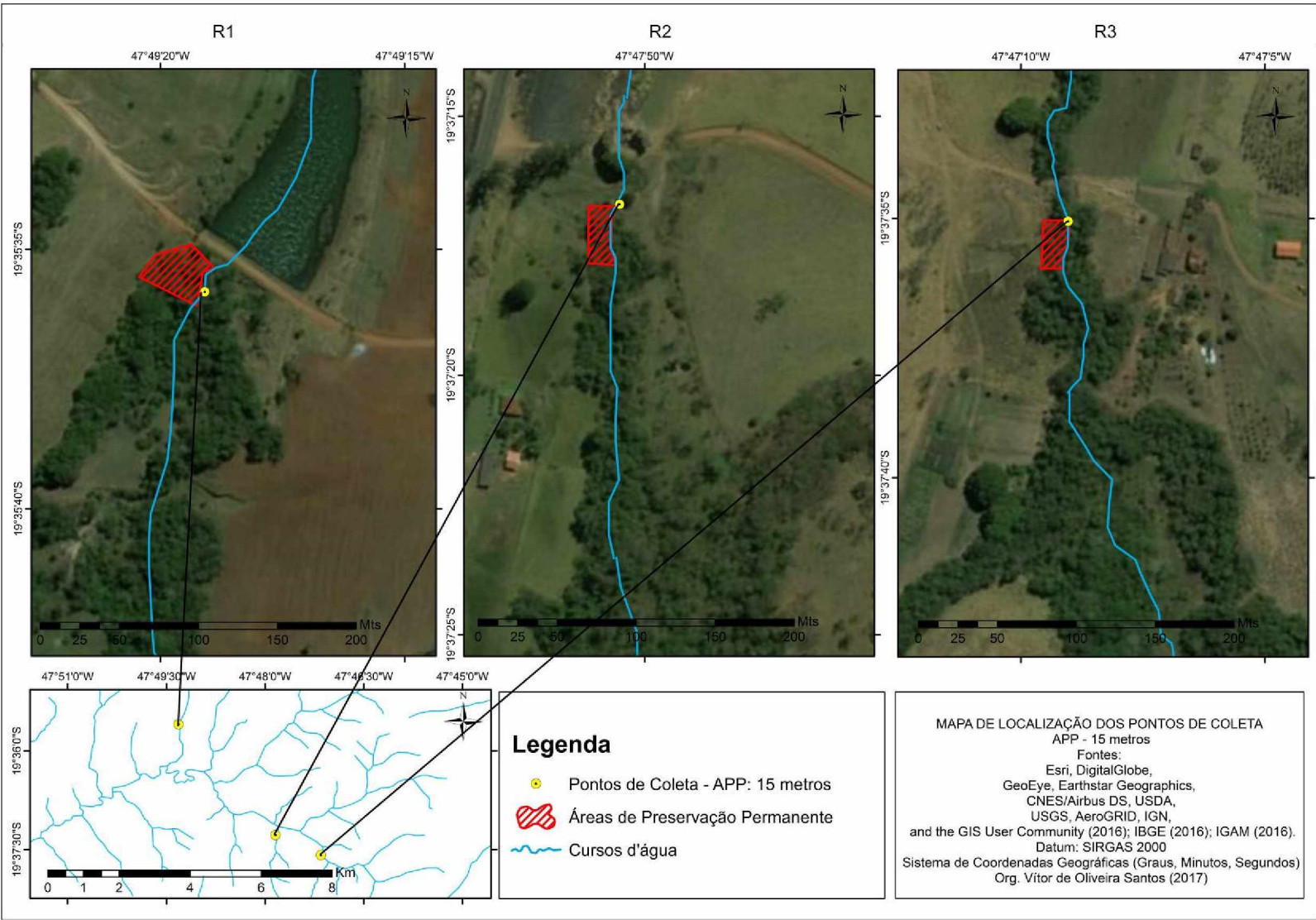
143 **Figura 2.** Tamanho da vegetação ripária nas APPs utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. A) Categoria sem mata ciliar (R3); B) 15
144 metros (R3); C) 30 metros (R3); D) 50 metros (R1).



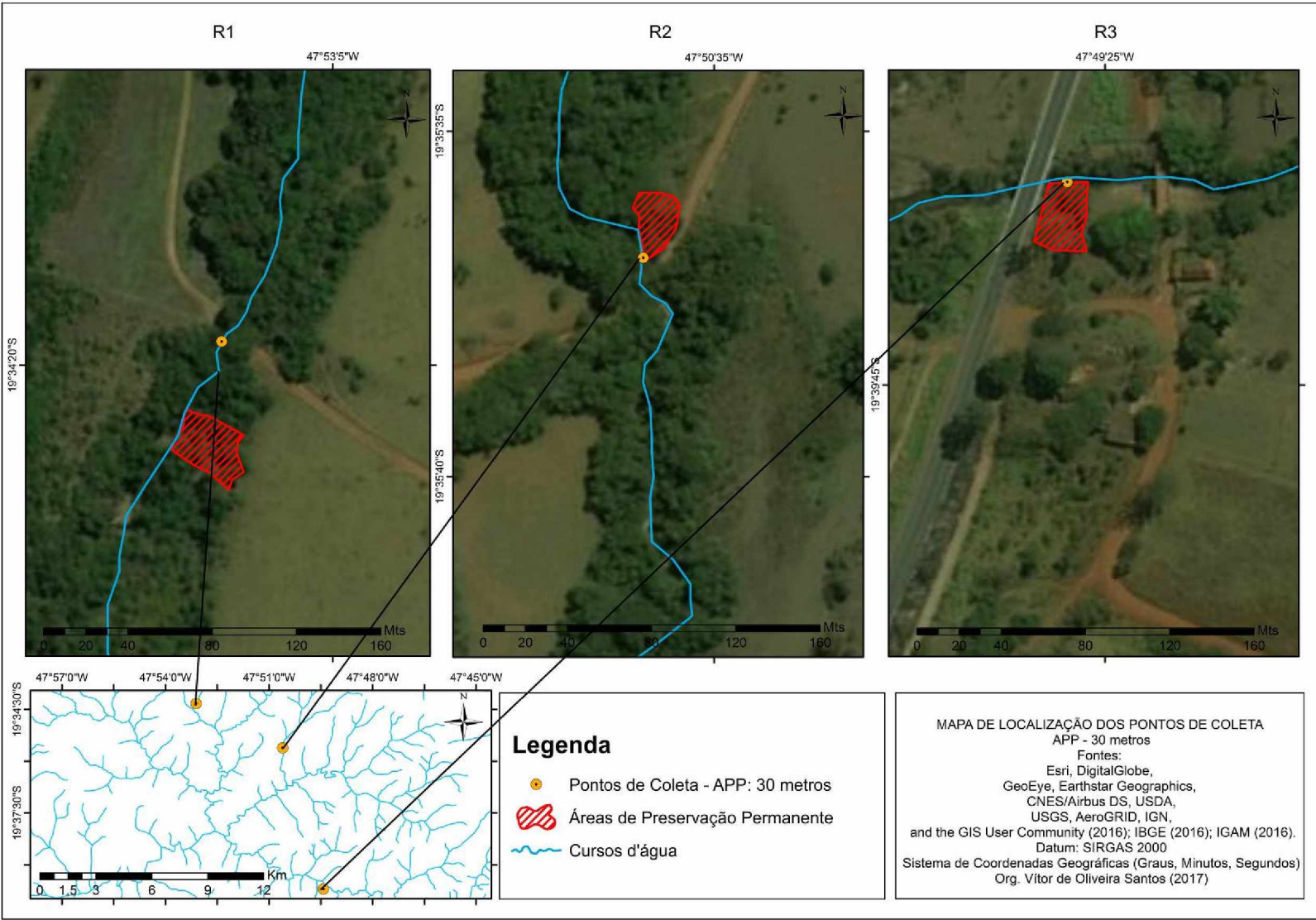
Figura 3. Mapa da localização dos pontos com APP sem vegetação utilizados na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



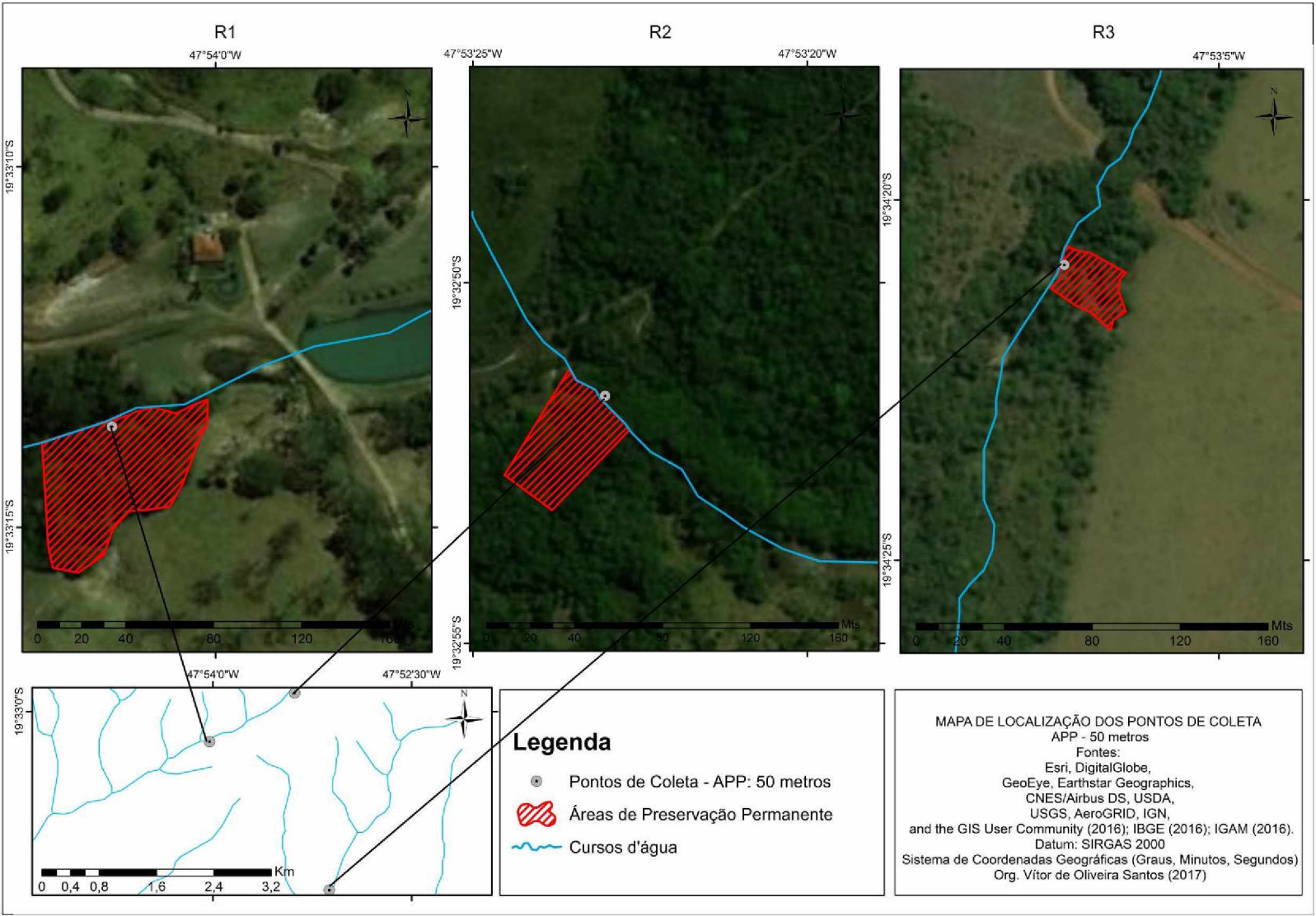
149 **Figura 4.** Mapa da localização das faixas de APP com 15 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



151 **Figura 5.** Mapa da localização das faixas de APP com 30 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



153 **Figura 6.** Mapa da localização das faixas de APP com 50 metros de vegetação utilizadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.



2.3.Coleta de dados

Foram realizadas duas campanhas de amostragem, uma na estação chuvosa (dezembro/2015) e outra na estação seca (Julho/2016). De acordo com Köppen e Geiger (1928) a média da temperatura anual em Uberaba é 22,3°C e a média anual de pluviosidade é de 1571mm. Nas campanhas, todos os pontos de coleta foram analisados quanto à comunidade de MB, Índice de Integridade Física do Habitat (IIFH), variáveis físico-químicas da água e composição do sedimento.

2.3.1. Comunidade de MB

Para as amostragens utilizou-se rede “D” (malha 250 μ) para “varrer” um trecho pré-selecionado de um metro, na margem de interesse, por dois minutos, explorando todos os micro habitats aquáticos, de forma a garantir a representatividade dos organismos. O material coletado foi armazenado em sacos plásticos resistentes e devidamente etiquetados, e a estes foi adicionado álcool a 70% e corante rosa de bengala para conservar e corar os organismos. Em laboratório, as amostras foram lavadas em peneiras granulométricas (malhas de 2 cm e 250 μ) para a retirada de troncos, folhas, pedras e outras impurezas que pudessem dificultar a triagem. Todo o material restante foi triado com auxílio de estereomicroscópio (Marca Tecnival, aumento 80 vezes); os indivíduos encontrados foram retirados e preservados em vidros etiquetados com álcool a 70%. A identificação foi feita até o menor nível taxonômico possível, de forma a categorizar a Unidade Taxonômica Operacional (UTO). Os organismos foram contados com auxílio do mesmo estereomicroscópio e classificados a partir de chaves de identificações especializadas (Segura et al., 2011; Mugnai et al., 2010; Froehlich, 2007). Foram utilizados para o cálculo das métricas biológicas: riqueza (número de UTOs), riqueza de EPT (número de UTOs das ordens Ephemeroptera,

Plecoptera e Trichoptera), *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) (adaptação de Monteiro et al., 2008) e composição funcional. O BMWP é um índice que pontua diferentes famílias de MB de acordo com seu grau de tolerância à poluição orgânica, sendo possível classificar a água em diferentes qualidades, por um sistema de cores (Tabela 1).

Tabela 1. Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido por Monteiro et al. (2008).

Classe	Somatório da pontuação	Qualidade	Cor
I	>150	Excelente	Azul
II	149 - 100	Boa	Verde
III	99 - 60	Satisfatória	Amarelo
IV	59 - 20	Ruim	Laranja
V	< 19	Muito ruim	Vermelho

A composição funcional dos MB foi definida a partir do grupo funcional de alimentação (GFA), desenvolvido na América do Norte (Cummins 1973, 1974; Cummins e Klug 1979). Essa categorização se baseia na morfologia e comportamentos dos indivíduos para determinar sua forma de aquisição de alimentos. Cada um desses GFAs desempenha um papel diferente no ecossistema, relacionado principalmente ao seu recurso alimentar (Cummins; Klug, 1979; Merritt; Cummins, 2006; Merritt et al., 2008). Na maioria dos casos, a identificação dos organismos amostrados no nível taxonômico de família já permite a categorização dos GFAs (Merritt et al., 2014).

2.3.2. IIFH

Os pontos de coleta foram avaliados quanto à sua integridade física, de acordo com índice proposto por Nessimian et al. (2008). Nesse índice, a integridade é avaliada

por meio de 12 características que tratam sobre as condições ambientais locais. Cada característica possui quatro ou seis alternativas, que são ordenadas para representar os habitats mais íntegros. Desta forma, o valor final do índice varia de zero a um, indicando um gradiente crescente de integridade.

2.3.3. Variáveis físico-químicas da água

As variáveis físico-químicas da água foram coletadas em campo por meio da sonda multiparâmetros Hanna HI 98194 e o medidor de turbidez Hanna HI 98703-01. Foram analisadas as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura e turbidez.

2.3.4. Composição do sedimento

A composição do sedimento foi analisada por meio das variáveis Matéria Orgânica (MO) e Granulometria. O sedimento foi coletado nos pontos de amostragem para posterior envio ao Laboratório de Análise de Solo (LABAS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), especializado nestes tipos de análises.

2.4. Análise dos dados

Nesta pesquisa, os valores das variáveis foram expressos utilizando-se média (\bar{X}) e desvio-padrão (DP), mesmo para as variáveis não paramétricas. As diferenças dos parâmetros físico-químicos da água, MO e métricas biológicas (riqueza, riqueza de EPT e BMWP) aferidos nas estações amostrais e categorias de APP foram avaliadas por meio de Análise de variância (ANOVA) e pós teste Tukey. Os parâmetros físico-

químicos da água, MO e métricas biológicas foram considerados variáveis respostas, e as estações amostrais e categorias de APPs como fatores preditores. As relações entre o IIFH e as variáveis respostas supracitadas foram avaliadas por meio de Regressão Linear (RL). A diferença das frequências dos grupos funcionais foi testada usando um Qui-quadrado.

Em todos os testes estatísticos utilizados, a normalidade foi realizada *a priori* e quando não foi alcançada, os testes estatísticos não-paramétricos similares foram utilizados, tais como Kruskal Wallis (KW) e Correlação de Spearman (CS). O programa estatístico Minitab® 17.1.0 foi utilizado em todas as análises realizadas.

3. Resultados

3.1. Composição da comunidade de MB nas categorias de APPs

Ao todo foram amostrados 77 UTOs e 11.599 indivíduos, sendo 8.951 (77%) representantes do Filo Arthropoda, 2.243 (19%) do Filo Annelida, 215 (2%) do Filo Nematoda e 190 (2%) do Filo Mollusca. Dentre os Arthropoda, a classe mais representativa foi Insecta, com 8.611 (74%) indivíduos; Ostracoda foi representada por 187 (2%) organismos e Arachnida por 117 (1%). A classe Insecta apresentou oito ordens, sendo Diptera a de maior ocorrência, com 6.488 indivíduos (56%), seguida por Ephemeroptera com 1.075 (9%) organismos, Coleoptera com 454 (4%), Trichoptera com 278 (2%), Odonata com 235 (2%) e as ordens Hemiptera, Plecoptera e Lepidoptera com baixa ocorrência, inferior à 1% (54, 19 e 8 indivíduos, respectivamente) (Tabela 2).

248

Tabela 2. Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional na APA Rio

249

Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

Táxon dos organismos				Categorias de APPs										
Filo	Classe/subclasse	Ordem	Família	0m		15m		30m		50m		Total		
Filo Arthropoda	Classe Insecta	Ordem Collembola		33	(0,28%)	1	(0,01%)	1	(0,01%)	1	(0,01%)	36	(0,31%)	
		Classe Ostracoda		54	(0,47%)	7	(0,06%)	123	(0,106%)	3	(0,03%)	187	(0,161%)	
		Ordem Diptera	Chironomidae	1633	(14,08%)	1099	(09,47%)	1453	(12,53%)	1496	(12,9%)	5681	(48,98%)	
			Ceratopogonidae	92	(0,79%)	53	(0,46%)	50	(0,43%)	251	(02,16%)	446	(03,85%)	
			Chaoboridae	1	(0,01%)	3	(0,03%)					4	(0,03%)	
			Dixidae	5	(0,04%)							5	(0,04%)	
			Empididae	7	(0,06%)			3	(0,03%)	2	(0,02%)	12	(0,1%)	
			Tabanidae					4	(0,03%)	2	(0,02%)	6	(0,05%)	
			Simuliidae	115	(0,99%)	2	(0,02%)	119	(01,03%)	10	(0,09%)	246	(02,12%)	
			Phoridae					1	(0,01%)	2	(0,02%)	3	(0,03%)	
			Stratiomyidae							2	(0,02%)	2	(0,02%)	
			Culicidae	3	(0,03%)	3	(0,03%)	3	(0,03%)	0	(0,%)	9	(0,08%)	
			NI 1	2	(0,02%)	2	(0,02%)			1	(0,01%)	5	(0,04%)	
			NI 2	1	(0,01%)							1	(0,01%)	
			NI 3	8	(0,07%)							8	(0,07%)	
			NI 4			3	(0,03%)			11	(0,09%)	14	(0,12%)	
			NI 5							3	(0,03%)	3	(0,03%)	
			NI 6					16	(0,14%)	1	(0,01%)	17	(0,15%)	
			NI 7					5	(0,04%)	5	(0,04%)	10	(0,09%)	
			NI 8							7	(0,06%)	7	(0,06%)	
			NI 9						1	(0,01%)	3	(0,03%)	4	(0,03%)
			NI 10							1	(0,01%)	1	(0,01%)	
			NI 11	2	(0,02%)			2	(0,02%)			4	(0,03%)	
			Subtotal										6488	(55,94%)
		Ordem Ephemeroptera	Oligoneuriidae					1	(0,01%)			1	(0,01%)	
			Baetidae	296	(02,55%)	87	(0,75%)	102	(0,88%)	31	(0,27%)	516	(04,45%)	
			Leptohyphidae	52	(0,45%)	10	(0,09%)	30	(0,26%)	15	(0,13%)	107	(0,92%)	
			Caenidae	33	(0,28%)	19	(0,16%)	120	(01,03%)	4	(0,03%)	176	(01,52%)	
			Leptophlebiidae	130	(01,12%)	51	(0,44%)	46	(0,4%)	48	(0,41%)	275	(02,37%)	
			Subtotal									1075	(09,27%)	
		Ordem Trichoptera	Hydropsychidae	70	(0,6%)	15	(0,13%)	35	(0,3%)	11	(0,09%)	131	(01,13%)	
			Leptoceridae	6	(0,05%)	1	(0,01%)	2	(0,02%)	15	(0,13%)	24	(0,21%)	
			Hydroptilidae	7	(0,06%)			11	(0,09%)	2	(0,02%)	20	(0,17%)	
			Xiphocentronidae			2	(0,02%)					2	(0,02%)	
			Glossosomatidae					1	(0,01%)			1	(0,01%)	
			Calamoceratidae					16	(0,14%)	1	(0,01%)	17	(0,15%)	
			Philopotamidae					2	(0,02%)	3	(0,03%)	5	(0,04%)	
			Odontoceridae	39	(0,34%)	4	(0,03%)	8	(0,07%)	5	(0,04%)	56	(0,48%)	
			Polycentropodidae					8	(0,07%)			8	(0,07%)	
			Hydrobiosidae					1	(0,01%)	13	(0,11%)	14	(0,12%)	
			Subtotal									278	(02,4%)	
		Ordem Plecoptera	Perlidae	2	(0,02%)			10	(0,09%)	7	(0,06%)	19	(0,16%)	

251

252

253

254

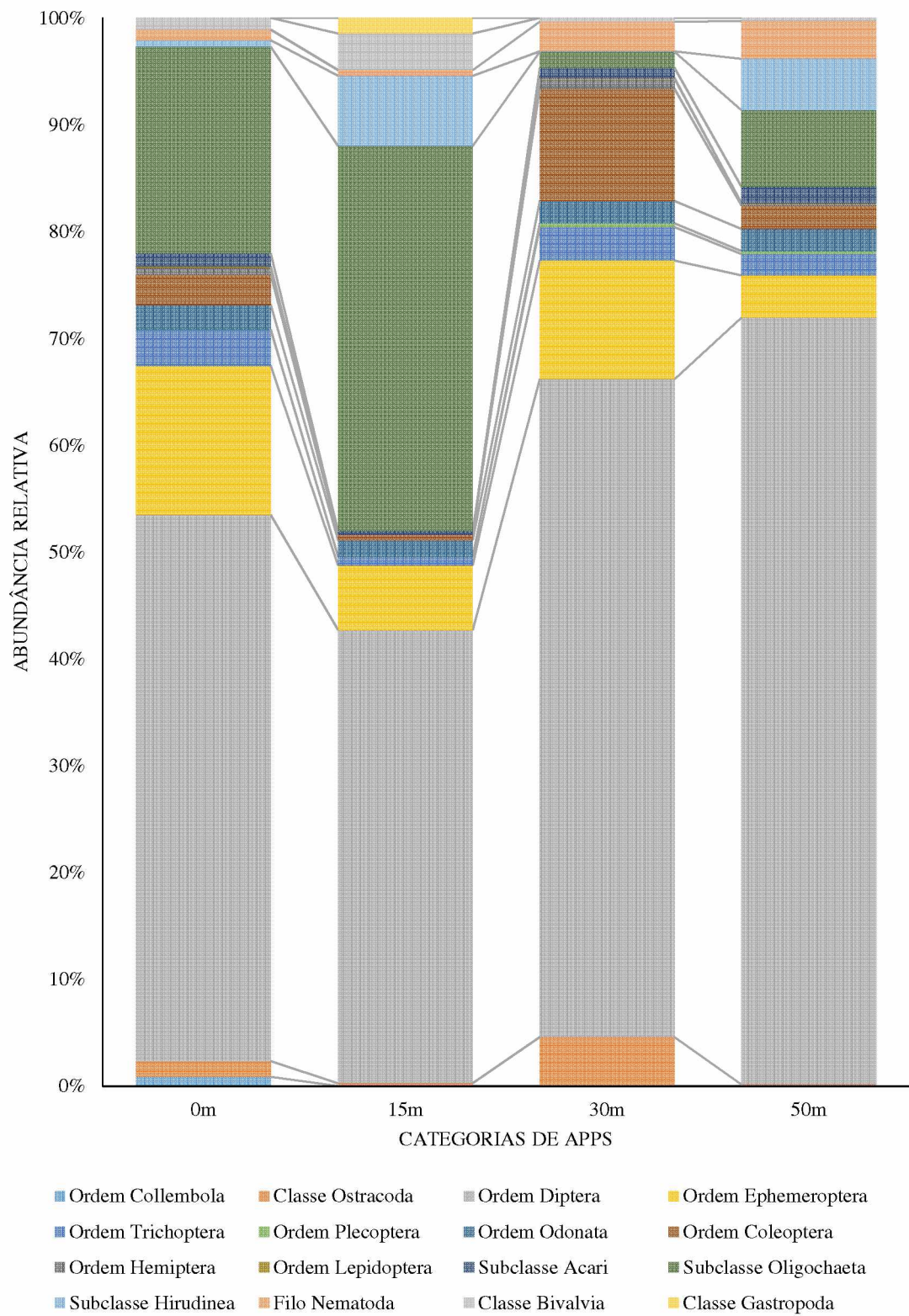
Tabela 2 (continuação). Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

Táxon dos organismos				Categorias de APPs										
Filo	Classe/subclasse	Ordem	Família	0m		15m		30m		50m		Total		
	Ordem Odonata	Libellulidae	14	(0,12%)	5	(0,04%)	2	(0,02%)	6	(0,05%)	27	(0,23%)		
		Calopterygidae	15	(0,13%)			1	(0,01%)	5	(0,04%)	21	(0,18%)		
		Aeshnidae	2	(0,02%)					2	(0,02%)	4	(0,03%)		
		Cordulidae					2	(0,02%)	1	(0,01%)	3	(0,03%)		
		Coenagrionidae	9	(0,08%)	9	(0,08%)	14	(0,12%)	6	(0,05%)	38	(0,33%)		
		Gomphidae	10	(0,09%)	11	(0,09%)	25	(0,22%)	19	(0,16%)	65	(0,56%)		
		Perilestidae	12	(0,1%)	2	(0,02%)	2	(0,02%)	1	(0,01%)	17	(0,15%)		
		Protoneuridae	22	(0,19%)	16	(0,14%)	10	(0,09%)	11	(0,09%)	59	(0,51%)		
		Megapodagrionidae							1	(0,01%)	1	(0,01%)		
		Subtotal										235	(02,03%)	
	Ordem Coleoptera	Gyrinidae	1	(0,01%)					2	(0,02%)	4	(0,03%)	7	(0,06%)
		Dytiscidae	1	(0,01%)	1	(0,01%)							2	(0,02%)
		Hydrophilidae	2	(0,02%)	4	(0,03%)				1	(0,01%)	7	(0,06%)	
		Noteridae	41	(0,35%)	1	(0,01%)	2	(0,02%)	1	(0,01%)	45	(0,39%)		
		Elmidae	57	(0,49%)	4	(0,03%)	268	(02,31%)	41	(0,35%)	370	(03,19%)		
		Lutrochidae					3	(0,03%)	2	(0,02%)	5	(0,04%)		
		Scirtidae							2	(0,02%)	2	(0,02%)		
		Staphylinidae					2	(0,02%)	1	(0,01%)	3	(0,03%)		
		NI 1	1	(0,01%)			1	(0,01%)			2	(0,02%)		
		NI 2					2	(0,02%)			2	(0,02%)		
		NI 3	1	(0,01%)					1	(0,01%)	2	(0,02%)		
		NI 4			2	(0,02%)					2	(0,02%)		
		NI 5			2	(0,02%)	1	(0,01%)	1	(0,01%)	4	(0,03%)		
		NI 6					1	(0,01%)			1	(0,01%)		
		Subtotal										454	(03,91%)	
			Corixidae	2	(0,02%)								2	(0,02%)
			Velidae	5	(0,04%)								5	(0,04%)
	Pleidae						18	(0,16%)	0	(0,%)	18	(0,16%)		
	Naucoridae		6	(0,05%)			7	(0,06%)	1	(0,01%)	14	(0,12%)		
	Mesovelidae		2	(0,02%)			1	(0,01%)	4	(0,03%)	7	(0,06%)		
	Belostomatidae		2	(0,02%)							2	(0,02%)		
	NI		6	(0,05%)							6	(0,05%)		
	Subtotal											54	(0,47%)	
	Ordem Lepidoptera			5	(0,04%)			2	(0,02%)	1	(0,01%)	8	(0,07%)	
Classe Arachnida														
Subclasse Acari			45	(0,39%)	9	(0,08%)	25	(0,22%)	38	(0,33%)	117	(01,01%)		
Classe Clitellata											2243	(19,34%)		
Filo Annelida	Subclasse Oligochaeta			708	(06,1%)	991	(08,54%)	41	(0,35%)	180	(01,55%)	1920	(16,55%)	
	Subclasse Hirudinea			22	(0,19%)	180	(01,55%)	1	(0,01%)	120	(01,03%)	323	(02,78%)	
Filo Nematoda			36	(0,31%)	15	(0,13%)	75	(0,65%)	89	(0,77%)	215	(01,85%)		
	Classe Bivalvia			40	(0,34%)	94	(0,81%)	9	(0,08%)	7	(0,06%)	150	(01,29%)	
Filo Mollusca						39	(0,34%)					39	(0,34%)	
	Classe Gastropoda					1	(0,01%)					1	(0,01%)	
												40	(0,34%)	
			Subtotal											
Total				3658	(31,54%)	2748	(23,69%)	2691	(23,2%)	2502	(21,57%)	11599	(100,%)	

255 A comunidade de MB não variou entre as estações amostradas (ANOVA,
256 riqueza $F = 0,20$, $p = 0,662$; riqueza EPT $F = 0,52$, $p = 0,479$; BMWP $F = 0,31$, $p =$
257 $0,586$), e por isso as estações foram consideradas réplicas temporais. Em relação às
258 categorias de APPs estudadas, os pontos sem vegetação apresentaram ao todo 3.658
259 indivíduos, as amostras de vegetação com 15 metros totalizaram 2.748 indivíduos, as de
260 30 metros 2.691 indivíduos e as categorias de 50 metros totalizaram 2.502 indivíduos. A
261 abundância relativa de táxons nessas categorias variou bastante (Figura 7), com exceção
262 à Ordem Odonata que teve cerca de 2% de representatividade em todas as categorias. A
263 categoria sem vegetação foi a que apresentou a maior porcentagem da Ordem
264 Collembola (quase 1%), e também das ordens Ephemeroptera (14%), Trichoptera (3%)
265 e a subclasse Acari (1%). Além disso, a ordem Diptera representou cerca de 51% da
266 distribuição total de táxons nesta categoria. A categoria de 15 metros foi a única que não
267 apresentou ocorrência das ordens Plecoptera, Hemiptera e Lepidoptera. Porém, também
268 foi exclusiva em registrar a classe Gastropoda (1%). Além disso, apresentou a maior
269 abundância relativa da subclasse Oligochaeta (36%), seguida por Hirudinea (6%) e
270 Bivalvia (3%) e a menor da ordem Trichoptera (0,08%), seguida por Coleoptera
271 (0,05%) e o filo Nematoda (0,05%). A ordem Diptera totalizou cerca de 42% da
272 abundância relativa de táxons nas faixas de vegetação com 15 metros. A categoria com
273 30 metros apresentou a maior representatividade da classe Ostracoda (4%) e das ordens
274 Coleoptera (10%) e Hemiptera (1%), e a menor da subclasse Oligochaeta (0,01%) e
275 Hirudinea (apenas 1 indivíduo). A ordem Diptera totalizou cerca de 61% da abundância
276 relativa de táxons nessa categoria. Já nas faixas de APPs com 50 metros de vegetação, a
277 ordem Diptera apresentou a maior abundância relativa se comparada com as outras
278 categorias, cerca de 71%, que também foi a maior da faixa. Essa categoria também teve

279 a maior representatividade do filo Nematoda (cerca de 3%) e a menor da classe
280 Ostracoda (1%) e da ordem Ephemeroptera (3%).
281

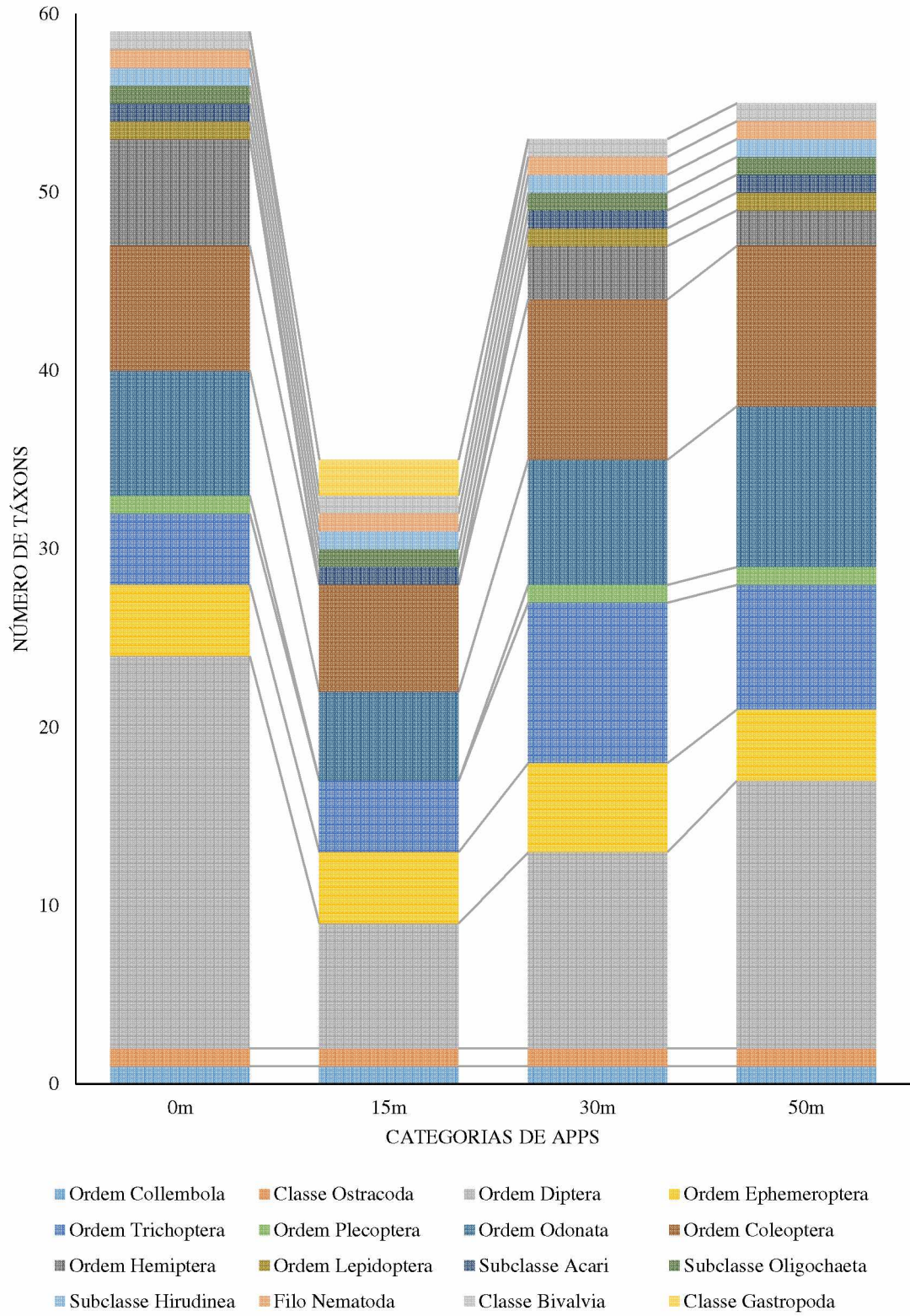
Figura 7. Abundância relativa dos táxons nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: As linhas cinza delimitam a ocorrência de cada táxon na categoria de APP.



Quanto à riqueza (expressa em UTOs), os pontos sem vegetação registraram o maior valor de riqueza, 59 UTOs, já as faixas de vegetação com 15 metros totalizaram o menor valor: 35 UTOs. As faixas de vegetação com 30 metros apresentaram 53 UTOs, e as com 50 metros totalizaram 55 UTOs.

A composição taxonômica nas categorias de APP avaliadas apresentou grande variação (Figura 8), com exceção da ordem Collembola, classe Ostracoda, ordens Plecoptera e Lepidoptera, subclasses Acari, Oligochaeta, Hirudinea, filo Nematoda e classe Bivalvia, que são representados por apenas uma UTO, e por isso só variaram quanto à presença e ausência, e não em número. A faixa com ausência de vegetação teve os maiores registros das ordens Diptera (22 UTOs) e Hemiptera (9 UTOs). Como já dito anteriormente, a categoria de 15 metros não registrou as ordens Plecoptera, Hemiptera e Lepidoptera, entretanto foi exclusiva para a ocorrência da classe Gastropoda. Essa categoria também registrou a menor composição da ordem Diptera (7 UTOs), Odonata (5 UTOs), Coleoptera (6 UTOs) e, juntamente com a categoria sem APP, também apresentou menor valor da ordem Trichoptera (4 UTOs). Os pontos com 30 metros de vegetação obtiveram a maior riqueza de UTOs nas ordens Ephemeroptera (5 UTOs), Trichoptera (9 UTOs) e, juntamente com a categoria de 50 metros, o maior valor de Coleoptera (9 UTOs). Os pontos com 50 metros de APP também obtiveram o maior valor da ordem Odonata (9 UTOs).

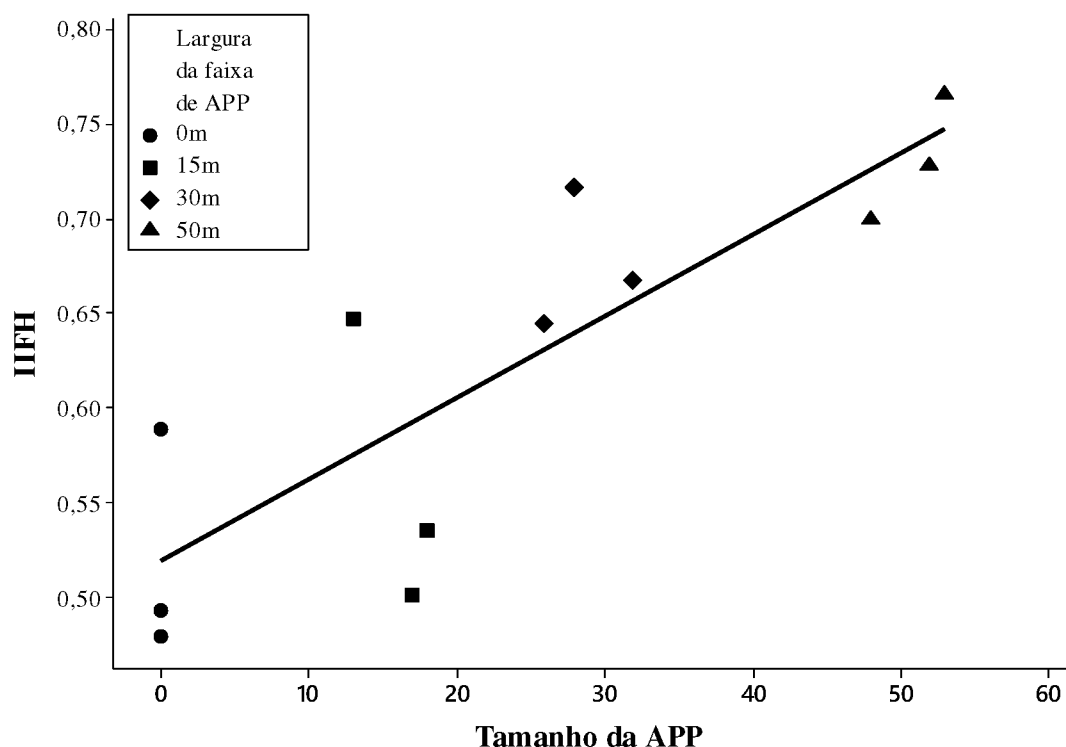
Figura 8. Composição taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: As linhas cinza delimitam a ocorrência de cada táxon na categoria de APP.



3.2.Largura da vegetação na APP e IIFH

As larguras da vegetação nas APPs foram significativamente e positivamente relacionadas com o IIFH (Figura 9) (RL; $p < 0,001$; $r^2 = 71,1\%$). Ou seja, as APPs com menores faixas de vegetação foram classificadas com habitat menos íntegros e as maiores com habitat mais íntegros. Se analisada por categorias, a APP sem vegetação apresentou IIFH médio de 0,53, seguido da faixa de vegetação de 15 metros, com IIFH médio de 0,56. A categoria de 30 metros obteve IIFH médio de 0,68 e, por fim, os pontos com 50 metros de vegetação apresentaram IIFH médio de 0,73.

Figura 9. Regressão linear entre o IIFH e a largura da vegetação nas faixas de APP avaliadas na APA Rio Uberaba. Equação da regressão: $IIFH = 0,5191 + 0,004311 * \text{Tamanho}$.



3.3. Qualidade da água e composição do sedimento

3.3.1. Análises categóricas das APPs

Em relação aos parâmetros físico-químicos da água, o pH, ORP e turbidez não diferiram entre as categorias de APP avaliadas. O pH apresentou valores próximos à neutralidade, sem indicações significativas de acidez ou basicidade. O ORP apresentou valores abaixo de 200mV (pouco oxidante). Todos os valores de turbidez ficaram abaixo de 100 NTU, valor máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2 (podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário). Já a CE e os STD foram maiores nas categorias de 15 metros e menores nas de 50 metros. Além disso, todas as variáveis citadas anteriormente não apresentaram diferenças estatísticas entre as estações amostrais (Tabela 3). A temperatura não variou entre as categorias de APPs, mas foi significativamente maior na estação chuvosa do que na estação seca (KW, $p < 0,001$; Tabela 3).

Em relação à composição do sedimento amostrado no leito dos rios, a granulometria dos sedimentos coletados em todos os pontos foi arenosa, independente da faixa de APP e a estação do ano. O mesmo padrão foi encontrado para a MO, a qual não variou entre as APPs e a estação do ano.

343 **Tabela 3.** Parâmetros físico-químicos da água e composição do sedimento ($\bar{X} \pm DP$) nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba,
 344 Uberaba, Minas Gerais. Legenda: Letras diferentes representam médias estatisticamente diferentes de acordo com o teste de Tukey. Temp. =
 345 Temperatura (°C).

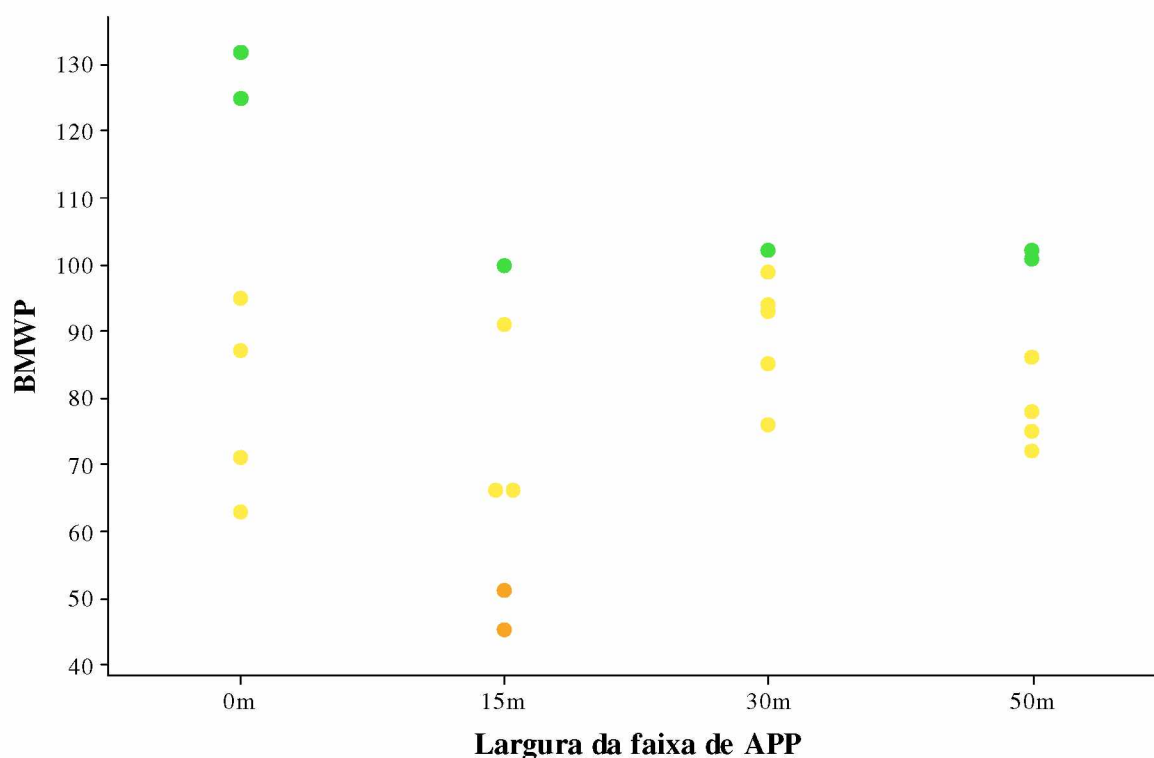
346

Parâmetros analisados		Categoria de APP				Teste e <i>p</i>
<i>Água</i>	0m	15m	30m	50m		
pH	7,51 ± 0,34 ^a	7,50 ± 0,22 ^a	7,55 ± 0,20 ^a	6,63 ± 0,80 ^a		KW, H = 4,92, <i>p</i> = 0,178
ORP	124,8 ± 72,6 ^a	109,9 ± 77,6 ^a	122 ± 48,2 ^a	167,3 ± 46,1 ^a		ANOVA, F = 0,96, <i>p</i> = 0,432
CE	59,8 ± 23,9 ^{a,b}	113,2 ± 43,9 ^a	89,5 ± 28,5 ^{a,b}	40,5 ± 61,5 ^b		ANOVA, F = 3,52, <i>p</i> = 0,034
STD	29,67 ± 11,67 ^{a,b}	56,67 ± 21,88 ^a	44,33 ± 13,89 ^{a,b}	20 ± 30,6 ^b		ANOVA, F = 3,59 <i>p</i> = 0,032
Temp. (chuvosa)	22,76 ± 0,05 ^a	23,55 ± 2,04 ^a	23,06 ± 0,37 ^a	23,42 ± 0,23 ^a		KW, H = 3,62, <i>p</i> = 0,306
Temp. (seca)	17,87 ± 1,38 ^a	16,90 ± 1,88 ^a	17,05 ± 1,14 ^a	17,78 ± 1,19 ^a		KW, H = 1,05, <i>p</i> = 0,789
Turbidez	7,57 ± 2,79 ^a	10,37 ± 4,73 ^a	10,68 ± 5,68 ^a	5,39 ± 2,31 ^a		KW, H = 7,52, <i>p</i> = 0,057
<i>Sedimento</i>						
Granulometria	Arenosa				-	
MO	1,32 ± 1,09 ^a	0,55 ± 0,16 ^a	0,47 ± 0,45 ^a	0,52 ± 0,47 ^a		KW, H = 4,35, <i>p</i> = 0,226

347

Usando uma análise descritiva e comparativa dos valores das pontuações, verificou-se que o BMWP também foi similar entre as categorias de APPs, com variações de satisfatória a boa, com exceção à categoria de 15 metros, que apresentou qualidade ruim (Figura 10).

Figura 10. Classificações da qualidade da água pelo BMWP nas categorias de APPs avaliadas na APA Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais. Legenda: laranja: qualidade ruim (20 – 59), amarelo: qualidade satisfatória (60 – 99); verde: qualidade boa (100 – 100) (Ver Tabela 1).

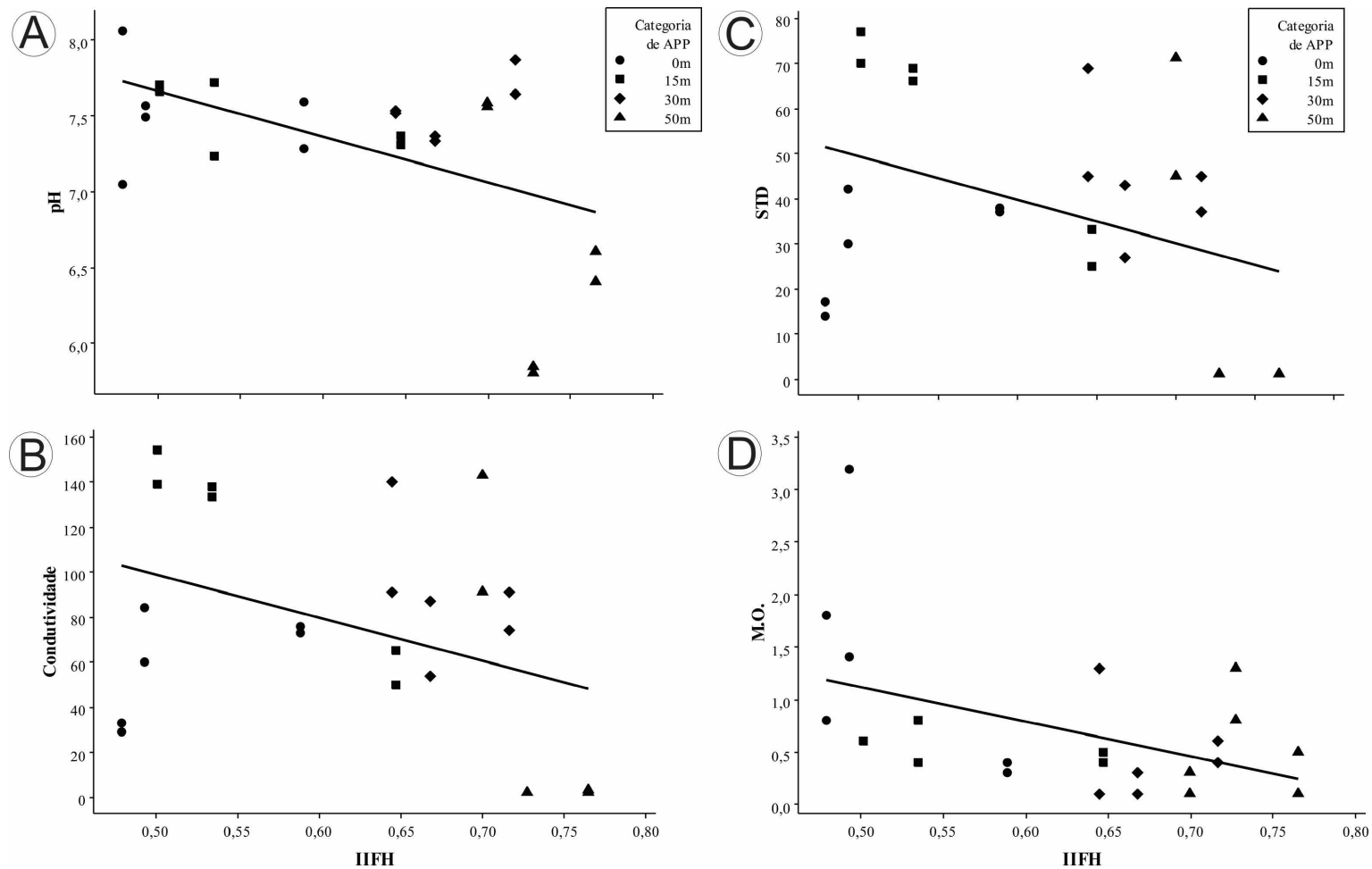


3.3.2. Relações das métricas com o IIFH

Ao analisar a relação entre os parâmetros físico-químicos da água e o IIFH, a CE (RL, $p = 0,062$) e STD (RL, $p = 0,058$) apresentaram a tendência de diminuir em

ambientes mais íntegros (Figura 11B, C), mas ambas não foram significativas, apesar dos valores de p marginais. O pH (CS, $Rho = -0,405$, $p = 0,049$) foi negativamente correlacionado com IIFH (Figura 11A). Os demais parâmetros analisados (ORP, temperatura, BMWP e turbidez) não apresentaram nenhuma relação ou tendência com o IIFH. Sobre o sedimento, a MO também foi correlacionada negativamente com IIFH (CS, $Rho = -0,447$, $p = 0,028$), demonstrando que os habitats mais íntegros possuem menor quantidade de MO (Figura 11D).

371 **Figura 11.** Relações e correlações do IIFH, parâmetros físico-químicos da água e do sedimento nas categorias de APP avaliadas na APA Rio
 372 Uberaba. A) pH ($Rho = -0,405$, $p = 0,049$); B) CE ($r^2 = 14,9\%$, $p = 0,062$); C) STD ($r^2 = 15,4\%$, $p = 0,058$); D) MO ($Rho = -0,447$, $p = 0,028$).



373

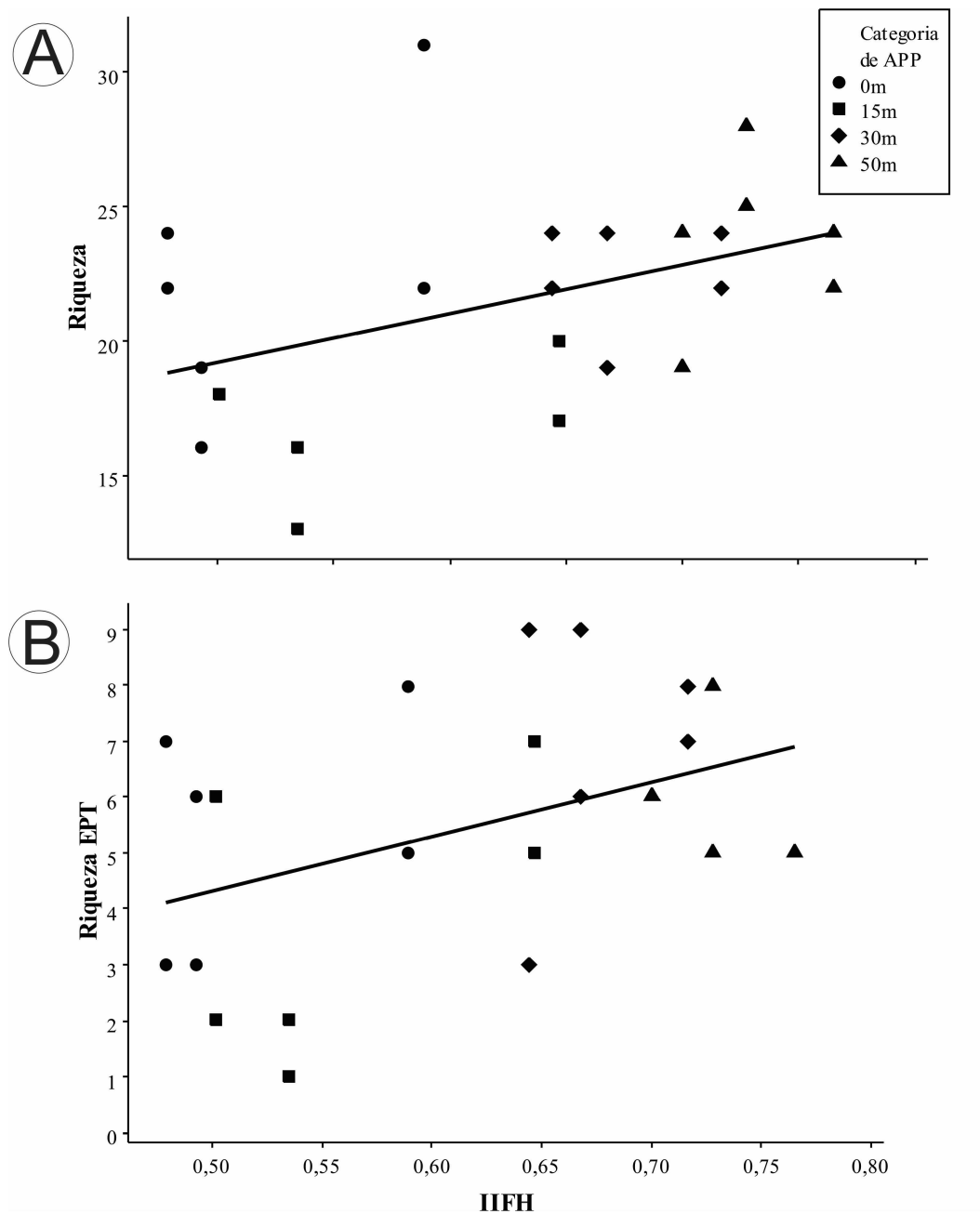
3.4. Comunidade de MB e IIFH

Entre as métricas utilizadas para avaliar a comunidade de MB na área de estudo, houve relação significativamente positiva entre o IIFH e a riqueza (RL, $r^2 = 19,3\%$, $p = 0,032$) e entre o IIFH e a riqueza de EPT (RL, $r^2 = 18,1\%$, $p = 0,038$) (Figura 12). Já o BMWP não apresentou relação significativa com a integridade do habitat ($p = 0,52$).

Figura 12. Relação significativa do IIFH com métricas da comunidade de macroinvertebrados bentônicos nas categorias de APP avaliadas na APA Rio Uberaba.

A) riqueza: $r^2= 19,3\%$, $p=0,032$ (Equação da regressão: $Riqueza=10,02+18,25*IIFH$);

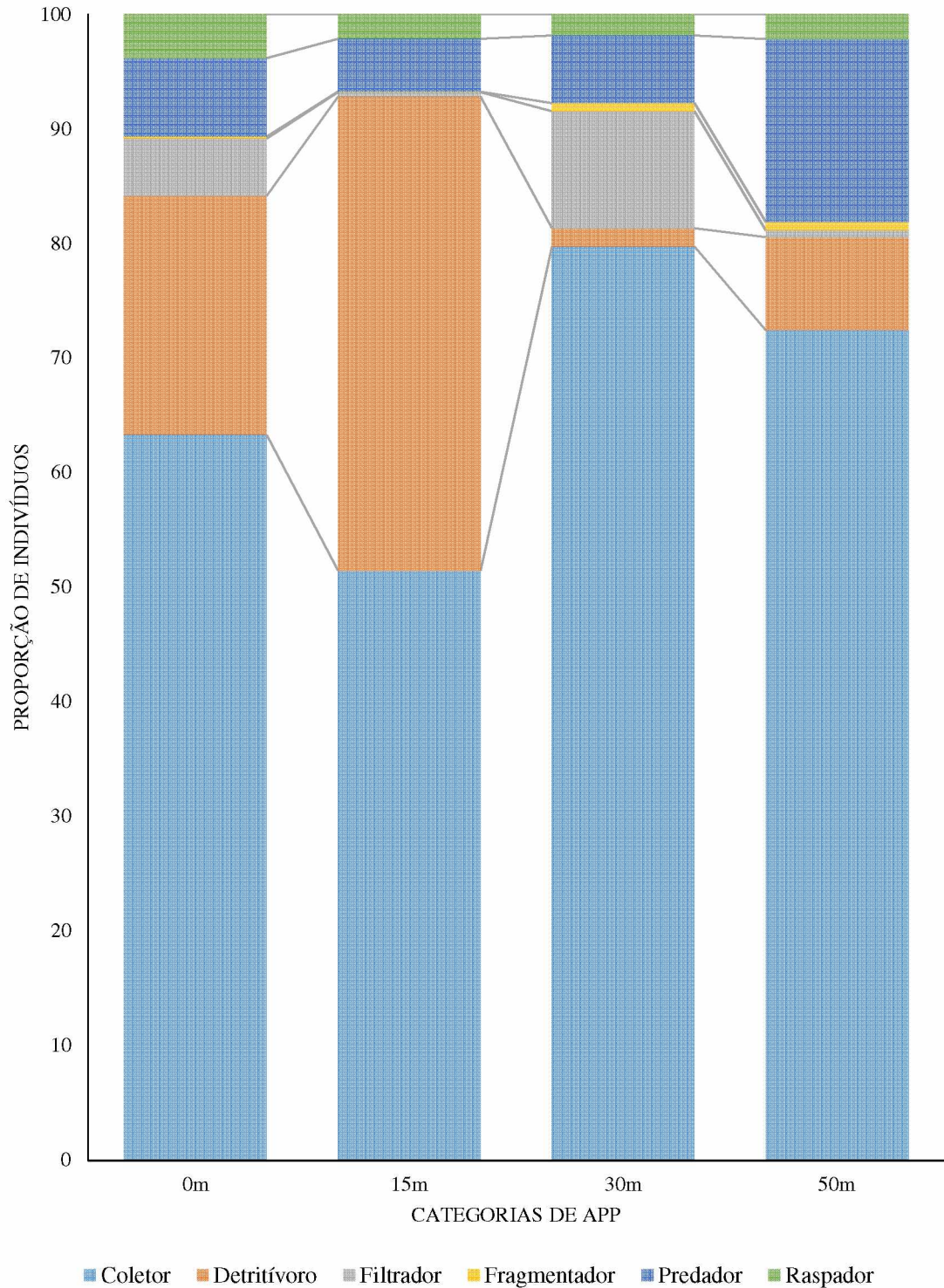
B) riqueza EPT: $r^2= 18,1\%$, $p=0,038$ (Equação da regressão: $Riqueza\ EPT=-0,567+9,751*IIFH$).



3.5. Composição funcional de MB nas categorias de APP

Dos sete principais GFA descritos por Merritt et al. (2014), seis foram encontrados nesse trabalho: coletor, detritívoro, filtrador, fragmentador, predador e raspador. O resultado da tabela de contingência mostrou que os GFA foram diferentes entre as categorias de APP ($\chi^2 = 2043$, $gl = 15$, $p = 0,0001$). A categoria de APP sem mata ciliar foi marcada pela alta presença de detritívoros e coletores, com pouca representatividade de predadores e fragmentadores. A categoria com 15 metros de vegetação também teve grande número de detritívoros, os filtradores não ocorreram e os GFAs restantes apareceram em quantidade muito pequena. Os pontos com 30 metros de vegetação registraram os coletores com a maior proporção, seguido pelos filtradores, enquanto os raspadores, fragmentadores e predadores apareceram em menor proporção. Já na categoria com 50 metros, os coletores foram os mais expressivos, seguidos pelos predadores apareceram com alguma expressividade, e os fragmentadores e filtradores com pouca expressividade (Figura 13).

Figura 13. Proporção dos grupos funcionais de macroinvertebrados bentônicos encontrados nas categorias de APP avaliadas na APA Rio Uberaba. Legenda: As linhas cinzas indicam o limite de cada GFA na categoria de APP.



4. Discussões

A composição taxonômica geral da comunidade de MB aferida na APA Rio Uberaba foi de acordo com o esperado na literatura, pois apresentou grande representatividade de Arthropoda, Insecta e Diptera. Esses táxons são comumente citados como representantes da comunidade lótica bentônica (Ribeiro; Uieda, 2005; Santos et al., 2016), especialmente Diptera, que ocorre em altas abundâncias e riqueza (Uieda; Gajardo, 1996). Foi possível verificar que a abundância relativa e a riqueza de UTOs dos Diptera foram as mais representativas entre todas as categorias de APP, em conformidade com o descrito na literatura. A ordem Diptera é muito diversificada e, dentre seus representantes, a família Chironomidae tem muita importância dentre os MB, pois além de diversa, ocorre com abundância e está presente na maioria dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 1988; Mugnai et al., 2010; Epler, 2001). Dentre os seis GFA descritos por Merritt et al. (2014), apenas os Sugadores não foram encontrados, pois são mais raros e presentes em menor número nos ecossistemas aquáticos.

As ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera, considerados bons bioindicadores, de maneira geral, apresentaram altos valores de riqueza e composição nas faixas com 30 metros e 50 metros de vegetação, valores intermediários nos pontos sem vegetação ripária e baixos valores nas categorias de APP com 15 metros. Esse fato por estar relacionado à sensibilidade dessas ordens às alterações ambientais (Callisto et al., 2001), analisadas neste capítulo pela integridade do ambiente (IIFH). A integridade do ambiente nas categorias com 15 metros de vegetação foi bem próxima à integridade do ambiente nas APPs sem vegetação, o que não foi previsto pela hipótese deste estudo. Isto pode ter ocorrido porque a maioria dos pontos amostrais sem vegetação apresentavam a ocorrência de macrófitas aquáticas, o que ocasionou em aumentos no IIFH para esta categoria. Ou seja, a alta ocorrência de macrófitas nos pontos sem

vegetação ripária parece ter atuado como um fator mitigador da própria ausência da vegetação na APP. Consequentemente, isto contribuiu para que a categoria sem vegetação apresentasse, por exemplo, abundância relativa e composição de EPTs maiores que o esperado, e até superior que a categoria de 15 metros. De acordo com Agostinho et al. (2003), as macrófitas aquáticas têm importante papel na estruturação de ecossistemas aquáticos, principalmente por proporcionar aumento da heterogeneidade ambiental, fato que Cremona et al. (2008) constata ser muito importante para o aumento da biodiversidade local. Pode ser por isso que a categoria com faixa sem vegetação ripária apresentou abundância relativa e composição de outros táxons similares às categorias com maiores faixas de APP. A subclasse Oligochaeta, considerada tolerante às alterações ambientais, apresentou maior representatividade na categoria de 15 metros de APP. Esse fato também está relacionado com a alta presença do GFA Detritívoros nessa categoria, pois os Oligochaeta são organismos detritívoros, que se alimentam de matéria orgânica depositada no sedimento, favorecendo sua adaptação aos mais diversos ambientes (Goulart; Callisto, 2003). As categorias com menores tamanhos de vegetação também apresentaram pouco ou nenhum representante da ordem Plecoptera, táxon considerado um importante indicador da qualidade ambiental (Mazzoni et al., 2014). Assim como com os Plecoptera (organismos predadores), essas categorias de APP apresentaram baixa ocorrência do GFA predador, ao contrário do ocorrido nas categorias com maiores vegetação.

Os tamanhos da vegetação ripária nas APPs foram fortemente relacionados com a integridade física dos habitats. Ou seja, APPs com vegetações reduzidas tendem a possuir ambiente menos íntegro, assim como maiores extensões de vegetação na APP proporcionam habitats mais íntegros. Alguns trabalhos indicam que cursos d'água com

decréscimo na integridade ambiental estão relacionados ao uso do solo e a ausência de vegetação ripária (Ferreira et al., 2017; Santos et al., 2016; Flynn, 2011; Felizola, 2005).

Apesar deste capítulo ter apresentado situações em que a integridade de um ambiente sem vegetação ripária pode ser similar ou próxima à integridade de ambientes com vegetação ripária, devido à presença de macrófitas aquáticas, essa situação é prevista e pontuada no IIFH. Por isso é importante avaliar os pontos de coleta de acordo com sua integridade física, pois o índice considera diversos fatores que podem influenciar as comunidades aquáticas, e não só a vegetação ripária nas APPs. Assim, diferentemente do previsto pela hipótese deste capítulo, as categorias de APP com tamanhos menores de vegetação não apresentaram qualidade da água inferior às categorias com tamanhos maiores. A qualidade da água foi similar e classificada como boa em todos os pontos, tanto pelos parâmetros físico-químicos como pelo BMWP. Em relação às análises físico-químicas, o pH se manteve dentro da faixa adequada para a proteção da vida aquática, entre 6 e 9 (CETESB, 2009). O ORP obteve valores abaixo de 200mV, indicando que a água é pouco oxidante em todas as categorias, que de acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005) esse valor indica condições de rios não poluídos. A CE e o STD variou entre as faixas de APP, sendo que 15 metros apresentou a maior média e 50 metros a menor. A faixa de 15 metros registrou média de CE superior à 100 μ S/cm, que de acordo com a (CETESB, 2009), esse valor indica ambientes impactados. Porém, a CE está relacionada com a quantidade de STD, que aumenta à medida que mais STD são adicionados à água. Como a quantidade de STD foi inferior ao valor máximo estabelecido pela Conama 20/86, de 500 mg/L, a variação na condutividade pode estar relacionada a chuvas próximas ao período da coleta. A temperatura e a turbidez não apresentaram variações significativas que poderiam interferir na qualidade da água e na preservação das comunidades aquáticas. Por fim, a

481 qualidade da água ser satisfatória/boa, mesmo em pontos com baixa ou ausência de
482 vegetação, pode estar relacionado à região de estudo, que está inserida em uma unidade
483 de conservação, a APA Rio Uberaba (Área de Proteção Ambiental).

484 De fato, considerando a relação entre o IIFH, os parâmetros físico-químicos da
485 água e do sedimento, os resultados demonstraram que o pH apresentou uma forte
486 tendência com IIFH, uma vez que seu valor diminui à medida que a integridade do
487 ambiente aumentava, de tal modo a ser favorável à conservação das espécies aquáticas
488 (CETESB, 2009). A MO do sedimento também foi correlacionada negativamente com
489 índice, ou seja, os ambientes mais íntegros apresentaram menor quantidade de MO.
490 Baixas concentrações de MO estão relacionadas a fontes autóctones, e altas
491 concentrações possivelmente estão relacionadas a fontes alóctones (CETESB, 2009).
492 Possivelmente neste trabalho essa constatação está relacionada com a forte presença de
493 gado na região, que em faixas de APP com baixa ou ausência de vegetação, possibilitam
494 um acesso facilitado de animais ao curso d'água, contribuindo para o aumento da MO
495 presente no sedimento, principalmente devido às suas excretas.

496 Dentre as métricas utilizadas para analisar a comunidade de MB, a riqueza e a
497 riqueza de EPT apresentaram relação significativa com o IIFH, de modo que as áreas
498 mais íntegras obtiveram maiores valores para tais métricas, como foi previsto pela
499 hipótese do trabalho. Ambientes com boa integridade ambiental fornecem habitats e
500 substratos para as comunidades aquáticas, contribuindo para sua preservação. Trabalhos
501 indicam que ambientes mais conservados possuem comunidades de MB mais ricas e
502 diversas (Silva, 2014; Santos et al., 2016; Souza; Simião-Ferreira, 2015; Flynn, 2011).
503 De acordo com Felizola (2005), áreas não íntegras com desmatamento da vegetação
504 marginal, possuem forte assoreamento e sedimentação dos sistemas aquáticos,
505 diminuindo a riqueza da comunidade bentônica.

5. Conclusões

Esse capítulo indicou a importância da presença da vegetação ripária nas APPs, principalmente em altas densidades (30 e 50 metros), que mantem o ambiente mais íntegro, ocasionando na comunidade de MB preservada e mais rica. A unidade de conservação também demonstrou importante papel em manter a qualidade da água em condições favoráveis à proteção da vida aquática. A avaliação dos ambientes por meio de índices tem grande relevância em obter resultados abrangentes, como no caso do IIFH, que considera diversas características no ambiente e não apenas a vegetação ripária. Desta maneira, fica evidente a importância da discussão sobre o atual Código florestal brasileiro (Lei 12.651/2012), principalmente sobre medidas que regulamentem as vegetações ripárias das APPs, instituindo o tamanho legal que deve estar presente (30 metros), bem como, a sua preservação, a fim de evitar por exemplo, a presença de gado nessas áreas. Pois os resultados indicaram que, quando presente, a vegetação ripária normatizada pelo Código florestal brasileiro (30 metros) é capaz de manter o ambiente íntegro e conservar as comunidades de MB.

6. Referências

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; JULIO JR., H. F. 2003. **Relações entre macrófitas e fauna de peixes**. In: S. M., THOMAZ & L. M., BINI, (Orgs). Ecologia e manejo de macrofitas aquáticas. Maringá: EDUEM. p. 261-29.
- ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35 (1), p.:257–284.
- BEGHELLI, F.G.S.; CARVALHO, M.E.K.; PECHE FILHO, A.; MACHADO, F.H.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPEO, M.L.M.; RIBEIRO, A.I.; MEDEIROS, G.A. 2014. Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiá-Mirim - SP - BR. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol**, v.19 (1), p.: 13-22.
- BELTRÃO, G.B.M.; MEDEIROS, E.S.F.; RAMOS, R.T.C. 2009. Effects of riparian vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish assemblage in a tropical Brazilian reservoir. **Biota Neotrop.**, v.9 (4), p. 37-43.
- BLEVINS, Z.W.; EFFERT, E.L., WAHL, D.H.; SUSKI, C.D. 2013. Land use drives the physiological properties of a stream fish. **Ecological Indicators**,v. 24,p.:224–235.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H. & STATZNER, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**. 51:495-523.

545 BOYS, C.A.; THOMS, M.C. 2006. A large-scale, hierarchical approach for assessing
 546 habitat associations of fish assemblages in large dryland rivers. **Hydrobiologia**, v.
 547 572 (1), p.:11-31.

548 BRASIL. 2012. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Novo Código
 549 Florestal Brasileiro. Brasília, 2012.

550 CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados como
 551 ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos**
 552 **Hídricos**, v.6, p.: 71-82.

553 CARVALHO, P. G. S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados.
 554 Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56,

555 CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2009. **Qualidade das**
 556 **Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios**. Apêndice A -
 557 Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos
 558 Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.

559 CONAMA. 1986. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986**. Estabelece a
 560 classificação de águas doces, salobras e salinas. Brasília.

561 CONAMA. 2002. **Resolução nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre
 562 parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília.

563 CONAMA. 2005. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho
 564 Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:
 565 <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 3 fevereiro.
 566 2017.

567 CREMONA, F.; PLANAS, D.; LUCOTTE, M. 2008. Biomass and composition of
 568 macroinvertebrate communities associated with different types of macrophyte

569 architectures and habitats in a large Auvial lake. **Fundamental and Applied**
570 **Limnology**, v. 2 (11), p.: 119-130.

571 CUMMINS, K.W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. **Annual Review of**
572 **Entomology**, v.18, p.:183-206.

573 CUMMINS, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystems. **BioScience**,
574 v.24, p.; 631-641.

575 CUMMINS, K.W.; KLUG, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates.
576 **Annual Review of Ecological Systems**, v.10, p.: 147-172.

577 DANGER, A.R.; ROBSON, B. J. 2004. The effects of land use on leaf-litter
578 processing by macroinvertebrates in an Australian temperate coastal stream.
579 **Aquatic Sciences**, v.66 (3), p.: 296–304.

580 EPLER, J.H. 2001. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of**
581 **North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the**
582 **southeastern United States, including Florida.** Dept. of Environment and
583 Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management
584 District, Palatka, FL. 526 pp.

585 ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro:
586 Interciência Ltda.

587 FELIZOLA, E.R. 2005. **Avaliação do processo de fragmentação de áreas naturais**
588 **de cerrado para proposição de um corredor ecológico no Distrito Federal.**
589 Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 73 p.

590 FERREIRA, P.V.N.; RUIZ, M.V.S.; AGUIAR, C.M.A. 2017. Influência do uso e
591 ocupação do solo na qualidade ambiental do Córrego Lagoinha, em Uberlândia
592 (MG). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.13 (1).

593 FIORUCCI, A.R.; BENEDETTI FILHO, E. 2005. A importância do oxigênio
 594 dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química e sociedade**, n 22.

595 FLYNN, M.N.; LOURO, M.P.; SILVA, L.C.M.; ROSSI, M.V. 2011. Indicadores de
 596 qualidade da água e biodiversidade do Rio Jaguari-Mirim no trecho entre as
 597 pequenas centrais hidrelétricas de São José e São Joaquim, São João da Boa Vista,
 598 São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e**
 599 **Sociedade**, v. 4 (2), p.: 19-35.

600 FROELICH, C.G. (org.). 2007. *In*: Guia on-line: **Identificação de larvas de Insetos**
 601 **Aquáticos do Estado de São Paulo**. Disponível em:
 602 <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso 18 de janeiro de 2017.

603 GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como
 604 ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, no 1.

605 HCP - HABITAT CONSERVATION PLAN. 2009. **Compiled white papers for**
 606 **hydraulic project habitat conservation plan approval habitat conservation**
 607 **plan** (Hcp). Washington department of fish & wildlife.Washington: WDFW
 608 Publications, p.:7-170. Disponível em:
 609 <[http://wdfw.wa.gov/publications/00803/7_riparian_vegetation_and_lwd_2009-](http://wdfw.wa.gov/publications/00803/7_riparian_vegetation_and_lwd_2009-03-25.pdf)
 610 [03-25.pdf](http://wdfw.wa.gov/publications/00803/7_riparian_vegetation_and_lwd_2009-03-25.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2014.

611 KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
 612 Wall-map 150cmx200cm.

613 KUHLMANN, M.L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G.; OGURA, L.L.; IMBIMBO,
 614 H.R.V. 2012. Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades bentônicas
 615 de rios e reservatórios do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 113p.

616 LORENZI, H. 2002. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de**
 617 **plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum.

618 MARGALEF, R. 1983. **Limnología**. Ediciones Omega, Barcelona, Espanha.

619 MAURO, M.L.; CASTRO, K.J.S.X.; CAMPOS, I.C.; RODRIGUES, N.U.A.;

620 VALERA, C.A. 2015. Desafios na delimitação do zoneamento da área de

621 proteção ambiental do rio Uberaba (Uberaba/MG). **I Simpósio Internacional de**

622 **Águas, Solos e Geotecnologias –SASGEO**.

623 MAZZONI, A.C.; LANZER, R.; SCHAFER, A. 2014. Tolerance of benthic

624 macroinvertebrates to organic enrichment in highland streams of northeastern Rio

625 Grande do Sul, Brazil. **Acta Limnol. Bras**, v. 26 (2).

626 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (eds). 2006. **An introduction to the aquatic**

627 **insects of North America**, 3rd edition. Iowa, Kendall Hunt Publishing.

628 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; BERG, M.B. (eds). 2008. **An introduction to**

629 **the aquatic insects of North America**, 4th edition. Iowa, Kendall Hunt

630 Publishing.

631 MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W.; CAMPBELL, E.Y. 2014. **Uma Abordagem**

632 **Funcional Para a Caracterização de Riachos Brasileiros**. In N. Hamada, J. L.

633 Nessimian, R. B. Querino (Orgs). Insetos aquáticos na Amazônia brasileira:

634 taxonomia, biologia e ecologia. Manaus - AM, Brasil, Editora do Instituto

635 Nacional de Pesquisas da Amazonia, p. 69-87.

636 MONTEIRO, T.R.; OLIVEIRA, L.G.; SPACEK GODOY, B.S. 2008.

637 Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados

638 bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO.

639 **Oecologia Brasiliensis**, v.12 (3), p. 553-563.

640 MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação**

641 **de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro:

642 Technical Books, 176p.

643 NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H.; MCCLAIN, M.E. 2005. **Riparia: Ecology,**
644 **Conservation, and Management of Streamside Communities.** 1st edition, p.
645 448). Academic Press.

646 NESSIMIAN, J.L.; VENTICINQUE, E.; ZUANON, J.; DE MARCO, P.JR.; GORDO,
647 M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J.D.; JUAN, L. 2008. Land use, habitat integrity,
648 and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia,**
649 v.614, p. 117-131.

650 PALHIARINI, W.S.; PAGOTTO, J.P.A. 2015. A importância da vegetação ripária
651 para ambientes aquáticos continentais. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v.10 (2),
652 p.:66-74.

653 PLANO DE MANEJO EMERGENCIAL 2012. **Plano De Manejo Emergencial da**
654 **APA Do Rio Uberaba.** Prefeitura Municipal de Uberaba. Secretaria Municipal de
655 Meio Ambiente. Uberaba, Minas Gerais.

656 PUSEY, B.J.; ARTHINGTON, A.H. 2003. Importance of the riparian zone to the
657 conservation and management of freshwater fish: a review. **Mar. Freshwater**
658 **Res**, v. 54 (1), p.1-16.

659 RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L.; SILVA, J.C.S. 2001. **Cerrado: caracterização e**
660 **recuperação de matas de galeria.** Embrapa Cerrados, Brasília, DF.

661 RIBEIRO, L.O.; UIEDA, 2005. V.S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados
662 bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Rev. Bras. Zool.**,
663 v.22 (3).

664 RICHARDS, C.; HARO, R.J.; JOHNSON, B.L.; HOST, G.E. 1997.Catchment and
665 reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. **Freshwat.**
666 **Biol**, v. 37 (1), p.:219-230.

667 ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic**
668 **macroinvertebrates**. Nova York, Chapman & Chill.

669 SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados
670 bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal of Environmental**
671 **Analysis and Progress**, v.1 (1), p. 34-42.

672 SCARSBROOK, M.R.; HALLIDAY, J. 1999. Transition from pasture to native forest
673 land - use along stream continua: Effects on stream ecosystems and implications
674 for restoration. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research**,
675 v.33 (2), p.:293–310.

676 SEGURA, M.O.; VALENTE-NETO, F.;FONSECA-GESSNER, A. 2011. A. Family
677 level key to aquatic Coleoptera (Insecta) of Sao Paulo State, Brazil. **Biota**
678 **Neotrop**, v. 11 (1).

679 SEMEA. Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba. 2004. **Diagnóstico Ambiental**
680 **APA – Rio Uberaba**. Uberaba, Brasil.

681 SILVA, L.R.G. 2014. Macroinvertebrados como bioindicadores da qualidade da água
682 nos pontos de captação para o abastecimento urbano no município de Ouro Fino –
683 MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6 (3), p.: 83-91.

684 SILVEIRA, M.P.; QUEIROZ, J.F.; BOEIRA, R.C. 2004. Protocolo de Coleta
685 Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos.
686 Jaguariúna: EMPRAPA, 7 pp. (Comunicado Técnico 19).

687 SOUZA, M.C.; SIMIÃO-FERREIRA, J. 2015. Influência de fatores ambientais sobre
688 as comunidades de macroinvertebrados aquáticos em lagoas de inundação do rio
689 Araguaia. **Anais do II Congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**.

690 TATE, C. M. & HEINY, J. S., 1995, The ordination of benthic invertebrate
 691 communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors.
 692 **Freshwater Biology**, 33: 439-454.

693 UIEDA, V.S.; GAJARDO, I.C.S.M. 1996. Macroinvertebrados perifíticos encontrados
 694 em poções e corredeiras de um riacho. **Naturalia**, v. 21, p.: 31-47.

695 ZAMORA-MUÑOZ, C.; SAINZ-CANTERO, C.E.; SANCHEZ-ORTEGA, A.;
 696 ALBA-TERCEDOR, J. 1995. Are biological indices BMPW and aspt and their
 697 significance regarding water quality seasonally dependent? Factors explaining
 698 their. **War. Res.**, 29(1),p.: 285-290
 699 .

Capítulo 2

COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E ÍNDICE DE INTEGRIDADE FÍSICA DO HABITAT EM LAGOAS REPRESADAS DE VEREDAS SOB INFLUÊNCIA DE SILVICULTURA

Resumo

Grande parte das áreas nativas do Cerrado estão sendo substituídas por atividades antrópicas, tais como a silvicultura. Muito se discute sobre os impactos ambientais positivos ou negativos desta prática, mas pouco se fala sobre os seus efeitos na qualidade da água e nas comunidades aquáticas. Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar como a integridade física do habitat em veredas represadas influencia a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em uma área de silvicultura. Este estudo foi realizado em uma fazenda que possui cerca de 52 mil hectares de plantio de eucalipto, na qual em 11 lagoas de veredas foram aferidas a integridade física do habitat, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e a qualidade água. A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi amostrada em 38 UTOs, com predominância expressiva da família Chironomidae (Diptera). O índice de integridade física classificou grande parte das lagoas com o habitat íntegro (IIFH > 0,70), e a água exibiu qualidade boa/satisfatória. Constatou-se que as áreas analisadas possuem grandes extensões de áreas de preservação permanente e veredas conservadas, o que contribuiu para a manutenção da sua integridade. A adaptação do índice utilizado se mostrou muito eficiente para caracterizar a área de estudo, apresentado forte correlação com a riqueza.

Palavras-chave: Lagoas artificiais, cerrado, APP, bentos, eucalipto, bioindicadores.

1. Introdução

Os biomas brasileiros estão sofrendo intensos impactos ambientais devido à rápida expansão antrópica, relacionada principalmente com o uso do solo, tais como a pecuária e a agricultura (Flauzino et al., 2010). Um exemplo de uso da terra é a prática da silvicultura, que vem crescendo expressivamente no Brasil. De acordo com a IBA (2016), em 2015, a área ocupada por florestas plantadas no país representava aproximadamente 7,8 milhões de hectares, o que corresponde a cerca 0,9% do território brasileiro. Os plantios de eucalipto ocupam 5,6 milhões de hectares, representando 71,9% do total de florestas plantadas, sendo Minas Gerais o estado com a maior presença desta atividade (24%) (IBA, 2016).

A silvicultura é considerada uma alternativa para diminuir a supressão das matas nativas (Guimarães et al., 2008), visto que 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país vem desta atividade, sendo os 9% restantes oriundos de florestas nativas legalmente manejadas (IBA, 2016). No entanto, apesar disso, esta atividade pode implicar em vários impactos ambientais, os quais devem ser estudados e compreendidos (Guimarães et al., 2008). Muitos autores criticam a prática de silvicultura, principalmente pelo risco de esgotamento dos nutrientes do solo (Moledo, 2016), pelas modificações na cobertura e compactação do solo (Vital, 2007), pelo uso de defensivos agrícolas e por impactos negativos sobre a flora e a fauna (Lima, 1996). Porém, Moledo (2016) aponta que a aplicação de um plano de manejo adequado permite a exploração dessas áreas de plantio de forma cuidadosa, mitigando os impactos ambientais adversos e consolidando as práticas que geram impactos benéficos.

Os cursos d'água do Cerrado estão profundamente alterados pelas modificações dos ecossistemas naturais e também pela grande influência antrópica na região (Flauzino et al., 2010). De acordo com Souza et al. (2014b) e Bernhardt et al. (2005), os

ecossistemas aquáticos são muito importantes para a subsistência humana, por exemplo, para o abastecimento, fonte de alimentos e recreação. Os autores ainda apontam que apesar da qualidade da água ser um aspecto indispensável à essa subsistência humana, sua degradação atingiu níveis muito elevados nos últimos tempos. No Cerrado, o conhecimento sobre a qualidade da água em áreas alagadas, como as veredas, é bastante limitado, com poucos estudos publicados (por exemplo, Reid 1984, 1987, 1993 e 1994). Segundo Carvalho (1991), as veredas representam um ambiente de grande relevância dentro do Cerrado, por serem responsáveis pela manutenção e multiplicação da fauna terrestre e aquática, além de participarem do controle do fluxo do lençol freático e equilíbrio hidrológico dos cursos d'água. Entretanto, as veredas também são muito sensíveis às alterações antrópicas e possuem pouca capacidade regenerativa quando perturbadas (Carvalho, 1991).

Os Macroinvertebrados Bentônicos (definidos a partir daqui pela sigla MB) são organismos aquáticos de hábito bentônico, ou seja, vivem aderidos a pedras, cascalhos, folhas ou enterrados em sedimentos, lama ou areia (Zardo et al., 2013). Estes organismos são representados por diferentes táxons: Insecta, Annelida, Nematoda, Crustacea, Mollusca e alguns Turbellaria e Bryozoa (Kuhlmann et al., 2012). Os MB são muito sensíveis às alterações na qualidade ambiental, sendo ótimos bioindicadores dos ecossistemas aquáticos (Bonada et al., 2006). Eles reagem a mudanças na química e qualidade da água e habitat físico, por alterações na sua abundância e composição de espécies (Zamora-Munoz et al., 1995). Pouco se sabe sobre a diversidade dos MB no Cerrado e/ou Veredas e os dados obtidos até o momento são esparsos e centrados em poucos organismos (Dias, 1996; Martins-Silva et al., 2001), sendo que Pelli et al. (2014) relatam uma comunidade de MB rica no levantamento realizado em uma vereda, no município de Uberaba (MG). Sendo assim, há pouca informação sobre como os MB

respondem às alterações antrópicas nestes ecossistemas, em particular, nas atividades de silvicultura.

O corpo d'água é diretamente influenciado pelas atividades humanas desenvolvidas em seu entorno; em função disto, é imprescindível compreender como as comunidades biológicas reagem às alterações da qualidade da água, identificando quais variáveis físicas, químicas e biológicas as afetam (Marques et al., 1999). Assim, a qualidade do habitat é um fator muito importante para o estabelecimento e sucesso das comunidades biológicas em ambientes aquáticos. Diante disto, o objetivo geral deste capítulo foi avaliar como a integridade do habitat em lagoas artificiais de Veredas influencia a comunidade de MB em uma área sob influência da silvicultura. Os objetivos específicos foram: (1) inventariar a comunidade de MB, (2) adaptar o índice de integridade física do habitat, (3) investigar a integridade das lagoas artificiais e seu entorno, (4) verificar a qualidade da água dessas lagoas e (5) avaliar a correlação entre o índice de integridade do habitat e a comunidade de MB. Esta pesquisa testará a hipótese de que lagoas com habitats mais íntegros suportam uma comunidade de MB mais rica e possuem melhor qualidade da água.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

Esta pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Nova Monte Carmelo, pertencente à empresa Duratex, que abrange os municípios de Estrela do Sul, Nova Ponte, Araguari, Uberlândia, Indianópolis e Romaria, todos no Estado de Minas Gerais. A fazenda possui área total de aproximadamente 52 mil hectares, dos quais cerca de 38 mil hectares são destinados ao plantio comercial de eucalipto e cerca de 12 mil hectares são áreas em regeneração, áreas de preservação permanente e veredas. Para testar a hipótese deste

800 estudo, 11 lagoas aleatórias foram utilizadas na fazenda, com tamanhos variando entre
801 31m² e 81.350m² (Figura 1 e 2). Apesar da variação nos tamanhos das lagoas, esse fator
802 não foi considerado como uma característica na adaptação do índice de integridade
803 utilizado, pois este foi previamente testado e não apresentou significância com a
804 comunidade de MB (correlação de Spearman, $p > 0,05$). Todas as lagoas utilizadas
805 estão situadas em veredas e foram artificialmente formadas em função das atividades de
806 silvicultura desenvolvidas em seu entorno, como por exemplo a abertura de estradas,
807 que ocasionou seus represamentos. Para facilitar a leitura, o termo “veredas represadas/
808 lagoas artificiais de veredas” será referido no texto como apenas “lagoas”.

809

810 **Figura 1.** Localização das lagoas avaliadas pelo índice de integridade física do habitat, na amostragem de macroinvertebrados bentônicos e qualidade de
811 água na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

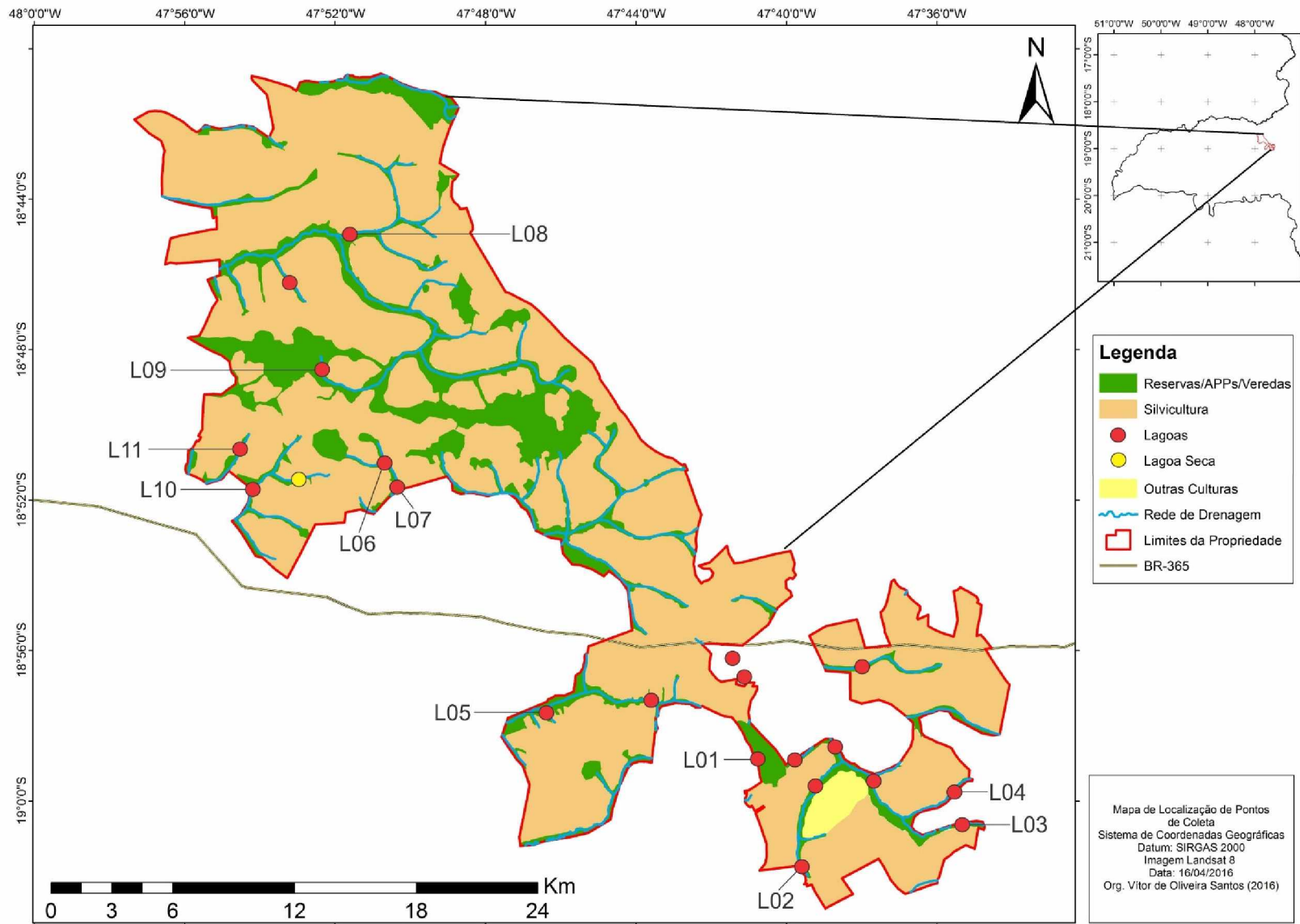
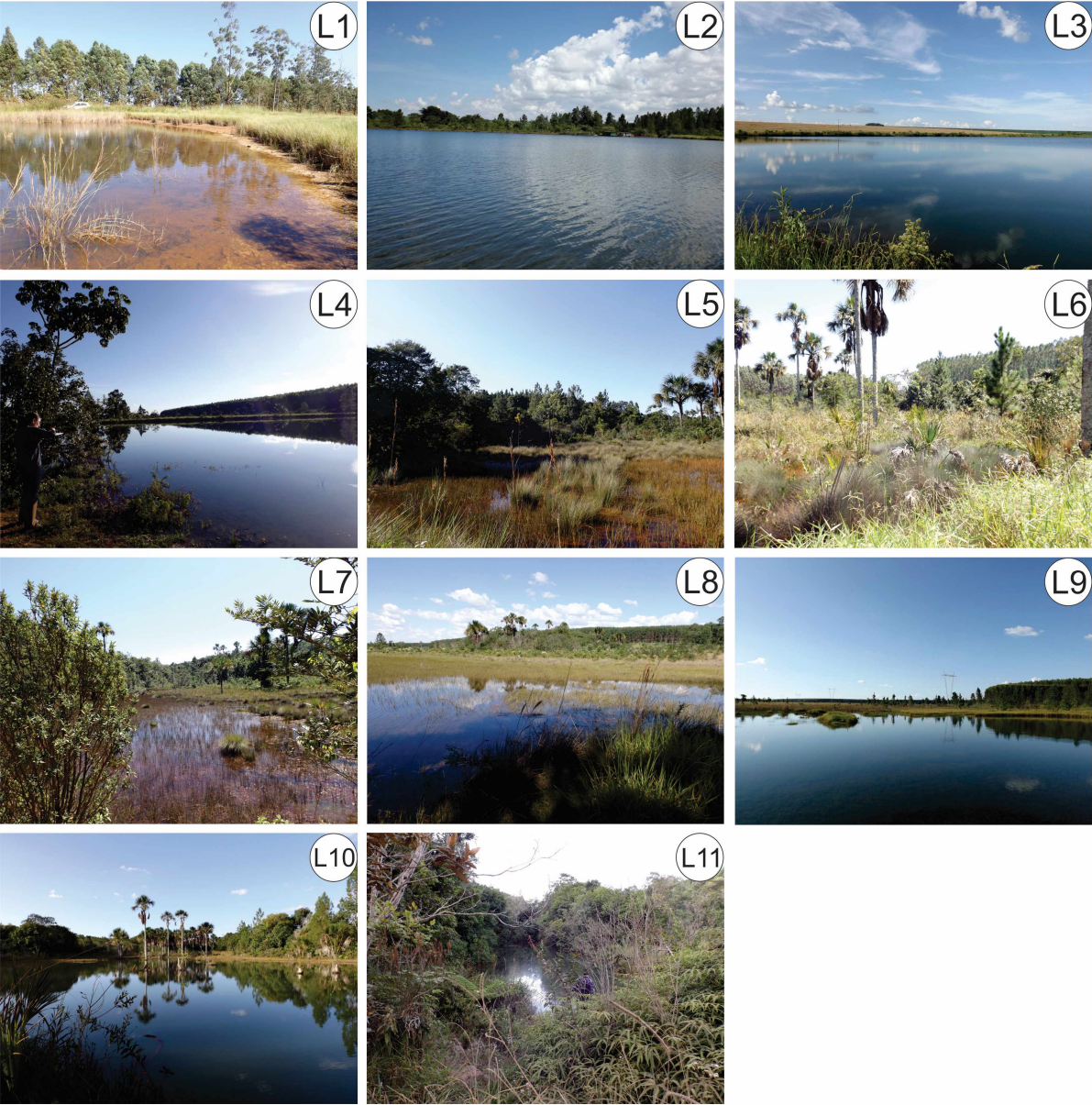


Figura 2. Lagoas avaliadas pelo índice de integridade física do habitat, na amostragem de macroinvertebrados bentônicos e qualidade de água na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.



2.2. Coleta de dados

As amostragens foram realizadas em uma única campanha com dois dias (condições climáticas semelhantes) em abril de 2016, final da estação chuvosa (Gottsberger; Silberbauer-Gottsberger, 2006). Todas as lagoas foram avaliadas quanto ao Índice de integridade física do habitat, comunidade de MB e variáveis físico-químicas da água. Não houve réplicas temporais, como coleta na estação seca, pois algumas das lagoas utilizadas são intermitentes, ou seja, secam total ou parcialmente durante a estiagem, o que inviabilizaria a replicação em todas as lagoas, impossibilitando os testes das hipóteses.

2.2.1. Índice de integridade física do habitat

O Índice de integridade física do habitat (IIFH) foi adaptado de Nessimian et al. (2008), de maneira a ser mais representativo para as lagoas. Desta forma, os habitats das lagoas amostradas foram avaliados de acordo com as características e condições (Tabela 1), em que o valor observado de cada condição (a_o) foi dividido pelo valor máximo da característica (a_m , Eq. 1). Foi feita a média do somatório das características (n , Eq. 2) para se obter a pontuação final. Assim, o IIFH variou de 0 a 1, sendo que maiores valores indicam ambientes mais íntegros e conservados e valores menores representam habitats mais perturbados.

Equação 1:

$$p_i = \frac{a_o}{a_m}$$

Equação 2:

$$\text{IIFH} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i}{n}$$

Tabela 1. Características, condições e pontuação do Índice de integridade física do habitat (adaptado de Nessimian et al., 2008) usadas para avaliar as lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

Características		Condições	Pontos
F1	Uso da terra (além da APP)	Silvicultura (eucalipto)	3
		Silvicultura e anual	2
		Cultura anual (milho)*	1
F2	Vereda (montante)	Maior que 0,8km ²	4
		0,4km ² - 0,8km ²	3
		0 km ² - 0,4km ²	2
		Sem vereda	1
F3	Condição da APP	Conservada	5
		Conservada com espécies invasoras	4
		Em regeneração	3
		Em regeneração com espécies invasoras	2
		Com predominância de braquiária	1
F4	Extensão APP	Maior ou igual a 100m	5
		De 30m a 100m	4
		De 5m a 30m	3
		De 1m a 5m	2
		Sem	1
F5	Macrófitas	Diferentes hábitos (Submersas, flutuantes e enraizadas)	4
		Dois Hábitos	3
		Um Hábito	2
		Sem macrófitas	1
F6	Detritos	Folhas, troncos e sedimento	3
		Algumas folhas e troncos com sedimento	2
		Sem folhas e troncos, com sedimento	1
F7	Presença de lixo	Não	2
		Sim	1

* Localizadas em fazendas vizinhas

2.2.2. Macroinvertebrados bentônicos

A metodologia utilizada para a coleta dos MB foi descrita no estudo de Santos et al. (2016) e detalhada no capítulo anterior. Os MB também foram utilizados para o

cálculo das métricas biológicas: *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) (adaptação de Monteiro et al., 2008), riqueza (número de UTO's), riqueza de EPT (número de UTO's das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) e dominância (abundância dos UTO's mais representativos de cada ponto, dividida pela abundância total aferida no ponto). O BMWP pontua as famílias de MB de acordo com sua tolerância à poluição orgânica, assim é possível classificar a qualidade da água (Tabela 2).

Tabela 2. Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido por Monteiro et al. (2008).

Classe	Somatório da pontuação	Qualidade	Cor
I	>150	Excelente	Azul
II	149 - 100	Boa	Verde
III	99 - 60	Satisfatória	Amarelo
IV	59 - 20	Ruim	Laranja
V	< 19	Muito ruim	Vermelho

2.2.3. Variáveis físico-químicas da água

As variáveis físico-químicas da água foram coletadas para descrever os parâmetros da água e analisar sua qualidade. A coleta foi realizada em campo com a sonda multiparâmetros Hanna HI 98194 e medidor de turbidez Hanna HI 98703-01 para as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxirredução (ORP), condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), temperatura e turbidez.

2.3. Análise dos dados

Os valores das variáveis foram expressos utilizando-se média (\bar{X}) e desvio-padrão (DP), mesmo para as variáveis não paramétricas. As correlações entre os

parâmetros físico-químicos da água e o IIFH foram analisadas por uma regressão, quando os testes *a priori* atendiam as premissas necessárias, e por uma Correlação de Spearman, quando não. As correlações entre as métricas biológicas e o IIFH também foram avaliadas por uma Correlação de Spearman, visto que o teste de normalidade foi realizado *a priori* e não atendeu às premissas necessárias. Todas as análises foram realizadas no programa estatístico Minitab® 17.1.0.

3. Resultados

3.1. Comunidade de MB

Ao todo foram amostrados 8.809 indivíduos, distribuídos em três filos (Arthropoda, Annelida e Nematoda), quatro classes, duas subclasses, sete ordens e 32 famílias (Tabela 3). O filo Arthropoda foi o mais representativo, com cerca de 92% dos indivíduos amostrados (8.113 organismos). O filo Annelida totalizou 7% (637 indivíduos) e o filo Nematoda teve apenas 1% de ocorrência (59 indivíduos), conforme a figura a seguir. Dentre as classes de Arthropoda, Insecta foi a mais importante, com 90% dos indivíduos, seguida por Arachnida com 1% e Ostracoda com menos de 0,05%. Dentre as ordens de Insecta, a mais recorrente foi Diptera com 79% de ocorrência, seguida por Hemiptera com 6%. As ordens restantes mantiveram ocorrências próximas a 1%. Dentre as famílias registradas, Chironomidae foi a de maior importância, representando cerca de 72% dos indivíduos amostrados. As famílias Ceratopogonidae e Corixidae também apresentaram elevada importância, com ocorrência aproximada de 5% cada (Figura 3).

897

Tabela 3. Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional, nas lagoas amostradas na

898

Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

Táxon dos organismos				Lagoas amostradas																							
Filo	Classe/ Subclasse	Ordem	Família	L01		L02		L03		L04		L05		L06		L07		L08		L09		L10		L11		Total	
Filo Arthropoda	Classe Ostracoda	Ordem Collembola							9	(0,1%)	1	(0,01%)						1	(0,01%)							11	(0,12%)
																		1	(0,01%)							41	(0,47%)
				39	(0,44%)			1	(0,01%)																		
	Ordem Diptera	Chironomidae	682	(07,74%)	74	(0,84%)	392	(04,45%)	1153	(13,09%)	631	(07,16%)	525	(05,96%)	545	(06,19%)	816	(09,26%)	1113	(12,63%)	112	(01,27%)	344	(03,91%)	6387	(72,51%)	
		Ceratopogonidae	1	(0,01%)	16	(0,18%)	15	(0,17%)	22	(0,25%)	196	(02,22%)	59	(0,67%)	11	(0,12%)	55	(0,62%)	14	(0,16%)	6	(0,07%)	79	(0,9%)	474	(05,38%)	
		Chaoboridae			2	(0,02%)							2	(0,02%)	3	(0,03%)	64	(0,73%)					12	(0,14%)	83	(0,94%)	
		Tabanidae											1	(0,01%)	6	(0,07%)	2	(0,02%)					3	(0,03%)	12	(0,14%)	
		Culicidae											1	(0,01%)											1	(0,01%)	
		Subtotal																								6957	(78,98%)
	Ordem Ephemeroptera	Oligoneuridae	2	(0,02%)																						2	(0,02%)
		Baetidae	26	(0,3%)							1	(0,01%)	14	(0,16%)	3	(0,03%)	57	(0,65%)	19	(0,22%)						120	(01,36%)
		Leptohyphidae	8	(0,09%)									4	(0,05%)					7	(0,08%)						19	(0,22%)
		Ephemeridae	4	(0,05%)													15	(0,17%)								19	(0,22%)
		Caenidae					2	(0,02%)	2	(0,02%)	3	(0,03%)			8	(0,09%)	15	(0,17%)	53	(0,6%)						83	(0,94%)
		Leptophlebiidae											1	(0,01%)												1	(0,01%)
	Subtotal																								244	(02,77%)	
	Ordem Trichoptera	Hydropsychidae			2	(0,02%)							2	(0,02%)									2	(0,02%)	6	(0,07%)	
		Leptoceridae	3	(0,03%)																					3	(0,03%)	
		Hydroptilidae			1	(0,01%)							4	(0,05%)	3	(0,03%)	5	(0,06%)	15	(0,17%)					28	(0,32%)	
		Xiphocentronidae											1	(0,01%)			3	(0,03%)	1	(0,01%)					5	(0,06%)	
		Subtotal																							42	(0,48%)	
	Classe Insecta	Ordem Odonata	Libellulidae	2	(0,02%)							1	(0,01%)	2	(0,02%)			32	(0,36%)	19	(0,22%)			2	(0,02%)	58	(0,66%)
			Calopterygidae	1	(0,01%)																					1	(0,01%)
			Aeshnidae						1	(0,01%)						1	(0,01%)	1	(0,01%)					5	(0,06%)	8	(0,09%)
			Coenagrionidae															1	(0,01%)	1	(0,01%)	1	(0,01%)	11	(0,12%)	14	(0,16%)
			Gomphidae																					3	(0,03%)	4	(0,05%)
			Perilestidae											2	(0,02%)			5	(0,06%)							7	(0,08%)
			Subtotal																							92	(0,%)
	Ordem Coleoptera	Gyrinidae									1	(0,01%)													1	(0,01%)	
		Dytiscidae											1	(0,01%)									1	(0,01%)	2	(0,02%)	
		Hydrophilidae	14	(0,16%)	7	(0,08%)			12	(0,14%)	2	(0,02%)	1	(0,01%)	3	(0,03%)							1	(0,01%)	40	(0,45%)	
		Noteridae							15	(0,17%)	7	(0,08%)	1	(0,01%)	3	(0,03%)	13	(0,15%)							39	(0,44%)	
		Elmidae											1	(0,01%)					1	(0,01%)					2	(0,02%)	
		Subtotal																	1	(0,01%)					84	(0,95%)	
	Ordem Hemiptera	Notonectidae							72	(0,82%)	5	(0,06%)					4	(0,05%)			2	(0,02%)	4	(0,05%)	87	(0,99%)	
		Corixidae							404	(04,59%)															404	(04,59%)	
		Veliidae							28	(0,32%)					1	(0,01%)	9	(0,1%)							38	(0,43%)	
		Naucoridae							1	(0,01%)	1	(0,01%)													2	(0,02%)	
		Mesovelidae																				1	(0,01%)	1	(0,01%)		
		Belostomatidae			1	(0,01%)					2	(0,02%)					3	(0,03%)							6	(0,07%)	
		Subtotal																							538	(06,11%)	

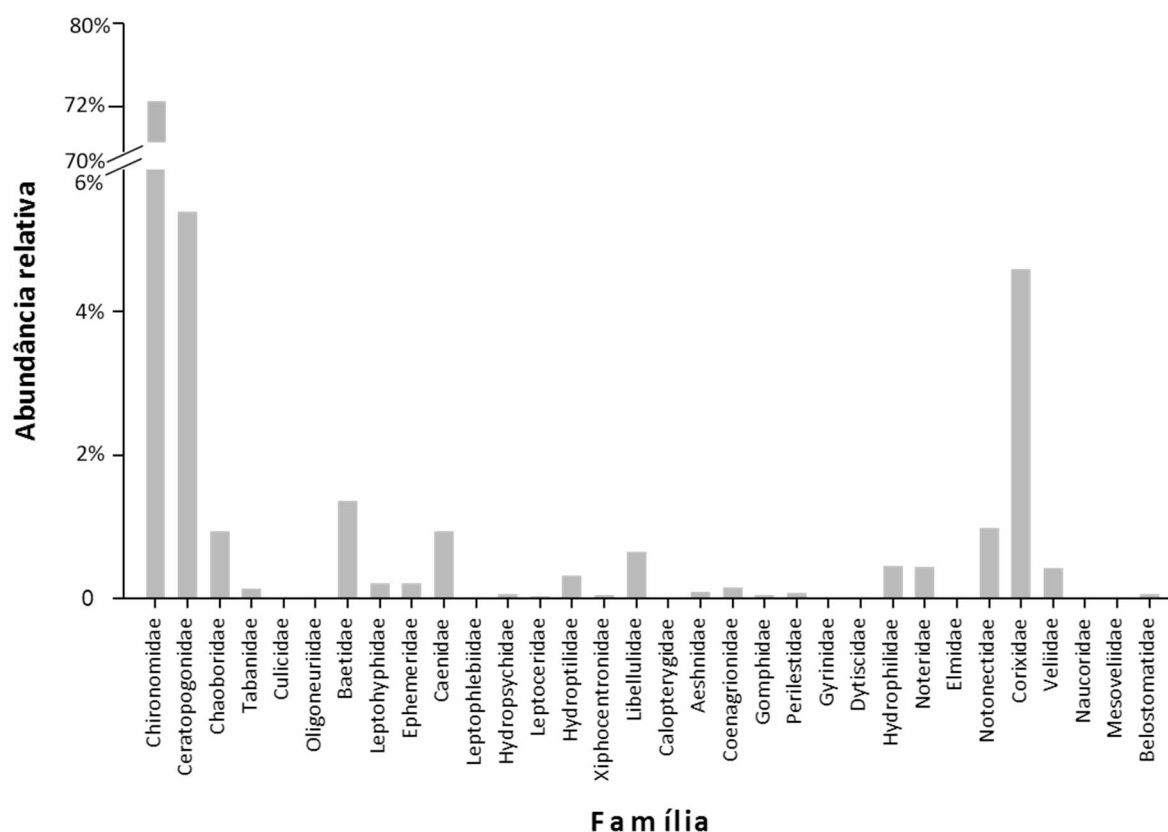
899

900

Tabela 3 (continuação). Abundância e proporção relativa dos macroinvertebrados bentônicos organizados em Unidade Taxonômica Operacional, nas lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

Táxon dos organismos				Lagoas amostradas																							
Filo	Classe/ Subclasse	Ordem	Família	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09	L10	L11	Total												
Filo Annelida	Classe Arachnida																										
	Subclasse Acari			3	(0,03%)	19	(0,22%)	4	(0,05%)	54	(0,61%)			1	(0,01%)	15	(0,17%)	5	(0,06%)	1	(0,01%)	2	(0,02%)	104	(01,18%)		
	Classe Clitellata																							637	(07,23%)		
	Subclasse Oligochaeta			11	(0,12%)	71	(0,81%)	18	(0,2%)	329	(03,73%)	42	(0,48%)	1	(0,01%)	5	(0,06%)	16	(0,18%)	29	(0,33%)	25	(0,28%)	45	(0,51%)	592	(06,72%)
Filo Nematoda	Subclasse Hirudinea			1	(0,01%)					36	(0,41%)			1	(0,01%)	1	(0,01%)					5	(0,06%)	1	(0,01%)	45	(0,51%)
				2	(0,02%)	1	(0,01%)										1	(0,01%)	44	(0,5%)	4	(0,05%)	7	(0,08%)	59	(0,67%)	
Total				796	(09,04%)	178	(02,02%)	447	(05,07%)	2052	(23,29%)	983	(11,16%)	623	(07,07%)	594	(06,74%)	1135	(12,88%)	1322	(15,01%)	156	(01,77%)	523	(05,94%)	8809	100%

Figura 3. Abundância relativa das famílias de insetos de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.



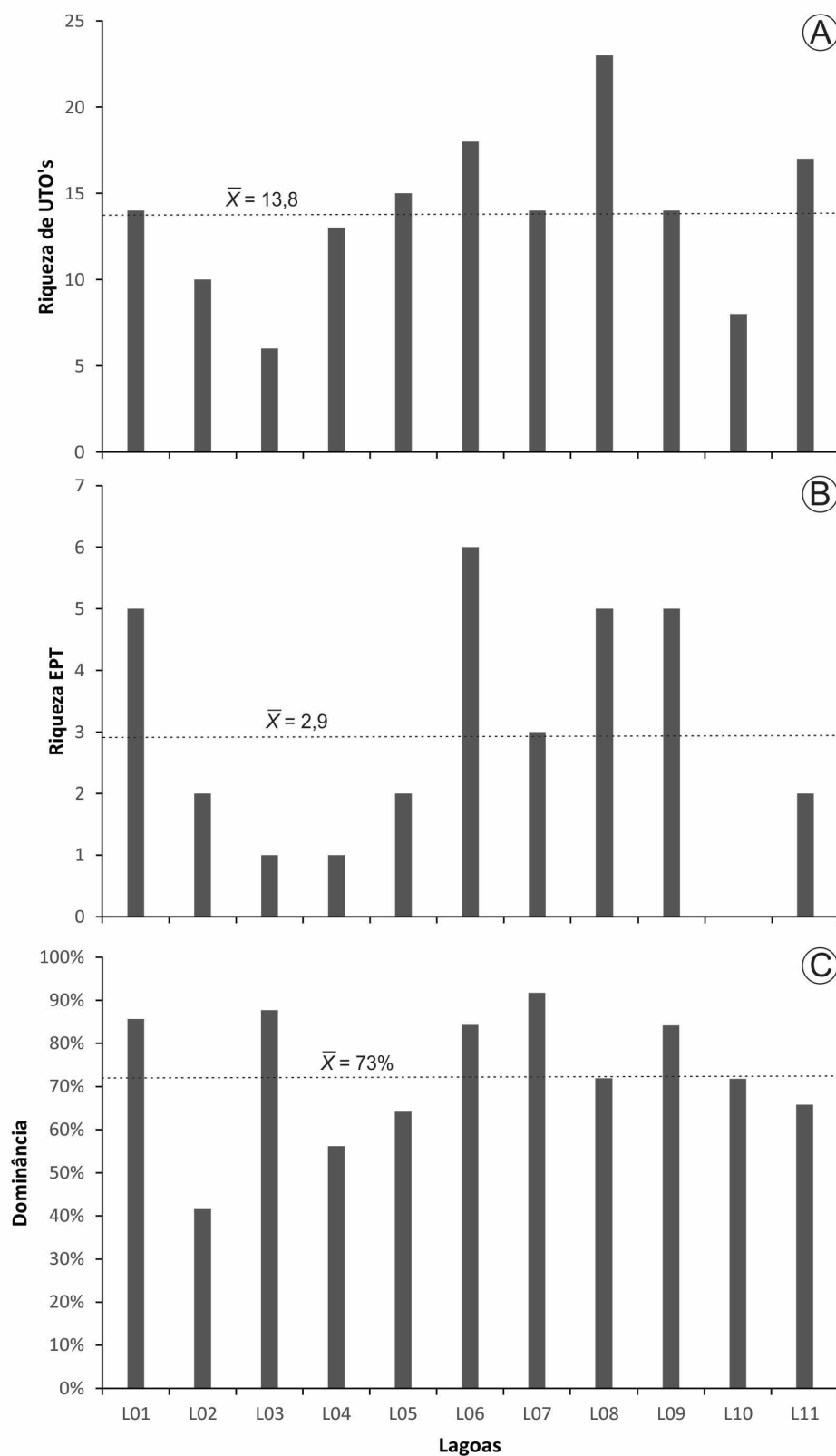
A comunidade de MB foi avaliada pela riqueza, riqueza de EPT e dominância. A riqueza da área de estudo foi de 38 UTOs, sendo a média da riqueza por lagoa 13,8 táxons ($DP \pm 4,73$) (Tabela 3 e Figura4A). A lagoa com menor riqueza foi L03 com 6 táxons e a lagoa mais especiosa foi L08, com 23 táxons. A riqueza de EPT foi de 10 táxons, representados pelas ordens Ephemeroptera e Trichoptera, sendo que a ordem Plecoptera não foi registrada (Tabela 3 e Figura4B). A média da riqueza de EPT foi de 2,9 táxons ($DP \pm 2,02$) por lagoa, sendo que apenas a lagoa L10 não teve representantes das ordens e L06 apresentou o maior valor, com seis táxons. O valor da dominância registrada foi bastante variado, porém sempre se referiu à família Chironomidae, pois

921 esta foi a mais abundante em todas as lagoas amostradas (Tabela 3 e Figura3). A média
922 da dominância de Chironomidae foi de 73% ($DP \pm 15\%$), sendo a lagoa com maior
923 valor a L07 (92%) e com menor valor a L02 (42%) (Figura4C).

924

925

926 **Figura 4.** Riqueza de UTOs (A), riqueza de EPT (B), e dominância (C) dos
 927 macroinvertebrados bentônicos nas lagoas amostradas na Fazenda Nova Monte
 928 Carmelo, Minas Gerais.



929

3.2. Índice de integridade física do habitat

O IIFH nas lagoas variou entre 0,44 e 0,89 com média de 0,67 ($\pm 0,16$). A lagoa com habitat mais íntegro foi L08 (IIFH = 0,89) e a mais perturbada foi L03 (IIFH = 0,44). Quatro lagoas (L03, L04, L01 e L09) registraram valor de IIFH abaixo de 0,50, e sete lagoas acima de 0,70 (L02, L10, L06, L11, L05, L07 e L08). Ou seja, a maioria das lagoas foram classificadas com habitat íntegro, devido ao alto valor de IIFH ($> 0,70$).

3.3. Qualidade da água

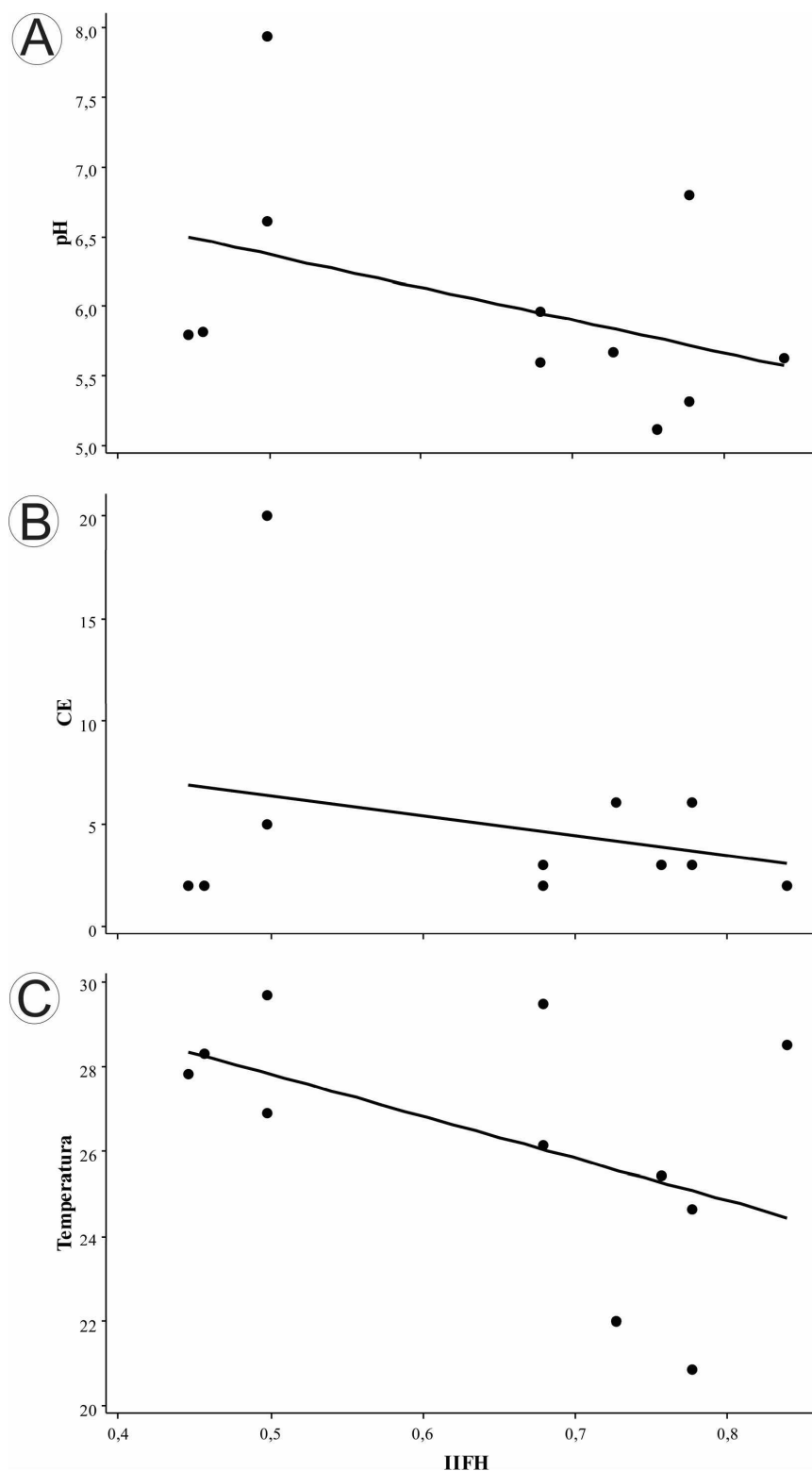
A qualidade da água das lagoas foi classificada de acordo com os parâmetros físico-químicos da água e BMWP. Os parâmetros físico-químicos da água se mantiveram dentro do esperado para os ambientes analisados, com condições propícias à ocorrência dos organismos. De maneira geral, o pH foi levemente ácido, o ORP apresentou valores próximos ou acima de 200mV (oxidante), a CE por volta de 5 μ S/cm e o STD à 0,33 mg/L, a temperatura se manteve entorno de 26°C e a turbidez próxima à 3 NTU (Tabela 4).

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos da água nas lagoas artificiais amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais.

Lagoas	Parâmetros físico-químicos da água					
	pH	ORP (mV)	C.E (μ S/cm)	STD (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
L01	7,94	148,8	20	0,05	26,90	4,10
L02	5,96	250,0	3	0,33	29,49	3,08
L03	5,79	233,4	2	0,50	27,82	1,83
L04	5,81	263,3	2	0,50	28,30	5,23
L05	6,80	116,0	6	0,14	20,87	1,58
L06	5,66	182,4	6	0,17	22,00	3,73
L07	5,31	281,5	3	0,33	24,65	2,43
L08	5,62	230,9	2	0,50	28,52	1,70
L09	6,61	242,4	5	0,25	29,67	0,72
L10	5,59	207,8	2	0,50	26,13	4,56
L11	5,11	271,4	3	0,33	25,44	4,10
Média \pm DP	6,02 \pm 0,81	220,7 \pm 52,4	4,9 \pm 5,2	0,33 \pm 0,16	26,34 \pm 2,90	3,00 \pm 1,45

A relação dos parâmetros físico-químicos da água foram testados com o IIFH, e, apesar de não haver resultados significativos, as variáveis pH, CE e STD mostraram tendência de diminuir em lagoas com habitats mais íntegros (Figura5).

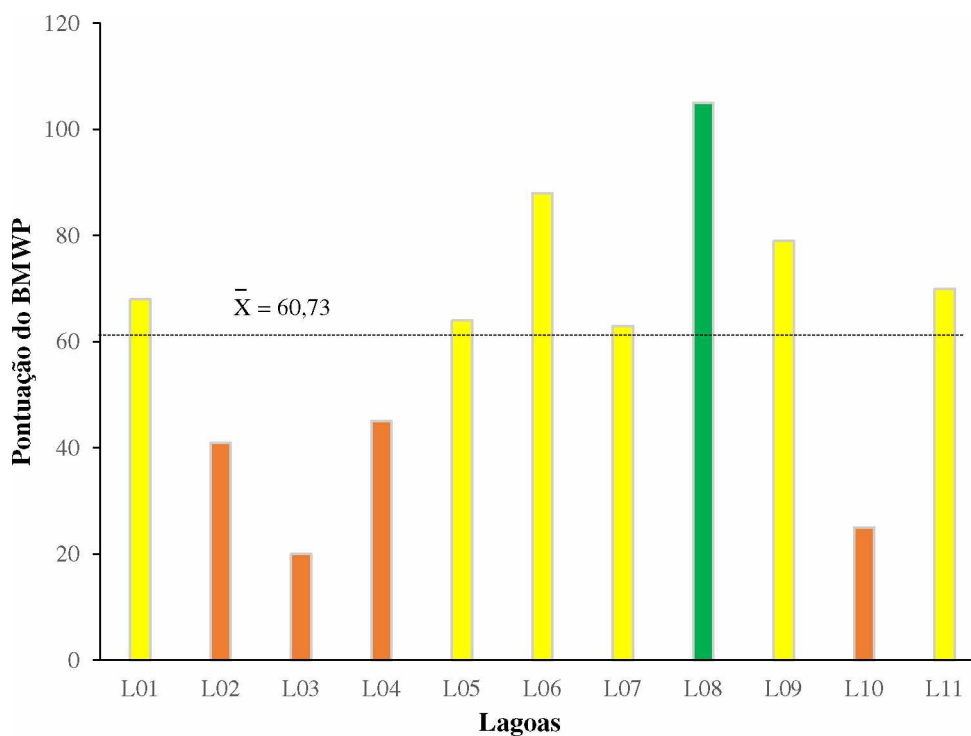
954 **Figura 5.** Relações e correlações do IIFH com os parâmetros físico-químicos da água
 955 nas lagoas artificiais amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais. A)
 956 pH ($Rho = -0,407$, $p = 0,214$; B) CE ($Rho = -0,133$, $p = 0,697$); C) Temperatura ($r^2 =$
 957 $24,9\%$, $p = 0,118$).



958

O BMWP teve média de 60,73 ($DP \pm 26,01$) e classificou uma lagoa como de qualidade boa (L08), seis como de qualidade satisfatória (L01, L05, L06, L07, L09 e L11) e quatro lagoas com de qualidade ruim (L02, L03, L04 e L10) (Figura 6).

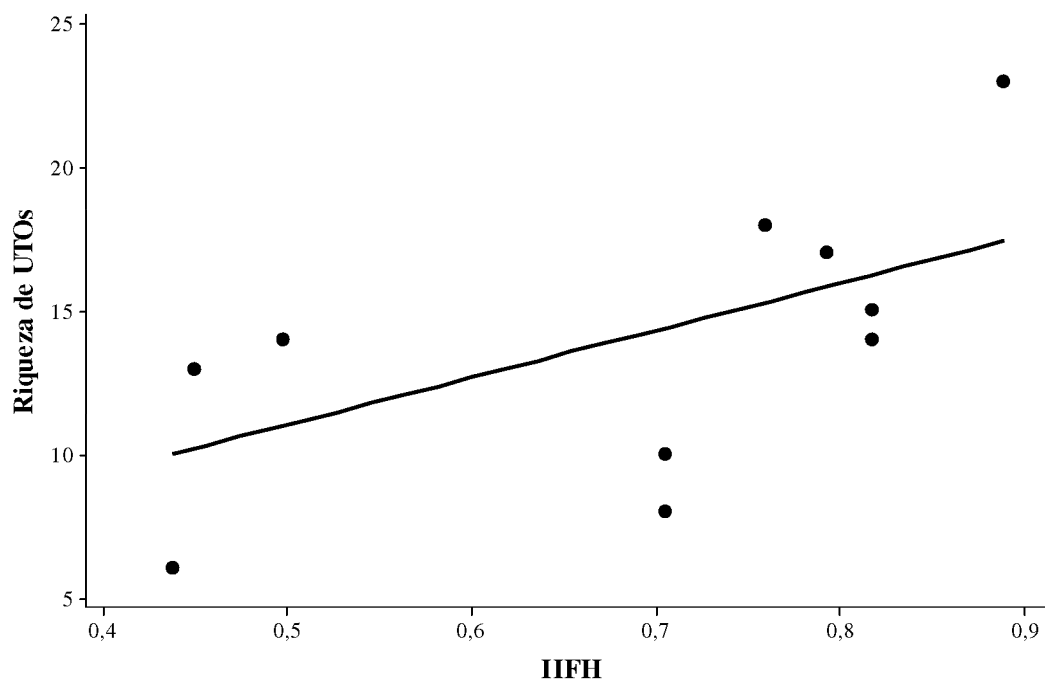
Figura 6. Classificação do BMWP (adaptado por Monteiro et al., 2008) para as lagoas amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais. Legenda: Laranja qualidade ruim (20 – 59), amarelo qualidade satisfatória (60 – 99) e verde qualidade boa (100 – 149), veja Tabela 2.



3.4. Índice de integridade física do habitat e métricas biológicas

O IIFH foi testado com as métricas biológicas investigadas no trabalho [BMWP ($r = 0,513$, $p = 0,107$), riqueza EPT ($r = 0,351$, $p = 0,291$), e dominância ($r = -0,055$, $p = 0,873$)] e foi significativamente correlacionado apenas com a riqueza, sendo considerada uma correlação forte ($r = 0,725$; $p = 0,012$) (Figura7).

Figura 7. Índice de integridade física do habitat e riqueza dos macroinvertebrados bentônicos nas lagoas amostradas da Fazenda Nova Monte Carmelo, Minas Gerais ($Rho = 0,725$, $p = 0,012$).



4. Discussões

De maneira geral, os resultados deste estudo mostram que a comunidade de MB em lagoas de vereda sob influência de silvicultura teve grande representatividade da classe Insecta e da subclasse Oligochaeta, com ênfase, principalmente, na alta ocorrência de Chironomidae (Diptera), que foi dominante em todas as lagoas amostradas. Esse resultado está de acordo com trabalhos realizados nesses ambientes (Santos, 2008).

As comunidades de MB presentes nas lagoas foram representadas, em sua maioria, pelo filo Arthropoda (90%), com recorrência da classe Insecta (90%), em que a ordem Diptera apresentou grande importância ($\approx 79\%$). A família de maior representatividade em todas as lagoas foi Chironomidae, com ocorrência total de 72%. As lagoas também apresentaram alguns organismos das ordens EPT, que são conhecidos como muito sensíveis às interferências ambientais (Rosenberg e Resh, 1993).

Representantes do filo Arthropoda ocorrem em quase todos os ecossistemas aquáticos continentais e possuem grande importância ecológica, principalmente em relação à biodiversidade e à bioindicação de qualidade da água (Esteves, 1988). Os insetos aquáticos são abundantes e frequentes em quase todos os tipos de ecossistemas aquáticos continentais, incluindo rios, riachos, lagos, lagoas, lagunas, alagados, poças, dentre outros. Evidentemente, os insetos representam um dos grupos mais diversificados da comunidade de MB, tanto em relação às características taxonômicas, adaptações morfológicas e fisiológicas, quanto ecológicas, principalmente nos aspectos funcionais de alimentação, reprodução e produtividade nos ecossistemas aquáticos. Segundo Armitage; Cranston; Pinder (1995), Chironomidae possui a maior distribuição dentre os MB, sendo frequentemente a mais abundante em ambientes de água doce,

como foi o caso. Isso se dá ao fato de serem organismos com grande capacidade adaptativa, que colonizam todos os tipos de substratos, sedimentos e vegetação aquática, em ambientes lóticos e lênticos (Cranston, 1995; Trivinho-Strixino e Strixino, 1995). Além disso, exibem uma grande diversidade ecológica, vivendo sob uma ampla variedade de condições ambientais, com espécies tolerantes e outras muito sensíveis aos extremos de temperatura, pH e trofia (Cranston, 1995).

A subclasse Oligochaeta (Classe Clitellata: Filo Annelida) também apresentou relevância, com cerca de 7% de ocorrência. Esses organismos também são comuns na maioria dos habitats de água doce (Mandaville, 2002) e, juntamente com as larvas de Chironomidae, constituem os principais componentes da fauna de MB em diversos tipos de habitats (Harman, 1982), como esse trabalho também demonstrou.

De maneira geral, a integridade física dos habitats nas lagoas estudadas foi considerada boa, pois a maioria das lagoas registraram altos valores do índice utilizado (sete lagoas com IIFH > 0,70). Esse resultado pode estar relacionado à alta presença de áreas de reserva legal e APP na fazenda estudada ($\approx 23\%$), e, principalmente, por grande parte delas serem veredas conservadas. Assim, apesar da discussão sobre a presença ou não de impactos ambientais na silvicultura (Vital, 2007), este trabalho constatou que a maioria dos habitats próximos às lagoas são íntegros. O mesmo autor ainda enfatiza que a existência desses impactos dependem das condições prévias do uso do solo na área de plantio. A silvicultura pode ocasionar um significativo impacto sobre áreas de vegetação nativa, pois pode facilitar a invasão por *Pinus* spp. (Melo e Durigan, 2011). A área de estudo apresenta esse problema com invasão de *Pinus* spp. nas áreas de reserva legal, e por isso esta característica (F3, ver Tabela 1) foi considerada para avaliar as APPs no IIFH. Apesar dos habitats das lagoas com invasão por *Pinus* spp. apresentarem menores valores no IIFH, a comunidade de MB e a qualidade da água não foi significativamente

1032 influenciada por essa invasão biológica, conforme comprovado pelos pós-testes
1033 estatísticos realizados para essa característica específica e os MB (ANOVA $p>0,05$).
1034 Diante disso, é possível propor manejos efetivos que visem melhorar a integridade física
1035 do habitat nas lagoas da fazenda estudada, como, por exemplo, o controle da invasão
1036 por *Pinus* spp.

1037 O IIFH foi significativamente correlacionado apenas com a riqueza, apesar de
1038 outras métricas também terem se comportado em conformidade com ele. Segundo
1039 O'Connor (1991), a maior complexidade estrutural do substrato favorece o aumento da
1040 riqueza de espécies, devido à maior disponibilidade de recursos e habitats. Ou seja,
1041 ambientes com maiores quantidades de recursos e habitats (como a presença de
1042 vegetação conservada, plantas aquáticas, dentre outros) propiciam comunidades mais
1043 ricas, conforme foi demonstrado na presente pesquisa, em que o IIFH foi correlacionado
1044 positivamente com a riqueza. Por isso, a integridade do habitat (principalmente a
1045 presença de matas ciliares) é muito importante para suportar comunidades ricas e
1046 manter a qualidade da água boa/satisfatória. A riqueza sofre muita influência de
1047 impactos antrópicos (Brittain e Saltveit, 1989), e seu valor baixo é um dos indicadores
1048 de degradação mais confiáveis para muitos grupos aquáticos (Dahl et al., 2004).

1049 A área de estudo não apresentou os possíveis impactos ambientais acarretados
1050 pela silvicultura, provavelmente devido à presença de veredas e APPs conservadas, que
1051 mantêm os habitats dessas lagoas mais íntegros e demonstram a importância das áreas
1052 de preservação mais conservadas. De acordo com Miranda (2009), a reserva legal existe
1053 para promover a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e da
1054 biodiversidade, assim como para disponibilizar abrigo e proteção à plantas e animais.
1055 Assim, na área de estudo, foi possível constatar que as áreas preservadas estão
1056 cumprindo com seu objetivo, pois os habitats analisados (reserva legal e APP) foram,

em sua maioria, considerados como íntegros. Além disso, constatou-se também que a integridade destes habitats está correlacionada positivamente com a riqueza de MB. Esse fato demonstra o importante papel das áreas preservadas em manter o ecossistema conservado nas áreas de silvicultura. Segundo Lima e Lima (2008), a reserva legal é um importante mecanismo de garantia da preservação do ecossistema em áreas produtivas.

De acordo com os parâmetros físico-químicos da água, a maioria das lagoas apresentaram valores adequados à proteção da vida aquática, como o pH, que apesar de ser levemente ácido, se manteve entre 6 e 9, ORP oxidante (em torno de 200mV), CE, STD e turbidez baixos, e temperatura sem variações que influenciem a vida aquática (CETESB, 2009, Conama 20, 1986). Assim como a maioria das lagoas foram consideradas com qualidade da água boa/satisfatória pelo BMWP, que indicou a lagoa L08 com a melhor qualidade e a L03 com a pior (em coerência com IIFH). Esse fato está intimamente relacionado com a integridade física dos habitats, que por serem íntegros e com vegetação nativa, evitam que a qualidade da água seja influenciada ou impactada. Ou seja, a integridade do habitat está interligada com a qualidade da água, em que ambientes mais íntegros possuem qualidade da água melhor, conforme já demonstrado por outros trabalhos (Souza et al., 2014a; Rodrigues et al., 2010). Segundo Barbour et al. (1999), a qualidade da água é influenciada pela estrutura do meio físico do seu curso d'água. Por exemplo, Marmontel (2014) investigou a qualidade da água em áreas com cobertura florestal preservada e perturbada e demonstrou que a vegetação auxilia na proteção qualitativa da água, pois as áreas com cobertura florestal apresentaram a melhor qualidade da água. Em outro exemplo, Arcova e Cicco (1999) apontaram a importância da cobertura vegetal conservada e constataram que as microbacias com floresta natural não perturbada possuíram as melhores condições em relação à proteção dos recursos hídricos. Desta maneira, a qualidade da água das lagoas

na fazenda estudada foi considerada boa e satisfatória, em conformidade com o habitat íntegro que as mesmas apresentam. Assim, quando há áreas de preservação extensas e preservadas, a silvicultura parece não deteriorar a qualidade da água, como indicado por outros trabalhos (Guimarães et al., 2008). E por isso é muito importante que as APPs e reservas legais sejam mantidas e preservadas.

5. Conclusões

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a área de estudo possui boa diversidade de MB. Esse fato reflete a boa qualidade da água, que é proporcionada pelos habitats íntegros, como foi indicado pelo IIFH. A adaptação do IIFH para lagoas artificiais de veredas em ambientes com silvicultura se mostrou eficiente em avaliar a qualidade ambiental dos mesmos, apresentando correlação forte com a riqueza da comunidade de MB. De acordo com o IIFH adaptado, é possível aplicar técnicas de manejo adequadas na área de estudo que possam melhorar a integridade dos habitats e, por consequência, a qualidade da água das lagoas, além de promover a conservação das comunidades aquáticas.

6. Referências

- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. 1999. Qualidade da água de microbacia com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 125-134.
- ARMITAGE, P. D.; CRANSTON, P. S.; PINDER, L. C. V. 1995. **The Chironomidae: The biology and ecology of non-biting midges**. London, Chapman & Hall, 538p.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. 1999. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: EPA.
- BERNHARDT, E.S.; PALMER, M. A.; ALLAN, J. D.; ALEXANDER, G.; BARNAS, K.; BROOKS, S. CARR, J.; CLAYTON, S. DAHM, C.; FOLLSTAD-SHAH, J. GALAT, D. GLOSS, S.; GOODWIN, P.; HART, D.; HASSETT, B.; JENKINSON, R.; KATZ, S.; KONDOLF, G.M.; LAKE, P.S.; LAVE, R.; MEYER, J.L; O'DONNELL, T.K.; PAGANO, L.; POWELL, B.; SUDDUT, E. 2005. Synthesizing U.S. River restoration efforts. **Science**, v.308, p.636-637.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p.495-52.
- BRITTAIN, J. E.; SALTVEIT, S. J. 1989. A review of the effects of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). **Regulated Rivers: Research and Management**, v.3, p.91-204.
- CARVALHO, P. G. S. 1991. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15 (168), p. 54-56.

1124 CETESB -Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2009. **Qualidade das**
 1125 **Águas Interiores no Estado de São Paulo. Série Relatórios.** Apêndice A -
 1126 Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos
 1127 Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem.

1128 CONAMA. 1986. **Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986.** Estabelece a
 1129 classificação de águas doces, salobras e salinas. Brasília.

1130 CRANSTON, P.S. 1995. Introduction. *In*: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.;
 1131 PINDER, L.C.V. (orgs). **The CHIRONOMIDAE: biology and ecology of non-**
 1132 **biting midges.** Chapman & Hall, p.1-7.

1133 DAHL, J.; JOHNSON, R. K; SANDIN, L. 2004. Detection of organic pollution of
 1134 streams in southern Sweden using benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia,**
 1135 v.516, p.161-172.

1136 DIAS, B.F.S. 1996. Cerrados: uma caracterização. *In* B.F.S., Dias (orgs.). **Alternativas**
 1137 **de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais**
 1138 **renováveis.** pp. 11-25. 2a ed. Fundação Pró-Natureza (FUNATURA), Brasília, DF.

1139 EPLER, J.H. 2001. **Identification Manual for the larval Chironomidae (Diptera) of**
 1140 **North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the**
 1141 **southeastern United States, including Florida.** Dept. of Environment and
 1142 Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District,
 1143 Palatka, FL. 526 pp.

1144 ESTEVES, F. A. 1988. **Fundamentos em limnologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro:
 1145 Interciência Ltda.

1146 FLAUZINO, E.S; SILVA, M.K.A, NISHIYAMA, L.; ROSA, R. 2010. Geotecnologias
 1147 Aplicadas à Gestão dos Recursos Naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba
 1148 no Cerrado Mineiro. **Sociedade & Natureza,** v.22 (1), p. 75-91.

1149 GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. I. **Life in the**
 1150 **Cerrado, a South American tropical seasonal ecosystem.** Ulm, Germany: Reta
 1151 Verlag. 280p.

1152 GUIMARÃES, R.Z.; GONÇALVES, M.L.; MEDEIROS, S.W. 2008. A silvicultura e
 1153 os recursos hídricos superficiais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.56, p.79-85.

1154 HARMAN, W. 1982. Oligochaeta. *In*: S.H. HURLBERT; A. VILLALOBOS-
 1155 FIGUEROS (orgs). **Aquatic of México, Central America and the West Indies.**
 1156 San Diego State University, p.162-165.

1157 IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. 2016. Indicadores do setor brasileiro de árvores
 1158 plantadas.

1159 KUHLMANN, M.L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G. OGURA, L.L.; IMBIMBO,
 1160 H.R.V. 2012. **Protocolo para o biomonitoramento com as comunidades**
 1161 **bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo** [recurso eletrônico] /
 1162 CETESB, p. 113.

1163 LIMA, E.C.R.; LIMA, S.C. 2008. Preservação ambiental e a reserva legal das
 1164 propriedades rurais no Estado de Minas Gerais: aspectos jurídicos. **Caminhos de**
 1165 **Geografia**, v. 9 (26), p. 256 – 267.

1166 LIMA, W. P. 1996. **Impacto Ambiental do Eucalipto.** Edusp. São Paulo.

1167 MANDAVILLE, S.M. 2002. Bioassessment of Freshwater using Benthic
 1168 Macroinvertebrates – a Primer.

1169 MARMONTEL, C.V.F. 2014. **Qualidade da água em nascentes com diferentes**
 1170 **coberturas do solo e estado de conservação da vegetação no correjo Pimenta**
 1171 **São Manuel, SP/ Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista,**
 1172 **Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.**

1173 MARQUES, M.G.S.M.; FERREIRA, R.L.; BARBOSA, F.A.R. 1999. A comunidade de
 1174 macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da
 1175 Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Rev. Bras. Biol.**, v.59 (2).

1176 MARTINS-SILVA, M.J., ROCHA, F.M.; CÉSAR, F.B.; OLIVEIRA, B.A. 2001.
 1177 Fauna: comunidade bentônica. In F.A. Fonseca (Org.). **Olhares sobre o lago**
 1178 **Paranoá**. p. 117-121. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
 1179 (SEMARH), Brasília, DF.

1180 MELO, A. C. G. DURIGAN, G. (Org.). 2011. **Estação Ecológica de Santa Bárbara:**
 1181 **plano de manejo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 222 p.

1182 MIRANDA, M. 2009. Áreas de preservação permanente e reserva legal: o que dizem as
 1183 leis para a agricultura familiar? **IAPAR**, v. 22.

1184 MOLEDO, J.C.; SAAD, A.R.; DALMAS, F.B.; ARRUDA, R.O.M.; CASADO, F.
 1185 2016. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise
 1186 comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal.
 1187 **Geociências**, v. 35 (4), p.512-530.

1188 MONTEIRO, T.R.; OLIVEIRA, L.G.; SPACEK GODOY, B.S. 2008.
 1189 Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos:
 1190 adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do rio Meia Ponte-GO. **Oecologia**
 1191 **Brasiliensis**, v.12 (3), p. 553-563.

1192 MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. 2010. **Manual de identificação**
 1193 **de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro:
 1194 Technical Books, 176p.

1195 NESSIMIAN, J.L.; VENTICINQUE, E.; ZUANON, J.; DE MARCO, P.JR.; GORDO,
 1196 M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J.D.; JUEN, L. 2008. Land use, habitat integrity, and

1197 aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, 614, p.
 1198 117-131.

1199 O'CONNOR, N.A. 1991. The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates
 1200 colonising wood substrates in a lowland stream. **Oecologia**, v.85, p.504-512.

1201 PELLI, A.; PEDREIRA, M.M; MACHADO, A.R.M. 2014. Macroinvertebrados
 1202 bentônicos e parâmetros físico-químicos da água e sedimento como indicadores de
 1203 saúde de veredas no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. In A., Pelli,; M.M., Pedreira;
 1204 A.R.M., Machado (orgs.). **Tópicos de atualização em ciências aquáticas**, p. 13 –
 1205 55. Carmino Hayashi¹ ed., Uberaba, Universidade Federal do Triângulo Mineiro.

1206 REID, J.W. 1984. Semiterrestrial meiofauna inhabiting a wet campo in central Brazil,
 1207 with special reference to the Copepoda (Crustacea). **Hydrobiologia**, v.118, p.95-
 1208 111.

1209 REID, J.W. 1987. The cyclopoid copepods of a wet campo marsh in central Brazil.
 1210 **Hydrobiologia**, v.153 p.121-138.

1211 REID, J.W. 1993. The Harpacticoid and cyclopoid copepod fauna in the cerrado region
 1212 of central Brazil. 1. Species composition, habitats, and zoogeography. **Acta**
 1213 **Limnol. Bras.**, v.6, p. 56-68.

1214 REID, J.W. 1994. Murunducaris juneae, new genus, new species (Copepoda:
 1215 Harpacticoida: Parastenocarididae) from a wet campo in central Brazil. J.
 1216 **Crustacean Biol.** v.14 (4), p.771-781.

1217 RODRIGUES, A.S. DE L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. DE T.A. 2010. A
 1218 importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos
 1219 hídricos: uma revisão. **SaBios: Rev. Saúde e Biol.**, v. 5 (1), p. 26-42.

1220 ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. 1993. **Freshwater biomonitoring and benthic**
 1221 **macroinvertebrates**. Chapman & Hall, London.

- 1222 SANTOS, E.M. 2008. **Dinâmica de Macroinvertebrados em um Lago Costeiro do**
1223 **Sul do Brasil, RS – Brasil.** Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do
1224 Rio dos Sinos.
- 1225 SANTOS, L. B.; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. 2016. Macroinvertebrados
1226 bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal of Environmental**
1227 **Analysis and Progress**, v.1 (1), p. 34-42.
- 1228 SOUZA, A.C.; REIS, T.D.F.; SÁ, O.R. 2014a. Comparação entre o índice de qualidade
1229 da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego liso,
1230 município de São sebastião do paraíso, Minas gerais. **X Fórum Ambiental da Alta**
1231 **Paulista**, v. 10 (2), p. 392-409.
- 1232 SOUZA, J.R.; MORAES, M.E.B.; SONODA, S.L.; SANTO, H.C.R.G. 2014b. A
1233 Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada,
1234 Sul da Bahia, Brasil. **REDE -Revista Eletrônica do Prodepa**, v.8 (1), p. 26-45.
- 1235 TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. 1995. **Larvas de Chironomidae (Diptera)**
1236 **do Estado de São Paulo: guia de identificação e diagnose de gêneros.** São
1237 Carlos, PPG-ERN/UFSCar, 229p.
- 1238 VITAL, M. H. F. 2007. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do**
1239 **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14 (28), p. 235-276.
- 1240 ZARDO, D.C.; HARDOIM, E.L.; AMORIM, R.; MALHEIROS, R.C.H. 2013. Variação
1241 espaço-temporal na abundância de ordens e famílias de macroinvertebrados
1242 bentônicos registrados em área nascente, Campo Verde-MT. **Revista Uniara**, v.
1243 16(1), p. 53-66.
- 1244

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação mostrou a importância da presença/qualidade da vegetação ripária em relação ao uso e modificação do solo no Cerrado e suas consequências para a comunidade de invertebrados aquáticos. As áreas de preservação foram de fundamental importância para a manutenção/integridade dos habitats e, consequentemente, para a qualidade da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Os macroinvertebrados bentônicos foram muito eficientes para caracterizar os impactos antrópicos nas áreas de estudo, pois responderam muito bem ao índice de integridade do habitat. Os resultados encontrados podem ajudar a traçar políticas mais específicas de conservação para organismos e ecossistemas aquáticos neste bioma prioritário para a conservação. Por fim, esta dissertação ajudou a reduzir a lacuna de conhecimento que existem para a biota aquática e também para os efeitos das mudanças antrópicas sobre esta biota no Cerrado.