

ILUANY DA SILVA COSTA

**DISTRIBUIÇÃO DE HETEROPTERA AQUÁTICO E SEMI-
AQUÁTICO EM UM GRADIENTE AMBIENTAL NO ECÓTONO
CERRADO-AMAZÔNIA NAS CABECEIRAS DO RIO XINGU**

Altamira – PA

Abril – 2021

ILUANY DA SILVA COSTA

**DISTRIBUIÇÃO DE HETEROPTERA AQUÁTICO E SEMI-
AQUÁTICO EM UM GRADIENTE AMBIENTAL NO ECÓTONO
CERRADO-AMAZÔNIA NAS CABECEIRAS DO RIO XINGU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Karina Dias da Silva

Altamira – PA
Abril – 2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

C837d Costa, Iluany da Silva.
Distribuição de Heteroptera aquático e semi-aquático em um gradiente ambiental localizado no ecótono Cerrado-Amazônia, em afluentes do rio Xingu : Aquatic and semiaquatic Heteroptera distribution in an environmental gradient on the Cerrado-Amazon ecotone in headwaters of Xingu river / Iluany da Silva Costa, Nubia França da Silva Giehl . — 2021.
56 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Karina Dias-silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, Faculdade de Ciências Biológicas, Altamira, 2021.

1. Arco do desmatamento;. 2. Insetos aquáticos;. 3. Mudança no uso da terra;. 4. Riachos;. 5. Variáveis ambientais.. I. Título.

CDD 574.5222

ILUANY DA SILVA COSTA

**DISTRIBUIÇÃO DE HETEROPTERA AQUÁTICO E SEMI-
AQUÁTICO EM UM GRADIENTE AMBIENTAL NO ECÓTONO
CERRADO-AMAZÔNIA, NAS CABECEIRAS DO RIO XINGU**

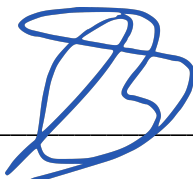
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à aprovação
como requisito parcial para obtenção de grau de
Licenciado em Ciências Biológicas, pela banca
examinadora formada pelos professores:

Orientadora:



Prof. Dra. Karina Dias da Silva
Universidade Federal do Pará – UFPA
Faculdade de Ciências Biológica
Campus Universitário de Altamira.

Banca examinadora:



Prof. Dr. Leandro Brasil
Universidade Federal do Pará – UFPA
Instituto de Ciências da Saúde, Belém.



Prof. Dr. Paulo Vitor dos Santos Bernarndo
Universidade Federal do Pará – UFPA
Faculdade de Ciências Biológicas
Campus Universitário de Altamira.

Altamira – PA
Abril – 2021

Formatado nas normas da revista Limnetica

Altamira – PA

Abril – 2021

1 **Distribuição de Heteroptera aquático e semiaquático em um gradiente ambiental no**
2 **ecótono Cerrado-Amazônia nas cabeceiras do rio Xingu**

3

4 Iluany da Silva Costa^{3*}, Nubia França da Silva Giehl¹, Uly Mattilde Pozzobom²;
5 Anderson Soares³, Helena Soares Ramos Cabette⁴; Karina Dias-Silva⁵

6 1. Laboratório de Ecologia de Bentos Universidade Federal de Minas Gerais Belo
7 Horizonte, MG.

8 2. Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal
9 de Mato Grosso, Cuiabá, MT. Laboratório de Ecologia e Investigação Aquática.

10 3. Faculdade de Ciências Biológicas-FCB, Universidade Federal do Pará-UFPA Campus
11 Altamira, PA.

12 4. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação-PPGEC, Universidade do
13 Estado de Mato Grosso-UNEMAT Nova Xavantina-MT.

14 5. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação-PPGBC, Universidade
15 Federal do Pará-UFPA Campus Altamira, PA.

16 * Corresponding author: iluanycosta96@gmail.com

17 **Distribuição de Heteroptera aquático e semiaquático em um gradiente ambiental no**
18 **ecótono Cerrado-Amazônia nas cabeceiras do rio Xingu**

19 **RESUMO:**

20 A modificação da paisagem no entorno dos corpos d'água, leva a alteração das
21 características limnológicas e diminuição da biodiversidade aquática, como peixes e
22 macroinvertebrados. Os insetos aquáticos são sensíveis a alterações e respondem
23 rapidamente às mudanças nos ecossistemas aquáticos. O objetivo deste trabalho foi
24 avaliar a relação da composição de Heteroptera aquáticos e semi-aquáticos com as
25 variáveis ambientais ao longo de um gradiente ambiental em riachos da cabeceira do rio
26 Xingu. Coletamos as comunidades de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos, o Índice de
27 Integridade de Habitat, condutividade elétrica, turbidez, profundidade e NDVI em 12
28 riachos, pertencentes à bacia do rio Suiá-Miçú em setembro de 2008, período de estiagem.
29 Fizemos uma Análise de Coordenadas Principais para ordenar as espécies e um teste de

30 Mantel, para relaciona-la com as variáveis ambientais. Coletamos 256 indivíduos
31 distribuídos em oito famílias, 20 gêneros, destes 12 de Nepomorpha e oito de
32 Gerromorpha. Os gêneros mais abundantes foram *Limnocoris* (n=121) e *Rhagovelia*
33 (n=32). Naucoridae foi a família mais diversa. Conjuntamente as variáveis ambientais
34 explicaram ~50% da distribuição das espécies ($r= 0,49$; $p= 0,001$). Esses resultados
35 reforçam a eficiência de Heteroptera aquáticos para monitorar as condições ambientais.
36 Aqui, em especial, as respostas desse grupo as variações das métricas da paisagem,
37 integridade ambiental e variáveis da água demonstram que ele pode ser úteis para indicar
38 a qualidade do habitat em riachos.

39 **Palavras-chave:** Arco do desmatamento; insetos aquáticos; mudança no uso da terra;
40 riachos; variáveis ambientais.

41 INTRODUÇÃO

42 A diversidade biológica em córregos e rios pode ser fortemente afetada pelo uso
43 do solo, por meio da modificação de áreas naturais em áreas agrícolas (Allan, 2004; Juen
44 et al., 2016). As principais mudanças nos riachos estão relacionadas às variáveis
45 limnológicas, fluxo da água, largura e profundidade do canal e habitat disponível para as
46 comunidades aquáticas (Allan, 2004; Allan &Castilho, 2007; Juen et al., 2016). Estudos
47 mostram que a presença de vegetação ciliar em riachos contribui para a manutenção de
48 energia alóctone (Vannote et al.,1980, Thorp et al., 2006; Brito et al., 2020). Portanto, o
49 fluxo de energia dos riachos de primeira a terceira ordem são mantidos pela vegetação
50 ripária, que proporciona sombreamento e material alóctone, pois além de resultar em
51 diversidade de habitat e alimento para os organismos, também, evita que a temperatura
52 da água aumente e conseqüentemente impedindo a perda de espécies mais sensíveis
53 (Vannote et al., 1980; Dalla-Corte et al., 2020). Além disso, a vegetação natural funciona
54 como zona tampão durante o período chuvoso, evitando o transporte de sedimentos e
55 poluentes vindo das atividades antrópicas do entorno para os riachos (Allan, 20014;
56 Bacellar, 2005).

57 Com as modificações da estrutura física dos corpos d'água, originada pelas ações
58 antrópicas, fatores como o aumento da luminosidade, entrada de nutrientes na água
59 (eutrofização), durante a estação chuvosa, o aumento da vazão causam a diminuição da
60 disponibilidade de recursos, conseqüentemente, são responsáveis por afetar as
61 comunidades de insetos aquáticos (Bispo et al., 2006; Martins et al., 2017). Mas esses
62 fatores variam de acordo com a região geográfica, mudança da paisagem e grupo de
63 insetos analisados, para isso, é necessário analisar como os insetos aquáticos respondem
64 às variações ambientais, a fim de avaliar a integridade física e a qualidade desses
65 ecossistemas aquáticos (Bonada et al., 2006; Lammert & Allan, 1999).

66 A região de transição Cerrado-Amazônia, localizada na região do arco do
67 desmatamento, tem sido alvo de intensa conversão de áreas naturais em áreas para
68 agricultura e pecuária (Brando et al., 2013; Marques et al., 2019). Pesquisas anteriores
69 afirmaram que a mudança da paisagem afeta diretamente as comunidades de peixes e
70 macroinvertebrados (Montang et al., 2019, Nogueira et al., 2011, Shimano et al., 2010),
71 levando a homogeneidade do ambiente aquático e uma diminuição da biodiversidade
72 (Fischer & Lindenmayer, 2007). Em geral, os organismos aquáticos são conhecidos por

73 serem dependentes das condições físicas e químicas da água, e ambientais dos riachos
74 (Bispo et al., 2006). E por isso são mais sensíveis e respondem rapidamente às mudanças
75 nos ecossistemas aquáticos (Rosenberg & Resh, 1993).

76 Entre os estudos de insetos aquáticos, organismos que passam pelo menos uma
77 fase de sua vida nos corpos d'água, poucos são os que analisam a relação dos Heteroptera
78 com os impactos ambientais (Giehl et al., 2014, Dias-Silva et al., 2020). Heteroptera
79 aquáticos são divididos em três infraordens Gerromorpha, Nepomorpha e
80 Leptopodomorpha que são cosmopolitas, ausentes apenas na Antártica (Cordeiro &
81 Moreira, 2015). A maioria desses insetos são predadores, com exceção dos membros da
82 família Corixidae. Os Heteroptera são conhecidos por sua importância ecológica e
83 ambiental, como o controle biológico de populações por meio de predação, e, portanto,
84 podem ser usados como indicadores da qualidade do habitat aquático (Cunha & Juen
85 2020; Guterres et al., 2019; Dias-Silva et al., 2010). Poucos estudos avaliaram o efeito
86 dos impactos antrópicos na composição e estrutura das comunidades Heteroptera na
87 região de transição Cerrado-Amazônia (Cabette et al., 2010). Assim, devido ao intenso
88 histórico de conversão do uso da terra em agricultura e pecuária na região do arco do
89 desmatamento, também caracterizado no ecótono Cerrado-Amazônia, objetivamos
90 avaliar a relação da composição de Nepomorpha e Gerromorpha com as variáveis
91 ambientais ao longo as paisagens de sistemas agrícolas e florestais. Esperamos que a
92 composição de Heteroptera aquáticos e semiaquáticos seja diferente entre riachos,
93 caracterizado como florestados, e riachos com influência agrícola, classificado como
94 agricultura, e que essa diferença seja determinada pela distinção nas características
95 ambientais de cada riacho.

96 MATERIAL E MÉTODOS

97 **Área de estudo.** As coletas foram realizadas em 12 riachos de 1^a a 6^a ordens de
98 acordo com a Classificação de Strahler (1957), ou seja, análise hierárquica de redes de
99 afluentes que define o tamanho do trecho do riacho, localizados na bacia do rio Suiá-Miçú
100 e o rio Darro um de seus principais afluentes, em setembro de 2008 (Fig. 1). O rio Suiá-
101 Miçú está localizado entre as coordenadas 11°15' a 13°40'S e 53°15' a 51°15'W, no
102 ecótono entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Este rio é um dos principais afluentes
103 da margem direita do rio Xingu, cruzando áreas de várzea nos municípios de Água Boa,
104 Canarana, Ribeirão Cascalheira e Querência nos estados de Mato Grosso (Skorupa et al.,

105 2017). A região apresenta um clima tropical sazonal, com uma estação seca que se estende
106 de maio a outubro e uma estação chuvosa que compreende os meses de novembro a abril.
107 O clima predominante na região é do tipo Savana Tropical (Aw), segundo a classificação
108 climática de Köppen (1931) com predominância da fitofisionomia restrito ao cerrado; no
109 entanto, existem microrregiões de subtipos Monção Tropical (Am) e Chuva Tropical (A)
110 mais ao norte (Ratter et al., 1978).

111 **Amostra biológica.** Amostras de Heterópteros dos riachos foram obtidas em
112 transecções fixas de 100 m, divididas em 20 segmentos de cinco metros cada em riacho.
113 As amostras foram coletadas em peneira de 18 cm de diâmetro e malha de 0,05 mm,
114 passadas três vezes nos substratos do leito do canal e nas margens de cada segmento
115 (modificado por Ferreira-Peruquetti & De Marco, 2002; Dias-Silva et al., 2010). Após a
116 triagem em campo, o material foi preservado em álcool etílico 85%. A identificação dos
117 gêneros / morfoespécies foi realizada com o auxílio de equipamentos como: lupas e de
118 chaves dicotômicas (Nieser & Melo, 1997). Os Heteroptera estão depositados na Coleção
119 Zoobotânica “James Alexander Ratter” (CZNX), na Universidade do Estado do Mato
120 Grosso (UNEMAT), cidade de Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil.

121 **Variáveis ambientais.** Em cada riacho foram medidas as variáveis: pH,
122 temperatura da água (°C), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (DO; mg / l⁻¹),
123 condutividade (µm / s) com sonda multiparâmetros (Horiba®). A largura dos riachos foi
124 medida com medidor a *laser* (DISTOM®) e a profundidade com auxílio de ecobatímetro
125 da marca (Echotest® mod II). As concentrações de nutrientes na água, dureza total, nitrato
126 e ortofosfato foram medidas seguindo o protocolo estabelecido pela APHA (1998).

127 **Amostra de integridade de habitat.** Para avaliar a integridade do habitat em
128 cada riacho, foi aplicado o Índice de Integridade do Habitat (HII) proposto por Nessimian
129 et al. (2008). Este índice é composto por 12 itens que avaliam a largura da mata ciliar e
130 seu estado de conservação na faixa de 50 m, estrutura dos barrancos, heterogeneidade ao
131 longo do riacho quanto ao tipo de substrato, dispositivos de retenção no leito do riacho,
132 presença corredeiras e poções e tipos de culturas adjacentes à vegetação ribeirinha. O
133 índice varia de zero a um, indicando um gradiente crescente de integridade.

134 **Amostra de índice de vegetação.** Para obter os índices de vegetação na área de
135 estudo, foi utilizado o software de geoprocessamento ArcGis 10.1 (Esri, 2014).
136 Inicialmente, foram obtidas duas imagens de satélite Landsat 8 (22468 e 22469)

137 gratuitamente para fins de pesquisa no site Earth Explorer
 138 (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Este satélite tem 170 x 183 km de imagem, uma
 139 resolução temporal de 16 dias e 11 bandas, mas apenas três foram utilizadas neste estudo
 140 (infravermelho próximo - banda 5, vermelho - banda 4 e azul - banda 2). Essas três bandas
 141 de cada cena foram submetidas à conversão de valores de pixel de número digital para
 142 refletância no ArcGis 10.1 (Arctoolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster
 143 Calculator), utilizando a fórmula fornecida pela American Geological Agency - USGS
 144 (<https://www.usgs.gov/land-resources/>):

$$145 \quad p_{\lambda} = (M_o Q_{cal} + A_p) * \text{Sin}(\theta_E)$$

146 **Onde:**

147 p_{λ} = Refletância do topo da atmosfera;

148 M_o = Fator de redimensionamento multiplicativo específico da banda;

149 Q_{cal} = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda;

150 A_p = Pixel de produto padrão calibrado;

151 θ_E = Ângulo de elevação local do sol.

152

153 Após a transformação do número digital para refletância utilizamos uma
 154 calculadora raster do ArcGis 10.1 para calcular o Índice de Vegetação por Diferença
 155 Normalizada - NDVI e o Índice de Vegetação Aprimorado – EVI. O cálculo do NDVI
 156 auxilia no mapeamento e previsão da degradação da cobertura do solo (Prince et al.,
 157 2009), indicando a quantidade de vegetação verde em um pixel (Prates-Clark et al., 2008).
 158 Isso ocorre porque a alta absorção da folha verde de luz visível, junto com a alta
 159 refletância no infravermelho próximo, resulta em valores positivos de NDVI. Solo
 160 exposto, nuvem, superfícies impermeáveis apresentam valores de NDVI próximos de
 161 zero, enquanto a água apresenta valores negativos de NDVI (Neigh et al., 2008). O EVI
 162 é útil na avaliação do vigor da vegetação, pois está diretamente relacionado às variações
 163 na cobertura vegetal (Justice et al., 1998). O primeiro índice foi calculado usando a
 164 seguinte fórmula:

$$165 \quad NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

166 **Onde:**

167 NIR: Banda espectral do infravermelho próximo;

168 Red= Banda espectral vermelha;

169 Para o segundo índice nos baseamos em Justice et al., 1998 e utilizamos a seguinte a
170 fórmula:

$$171 \quad EVI = G * \left(\frac{NIR - Red}{(NIR + C1 * Red) - (C2 * Blue + 1)} \right)$$

172 **Onde:**

173 G= 2,5;

174 C1 e C2 = Coeficientes de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera, coeficientes de
175 ajuste para o efeito de aerossóis na atmosfera, sendo C1 = 6, C2 = 7,5;

176 NIR= Banda espectral do infravermelho próximo;

177 Red= Banda espectral vermelho;

178 Blue= Banda espectral azul.

179 **Análise de dados.** As variáveis ambientais foram padronizadas com a função
180 “decostand” do pacote “vegan” (Oksanen et al., 2010). Posteriormente, as variáveis
181 ambientais mais importantes para Heteroptera aquáticos e semi-aquáticos foram
182 selecionadas através de uma análise de Melhor Subconjunto de Variáveis Ambientais
183 com Correlação Máxima (Rank) com Dissimilaridades Comunitárias (BIOENV), que
184 consiste em um método de seleção de variáveis, com função “bioenv” do pacote “vegan”
185 (Oksanen et al., 2010). Para visualizar a composição das espécies nos locais, foi realizada
186 uma análise de Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando a matriz de
187 distância de Bray-Curtis (Legendre & Legendre, 2011). Para PCoA, as abundâncias foram
188 logaritmizadas com a função $\log(x + 1)$ e função “rda” do pacote “vegan”. Para avaliar
189 a relação das variáveis ambientais selecionadas pelo BIOENV com a composição dos
190 gêneros Heteroptera aquático e semi-aquático, foi utilizado o teste de Mantel, com Bray-
191 Curtis para espécies e a matriz de distância euclidiana para variáveis ambientais com
192 função “vegetariana” (Legendre & Legendre, 2011) com a função “mantel” do pacote
193 “vegan” (Oksanen et al., 2010).

194 RESULTADO

195 Amostramos 256 indivíduos de oito famílias e 20 gêneros. Foram coletados
196 representantes das duas infra-ordens, 12 gêneros pertencentes a Nepomorpha (aquático)
197 e oito a Gerromorpha (semi-aquático). Os gêneros mais abundantes foram *Limnocoris* (n
198 = 121) (Nepomorpha) e *Rhagovelia* (n = 32) (Gerromorpha) pertencentes à família
199 Naucoridae e Veliidae respectivamente. Naucoridae foi a família com maior diversidade
200 (Tab. I, Material complementar: Anexo 1).

201 Quando avaliamos quais variáveis ambientais foram mais importantes para a
202 composição dos gêneros heterópteros aquáticos e semiaquáticos, a melhor explicação foi
203 relacionada às variáveis HII, NDVI, condutividade, turbidez e profundidade (52%) (Tab.
204 II). A relação entre as variáveis ambientais e heterópteros aquáticos e semiaquáticos foi
205 significativa ($r = 0,49$; $p = 0,001$). O PCoA demonstrou 34% de explicação no primeiro
206 eixo e 20% de explicação no segundo eixo (Fig. 2). A composição dos ambientes florestal
207 e agrícola é diferente, com os riachos florestados apresentando composição semelhante
208 entre si.

209

210 DISCUSSÃO

211 A relação entre variáveis ambientais com comunidades aquáticas tem sido bem
212 documentada em riachos da Amazônia, Cerrado e em áreas de transição (Ilha et al., 2019;
213 de Faria et al., 2017; Nogueira et al., 2011). Esses estudos discutem que a mudança da
214 matriz circundante dos riachos afeta diretamente a disponibilidade de habitats para
215 organismos aquáticos, aumenta a entrada de luz e altera a qualidade da água, por exemplo,
216 aumentando a temperatura e diminuindo o oxigênio (Mendes et al., 2015; Juen et al.,
217 2014; Brasil et al., 2014; Shimano et al., 2011; Voelz & McArthur, 2000; Leal et al.,
218 2020). A relação entre as variáveis ambientais - HII, NDVI, condutividade, turbidez,
219 profundidade e composição aquática e semi-aquática dos heterópteros corrobora com
220 outros estudos baseados em Odonata, Trichoptera e Ephemeroptera na bacia do Suiá-
221 Miçu (Nogueira et al., 2011; Shimano et al., 2011; Mendes et al., 2015) e com os estudos
222 realizados com Heteroptera no Cerrado e na Amazônia onde a composição responde às
223 mudanças ambientais (Cunha & Juen, 2020; Dias-Silva et al., 2020 ; Giehl et al., 2020).

224 O HII, o NDVI e a profundidade estão relacionados à estrutura física dos riachos,
225 e são diretamente afetados pela retirada da mata ciliar, que ocasiona um desequilíbrio
226 nesses riachos. Como resultado, temos o aumento da abundância de indivíduos
227 generalistas e redução da abundância de organismos especialistas (Dias-Silva et al., 2010;
228 Liess et al., 2012, Lock et al., 2013). Em escala local, as mudanças na mata ciliar levam
229 à diminuição da quantidade e qualidade dos habitats disponíveis para as comunidades
230 aquáticas nos riachos (Dias-Silva et al., 2010; Cunha & Juen, 2015; Bastos et al., 2021).
231 Por esta razão, o aumento de sedimentos no canal e a redução de material alóctone podem
232 afetar a base das cadeias alimentares (Vannote et al., 1980; Cummins et al., 1989). Assim,
233 a redução da disponibilidade de nicho favorece a competição por recursos e a entrada de
234 espécies generalistas no grupo, alterando a biodiversidade local (Thorp et al., 2006; Giehl
235 et al., 2018; Cunha & Juen, 2020).

236 Alguns trabalhos indicam que a supressão da mata ciliar e a forma de uso do solo
237 alteram a qualidade ambiental e estrutural dos riachos, afetando a estrutura da
238 comunidade de insetos aquáticos - levando à perda de biodiversidade e função (Castro et
239 al., 2018; Dalla Corte et al., 2020; Martins et al., 2021). Além disso, essas mudanças no
240 uso do solo podem alterar as condições naturais de algumas variáveis da água como
241 condutividade, turbidez, dureza da água, pH e nutrientes devido à contribuição de
242 sedimentos do entorno para o riacho.

243 Estudos anteriores mostram que as variáveis ambientais podem conduzir a
244 mudanças na composição das comunidades de insetos aquáticos (Brasil et al., 2020). Por
245 exemplo, a condutividade é uma das variáveis ambientais mais importantes para a
246 estrutura das comunidades aquáticas em ambientes lóticos (Peeters et al., 2004; Godoy et
247 al., 2019). A relação entre condutividade com insetos aquáticos, inclusive com a
248 composição de Heteroptera, vem sendo discutida e destacada por Godoy et al. (2017) em
249 pontos amostrais próximos ao Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (Goiás),
250 Goulart et al. (2003) em seu estudo no Parque Estadual Serra Rola-Moça (Minas Gerais),
251 e por Cunha & Juen (2020) em riachos amazônicos. Sabe-se que diversos fatores alteram
252 a condutividade da água, por exemplo, a matéria orgânica fornecida pela mata ciliar para
253 pequenos riachos, quando decomposta pode alterar a composição dos íons na água,
254 aumentando assim a condutividade (Huamantínco & Nessimian, 1999). Além disso, a
255 modificação da matriz ao redor do riacho pode contribuir para a entrada de insumos

256 agrícolas e outros poluentes, alterando a qualidade e quantidade de íons presentes na água
257 (Couceiro et al., 2007; Song et al., 2020).

258 A turbidez pode estar relacionada ao aumento do transporte de sedimento e
259 conseqüentemente ao assoreamento dos ambientes aquáticos. Esses dois fatores estão
260 intimamente relacionados à perda de habitat e à redução das comunidades aquáticas
261 (Richter et al., 1997; Newcombe & Jensen, 1996). Atividades como a supressão da
262 vegetação ripária unida à agricultura e pecuária auxiliam na alteração dessas variáveis,
263 afetando negativamente o meio aquático e os organismos que fazem parte desse
264 ecossistema.

265 **CONCLUSÃO**

266 A comunidade Heteroptera apresentou variáveis ambientais que podem ser
267 utilizadas para indicar a qualidade do habitat e com variáveis utilizadas para indicar a
268 qualidade da água, demonstrando que esses organismos respondem às mudanças
269 ambientais que ocorrem em riachos no ecótono Cerrado- Amazônia, e a importância da
270 manutenção da mata ciliar nos riachos para a manutenção das comunidades aquáticas e
271 dos serviços ecossistêmicos que elas fornecem. E que a composição dos gêneros pode nos
272 fornecer respostas às mudanças na qualidade dos riachos.

273

274 **Agradecimentos**

275 Agradecemos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA –
276 Meio Ambiente, Instituto Socioambiental – ISA e ONGs relacionadas à Campanha Y
277 Ikatu Xingu, incentivadores deste projeto a EMBRAPA. Ao Laboratório de entomologia
278 de Nova Xavantina-LENX da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT pelo
279 apoio institucional e acadêmico. A Denis Silva Nogueira, Yulie Shimano, Vanessa Depra,
280 Herson Lima e Leandro Juen pelo auxílio na coleta de dados. NFGS agradece a bolsa de
281 pós-doutorado ao P&D Aneel-Cemig GT-599 (Projeto PROECOS, UFMG), , ISC a bolsa
282 (PIBEX-UFPA), AS a bolsa (PIBIC-UFPA).

283

284 **Contribuições do autor.** Os autores do NFGS e KDS participaram de todas as fases do
285 estudo, desde a concepção das ideias até a realização das análises estatísticas e redação

286 do manuscrito. NFGS, KDS e UMP realizaram trabalho de campo. UMP, ISC, AS e
287 HSRC participaram da redação e discussão do manuscrito.

288 Financiamento.

289

290 Disponibilidade de dados.

291

292 Conflito de interesses. Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

293

294 **BIBLIOGRAPHIC REFERENCES**

295 Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream
296 ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35, 257-284.

297 Bacellar, L. A. P. (2005). O papel das florestas no regime hidrológico de bacias
298 hidrográficas. *Geo.br*, 1, 1-39.

299 Bastos, R. C., Brasil, L. S., Oliveira-Junior, J. M. B., Carvalho, F. G., Lennox, G. D.,
300 Barlow, J. & Juen, L. (2021). Morphological and phylogenetic factors structure the
301 distribution of damselfly and dragonfly species (Odonata) along an environmental
302 gradient in Amazonian streams. *Ecological Indicators* ., 10.1016/j.ecolind.2020.107257

303 Bispo, P. C., Oliveira, L. G., Bini, L. M. & Sousa, K. G. (2006). Ephemeroptera,
304 Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central
305 Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures.
306 *Brazilian Journal of Biology* 66(2),611-622.

307 Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H. & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect
308 biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of*
309 *Entomology*, 5(1),495-523.

310 Brando, P. M., Coe, M., Defries, R. & Azevedo, A. A. (2013). Ecology, economy and
311 management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon.
312 *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*,
313 368(1619), 20120152.

- 314 Brasil, L. S., Batista, J. D., Giehl, N. F. D. S., Valadão, M. B. X., Santos, J. O. D. & Dias-
315 Silva, K. (2014). Environmental integrity and damselfly species composition in
316 Amazonian streams at the "arc of deforestation" region, Mato Grosso, Brazil. *Acta*
317 *Limnologica Brasiliensia*, 26(3), 278-287. [http://dx.doi.org/10.1590/S2179-](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300007)
318 [975X2014000300007](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300007).
- 319 Brasil, L. S., Shimano, Y., Batista, J. D., & Cabette, H. S. (2013). Effects of
320 environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta,
321 Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 103(3), 260-265.
- 322 Brasil, L. S., Luiza-Andrade, A., Calvão, L. B., Dias-Silva, K., Faria, A. P. J., Shimano,
323 Y., ... & Juen, L. (2020). Aquatic insects and their environmental predictors: a
324 scientometric study focused on environmental monitoring in lotic environmental.
325 *Environmental monitoring and assessment*, 192(3), 1-10.
- 326 Brito, J. G., Roque, F. O., Martins, R. T., Nessimian, J. L., Oliveira, V. C., Hughes, R.
327 M., ... & Hamada, N. (2020). Small forest losses degrade stream macroinvertebrate
328 assemblages in the eastern Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 241, 108263.
- 329 Cabette, H. S. R.; Giehl, N. F. S.; Dias-Silva, K; Juen, L & Batista, J. B. (2010).
330 *Distribuição de Nepomorpha e Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) da Bacia*
331 *Hidrográfica do Rio Suiá- Miçu, MT: riqueza relacionada à qualidade da água e do*
332 *hábitat*. In: SANTOS, J. E.; GALBIATI, C. & MOSCHINI, L. E. orgs. Gestão e educação
333 ambiental: água, biodiversidade e cultura. São Carlos, RiMa. v.2, p.113-137
- 334 Cordeiro, I. R., & Moreira, F. F. (2015). New distributional data on aquatic and
335 semiaquatic bugs (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha & Nepomorpha) from South
336 America. *Biodiversity Data Journal*, (3).
- 337 Couceiro, S. R., Hamada, N., Luz, S. L., Forsberg, B. R., & Pimentel, T. P. (2007).
338 Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in
339 Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575(1), 271-284.
- 340 Cummins, K. W., Wilzbach, M. A., Gates, D. M., Perry, J. B., & Taliaferro, W. B. (1989).
341 Shredders and riparian vegetation. *BioScience*, 39(1), 24-30.

- 342 Cunha, E. J., & Juen, L. (2020). Environmental drivers of the metacommunity structure
343 of insects on the surface of tropical streams of the Amazon. *Austral Ecology*, 45(5), 586-
344 595.
- 345 da Silva Giehl, N. F., Dias-Silva, K., Juen, L., Batista, J. D., & Cabette, H. S. R. (2014).
346 Taxonomic and numerical resolutions of Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in cerrado
347 streams. *PLoS One*, 9(8), e103623.
- 348 Dala-Corte, R. B., Melo, A. S., Siqueira, T., Bini, L. M., Martins, R. T., Cunico, A. M.,
349 ... & Roque, F. D. O. (2020). Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian
350 vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1391-1402.
- 351 de Faria, A. P. J., Ligeiro, R., Callisto, M., & Juen, L. (2017). Response of aquatic insect
352 assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia.
353 *Hydrobiologia*, 802(1), 39-51.
- 354 Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Veloso, G. K. O., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2020). Land
355 use change causes environmental homogeneity and low beta-diversity in Heteroptera of
356 streams. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 56, p. 9).
357 EDP Sciences. Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Juen, L., Cabette, H. S. R., Costa, C. C.,
- 358 Dias-Silva, K., Cabette, H. S., & Juen, L. (2010). The influence of habitat integrity and
359 physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic
360 Heteroptera. *Zoologia (Curitiba)*, 27(6), 918-930.
- 361 Dias-Silva, K., Moreira, F. F. F., Giehl, N. D., Nobrega, C. C., & Cabette, H. S. R. (2013).
362 Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist,
363 new records, and species distribution modeling. *Zootaxa*, 3736(3), 201-235.
- 364 Domingues, M. S., & Bermann, C. (2012). O arco de desflorestamento na Amazônia: da
365 pecuária à soja. *Ambiente & sociedade*, 15(2), 1-22.
- 366 Ferreira-Peruquetti, P., & De Marco Jr, P. (2002). Efeito da alteração ambiental sobre
367 comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista
368 brasileira de Zoologia*, 19(2), 317-327.
- 369 Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat
370 fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.

- 371 Freitas, P. V., & de Marco, P. (2020). Influence of local variables and landscape metrics
372 on Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) assemblages in Savanna streams, Brazil.
373 *Neotropical entomology*, 49(2), 191-202.
- 374 Giehl, N. F., Resende, B. O., Roges, P. F., Dias-Silva, K., Nogueira, D. S., & Cabette, H.
375 S. (2018). Diversidade de presas e predadores (Insecta) em mesohabitats de córregos de
376 Cerrado. *Iheringia. Série Zoologia*, 108.
- 377 Godoy, B. S., Faria, A. P. J., Juen, L., Sara, L., & Oliveira, L. G. (2019). Taxonomic
378 sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community.
379 *Ecological Indicators*, 107, 105624.
- 380 Guterres, A. P., Cunha, E. J., Godoy, B. S., Silva, R. R., & Juen, L. (2020). Co-occurrence
381 patterns and morphological similarity of semiaquatic insects (Hemiptera: Gerromorpha)
382 in streams of Eastern Amazonia. *Ecological Entomology*, 45(1), 155-166.
- 383 Heltshe, J. F., & Forrester, N. E. (1983). Estimating species richness using the jackknife
384 procedure. *Biometrics*, 1-11.
- 385 Huamantincó AA, Nessimian JL (1999) Estrutura e distribuição espacial da comunidade
386 de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do rio Paquequer,
387 Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensi* 11:1–16
- 388 Ilha, P., Rosso, S., & Schiesari, L. (2019). Effects of deforestation on headwater stream
389 fish assemblages in the Upper Xingu River Basin, Southeastern Amazonia. *Neotropical*
390 *Ichthyology*, 17(1).
- 391 Juen, L., Cunha, E. J., Carvalho, F. G., Ferreira, M. C., Begot, T. O., Andrade, A. L., ...
392 & Montag, L. F. A. (2016). Effects of oil palm plantations on the habitat structure and
393 biota of streams in Eastern Amazon. *River Research and Applications*, 32(10), 2081-
394 2094.
- 395 Juen, L., Oliveira-Junior, J. M. B. D., Shimano, Y., Mendes, T. P., & Cabette, H. S. R.
396 (2014). Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de
397 conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta amazonica*, 44(2), 223-
398 233.
- 399 Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., ... &
400 Barnsley, M. J. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS):

- 401 Land remote sensing for global change research. *IEEE transactions on geoscience and*
402 *remote sensing*, 36(4), 1228-1249.
- Lammert, M., & Allan, J. D. (1999). Assessing biotic
403 integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and
404 habitat structure on fish and macroinvertebrates. *Environmental management*, 23(2),
405 0257-0270.
- 406 Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde. Berlin, Gruyter. 338p
- 407 Leal, C. G., Lennox, G. D., Ferraz, S. F., Ferreira, J., Gardner, T. A., Thomson, J. R., ...
408 & Barlow, J. (2020). Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of
409 tropical aquatic species. *Science*, 370(6512), 117-121.
- 410 Legendre, P. and Legendre, L.F.J. Numerical ecology. USA: Elsevier, 2012.
- Newcombe,
411 Liess, A., Le Gros, A., Wagenhoff, A., Townsend, C. R., & Matthaei, C. D. (2012).
412 Landuse intensity in stream catchments affects the benthic food web: consequences for
413 nutrient supply, periphyton C: nutrient ratios, and invertebrate richness and abundance.
414 *Freshwater Science*, 31(3), 813-824.
- 415 Lock, K., Adriaens, T., Van De Meutter, F., & Goethals, P. (2013). Effect of water quality
416 on waterbugs (Hemiptera: Gerromorpha & Nepomorpha) in Flanders (Belgium): results
417 from a large-scale field survey. In *Annales de Limnologie-International Journal of*
418 *Limnology* (Vol. 49, No. 2, pp. 121-128). EDP Sciences.
- 419 Magalhães, O. M., Nery, L., Moller, H., Pavarini, R., Bertini, G., & Moreira, F. F. F.
420 (2020). Semiaquatic bugs (Insecta, Heteroptera, Gerromorpha) from Vale do Ribeira, São
421 Paulo state, Brazil. *Check List*, 16, 349.
- 422 Marques, A., Martins, I. S., Kastner, T., Plutzer, C., Theurl, M. C., Eisenmenger, N., ...
423 & Pereira, H. M. (2019). Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon
424 sequestration driven by population and economic growth. *Nature ecology & evolution*,
425 3(4), 628-637.
- 426 Martins, R. T., Couceiro, S. R., Melo, A. S., Moreira, M. P., & Hamada, N. (2017). Effects
427 of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon.
428 *Ecological indicators*, 73, 480-491.

- 429 Mendes, T. P., Cabette, H. S., & Juen, L. (2015). Setting boundaries: Environmental and
430 spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). *Anais da Academia Brasileira de*
431 *Ciências*, 87(1), 239-248.
- 432 Mendoza-Penagos, C. C., Calvão, L. B., & Juen, L. (2021). A new biomonitoring method
433 using taxonomic families as substitutes for the suborders of the Odonata (Insecta) in
434 Amazonian streams. *Ecological Indicators*, 124, 107388.
- 435 Montag, L. F., Leão, H., Benone, N. L., Monteiro-Júnior, C. S., Faria, A. P. J., Nicacio,
436 G., ... & Juen, L. (2019). Contrasting associations between habitat conditions and stream
437 aquatic biodiversity in a forest reserve and its surrounding area in the Eastern Amazon.
438 *Hydrobiologia*, 826(1), 263-277.
- 439 Neigh, C. S., Tucker, C. J., & Townshend, J. R. (2008). North American vegetation
440 dynamics observed with multi-resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*,
441 112(4), 1749-1772.
- 442 Nessimian, J. L., Venticinque, E. M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., ...
443 & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central
444 Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614(1), 117-131.
- 445 Newcombe, C. P., & Jensen, J. O. (1996). Channel suspended sediment and fisheries: a
446 synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of*
447 *Fisheries Management*, 16(4), 693-727.
- 448 Nieser, N. & Melo, A. L. (1997). Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais: guia
449 introdutório com chave de identificação para as espécies de Nepomorpha e Gerromorpha.
450 Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais. 180p.
- 451 Nogueira, D. S., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2011). Estrutura e composição da
452 comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú,
453 Mato Grosso, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 101(3), 173-180.
- 454 Oksanen, J.; Blanchet, F. G.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'Hara, R. B.; Simpson, G. L.;
455 Solymos, P.; Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2010). Vegan: community ecology
456 package. R package version 1.17-3.

- 457 Peeters, E. T., Gylstra, R., & Vos, J. H. (2004). Benthic macroinvertebrate community
458 structure in relation to food and environmental variables. *Hydrobiologia*, 519(1), 103-
459 115.
- 460 Pereira, L. R., Cabette, H. S., & Juen, L. (2012). Trichoptera as bioindicators of habitat
461 integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). *In Annales de*
462 *Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 48, No. 3, pp. 295-302). EDP
463 Sciences.
- 464 Prates-Clark, C. D. C., Saatchi, S. S., & Agosti, D. (2008). Predicting geographical
465 distribution models of high-value timber trees in the Amazon Basin using remotely sensed
466 data. *Ecological Modelling*, 211(3-4), 309-323. R Core Team (2019). R: A language and
467 environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna,
468 Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 469 Ratter, J. A.; Askew, G. P.; Montgomery, R. F. & Gifford, D. R. 1978. Observations on
470 the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forest and Soils of the Rio Suiá-Miçú area.
471 *Proceedings of the Royal Society of London* 203(B):191-208.
- 472 Richter, B. D., Braun, D. P., Mendelson, M. A., & Master, L. L. (1997). Threats to
473 imperiled freshwater fauna: amenazas a la fauna dulceacuicola en riesgo. *Conservation*
474 *biology*, 11(5), 1081-1093.
- 475 Sánchez-Cabanes, A., Nimak-Wood, M., Harris, N., & de Stephanis, R. (2017). Habitat
476 preferences among three top predators inhabiting a degraded ecosystem, the Black Sea.
477 *Scientia Marina*, 81(2), 217-227.. <https://doi.org/10.3989/scimar.04493.07A>
- 478 Shimano, Y., Cabette, H. S., Salles, F. F., & Juen, L. (2010). Composição e distribuição
479 da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil.
480 *Iheringia, Série Zoologia*, 100(4), 301-308.
- 481 Skorupa, L. A., Costa, U. M. P., Cunha, P., Rossete, A. N., Fidalgo, E. C. C., Simões, M.,
482 ... & CHOUERI, R. (2017). Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica
483 do rio Suiá-Miçu. *Embrapa Meio Ambiente-Documentos* (INFOTECA-E).
- 484 Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos*,
485 *Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920. Song, Y., Song, X., Shao,

486 G., & Hu, T. (2020). Effects of Land Use on Stream Water Quality in the Rapidly
487 Urbanized Areas: A Multiscale Analysis. *Water*, 12(4), 1123.

488 Thorp, J. H., Thoms, M. C., & Delong, M. D. (2006). The riverine ecosystem synthesis:
489 biocomplexity in river networks across space and time. *River Research and Applications*,
490 22(2), 123-147.

491 Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980).
492 The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1),
493 130-137.

494 Voelz, N. J., & McArthur, J. V. (2000). An exploration of factors influencing lotic insect
495 species richness. *Biodiversity & Conservation*, 9(11), 1543-1570.

496

497 **Figure. 1.** Study area and sampling streams of Heteroptera aquatic and semiaquatic from
498 the Upper Xingu River Basin satellite image based on Normalized Difference Vegetation
499 Index (NDVI) composition False Color -bands 5/4/3 – Spatial resolution of 30 meters,
500 LANDSAT 8 (2017).

501 **Figura. 1.** Área de estudo e amostragem de riachos de Heteroptera aquáticos e
502 semiaquáticos da Bacia do Alto Rio Xingu, imagem de satélite baseada no Índice de
503 Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) falsa composição cor-barras 5/4/3 –
504 Resolução espacial de 30 metros (2017).

505

506 **Figure. 2.** PCOA and aquatic Heteroptera communities in Xingu River basin streams in
507 the Cerrado-Amazon ecotone.

508 **Figura. 2.** PCOA e comunidades aquáticas de Heteroptera em riachos da bacia do rio
509 Xingu no ecótono Cerrado-Amazônia.

510

511 **Legendas das tabelas**

512 **Legends of tables**

513 **Table. I.** Composition of species with aquatic Heteroptera abundance values of the 12
514 streams located in the transition zone between the Amazon and Cerrado Biomes in
515 headwaters of Xingu River.

516 **Tabela I.** Composição das espécies com valores de abundância de heterópteros aquáticos
517 dos doze riachos localizados na zona de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado
518 nas cabeceiras do Rio Xingu

519 **Table II.** BIOENV result for the correlation between the ten environmental predictors
520 and the communities of aquatic Heteroptera of the 12 streams located in the transition
521 zone between the Amazon and Cerrado Biomes in headwaters of Xingu River. In bold
522 the selected model.

523

524 **Tabela II.** Resultado do BIOENV para a correlação entre os dez preditores ambientais e
525 as comunidades de Heteroptera aquáticos dos doze riachos localizados na zona de
526 transição entre os biomas Amazônia e Cerrado nas cabeceiras do Rio Xingu. Em negrito
527 o modelo selecionado.

528 **Legendas do material suplementar**

529 **Apêndice I:** Environmental variables of the twelve streams located in the transition zone
530 between the Amazon and Cerrado Biomes in headwaters of Xingu River. [HII- Habitat
531 Integrity Index; EVI- Enhanced Vegetation Index; NDVI- Normalized Difference
532 Vegetation Index; Conductivity; Tur-Turbidity; TAR- Air temperature; W.T- water
533 temperature; DO- Dissolved oxygen; Ni- Nitrate; Pho- Phosphorus; T.H-Total Hardness;
534 Ca-Calcium; Mg-Magnesium].

535

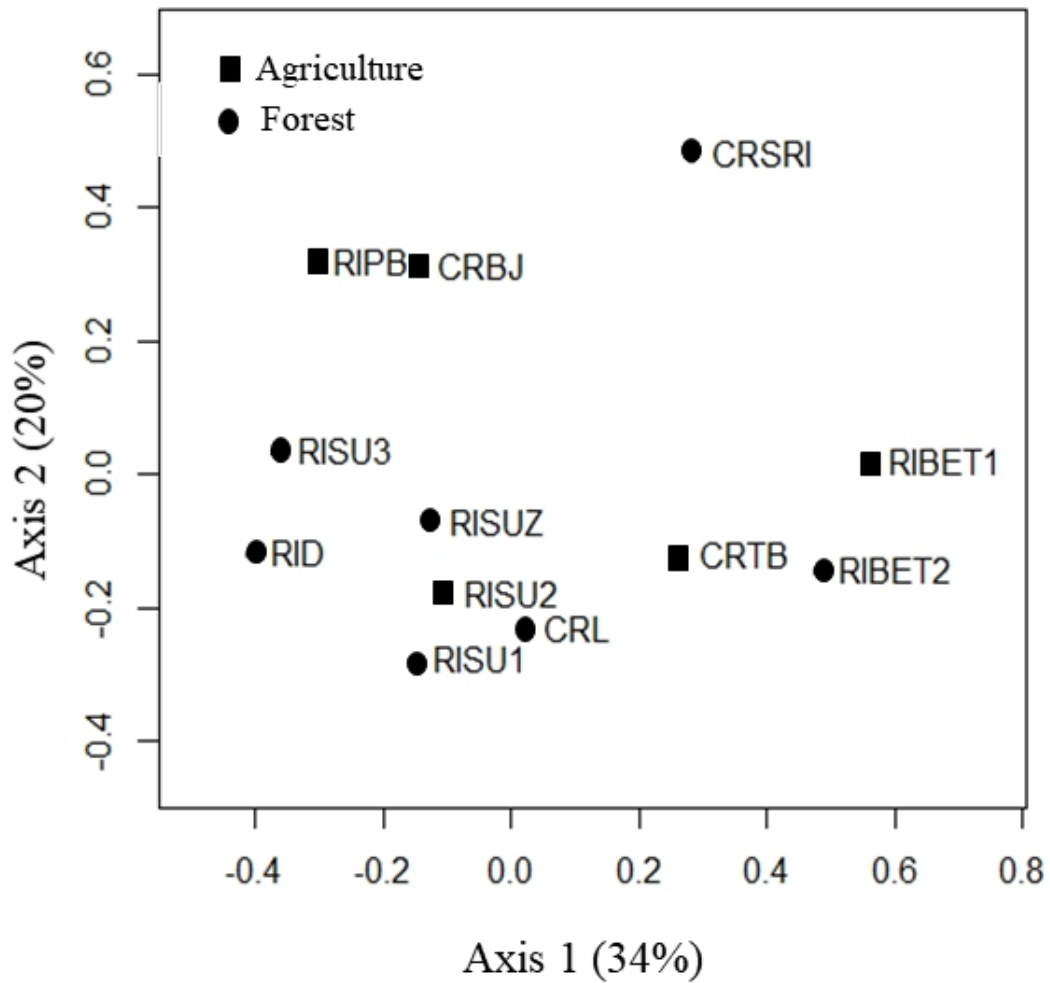
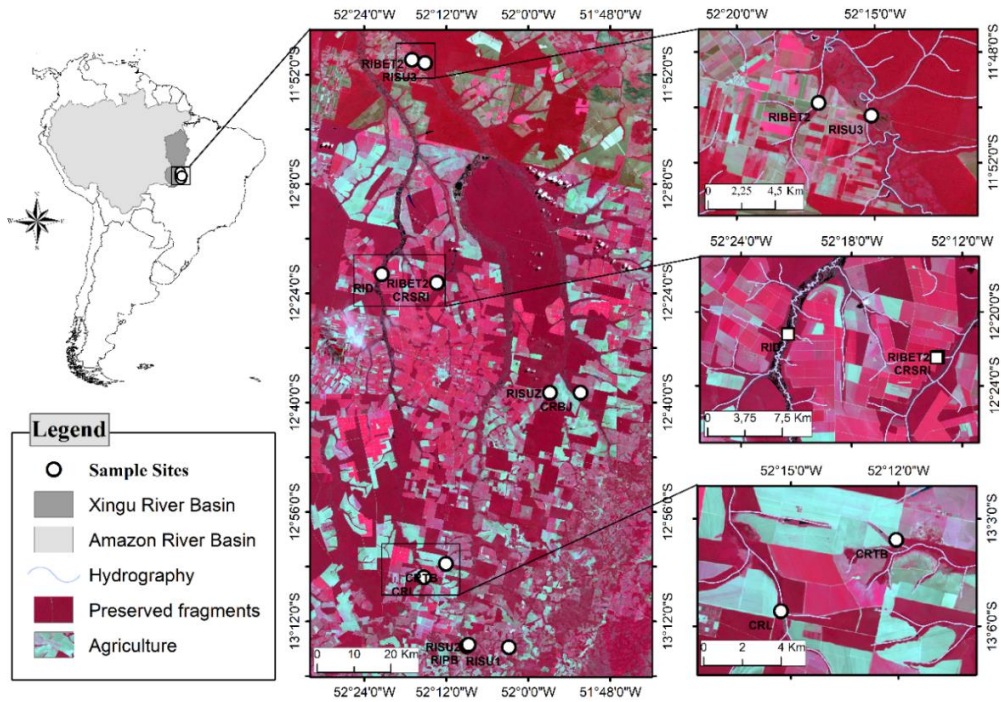
536 **Supplementary material legends**

537 **Apêndice I:** Variáveis ambientais dos doze riachos localizados na zona de transição entre
538 os biomas Amazônia e Cerrado nas cabeceiras do Rio Xingu. [IIIH- Índice de Integridade
539 de Habitat; EVI- Índice de Vegetação Melhorado; NDVI- Índice de Vegetação por
540 Diferença Normalizada; Condutividade; Tur- Turbidez; TAR- Temperatura do ar; W.T-
541 temperatura da água; OD- Oxigênio dissolvido; Ni- Nitrato; Pho- Fósforo; T.H- Dureza
542 Total; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio].

Streams names	Sigla	HII	EVI	NDVI	pH	d.	Turb.	Ar. T	W.T	OD	Depth	Width	Ni.	Pho.	T.H	Ca	Mg	Land use
Brejão stream	CRBJ	0.71	0.442	0.57	5.13	0.8	2.3	30	23.7	8.5	0.73	100	0.1	0.3	3.36	0.96	2.4	Agriculture
Lúcio stream	CRL	0.74	0.404	0.54	4.59	0.6	42	28	22.5	8.4	0.77	3.42	0.3	0.08	2.92	0.96	1.96	Forest
Sucuri stream	CRSRI	0.6	0.517	0.57	4.86	0.9	88.1	33	25.5	7.5	0.83	100	0.4	0.05	3.49	1.4	2.09	Forest
Transição-brejo stream	CRTB	0.39	0.38	0.52	4.11	1	49.9	31	23.8	9.9	0.2	1.37	0.3	0.03	3.27	1.09	2.18	Agriculture
Betis river 1	RIBET1	0.64	0.438	0.71	5.37	1.2	110	26	24.3	7.3	0.31	1.27	0.6	0.11	4.14	1.09	3.05	Agriculture
Betis river 2	RIBET2	0.49	0.429	0.56	5.67	1.3	67.8	26	24.2	6.1	0.12	4.83	0.4	0.04	4.58	1.74	2.83	Forest
Darro river	RID	0.69	0.037	0.09	4.62	0.6	52.3	33	25.7	6.3	3.42	100	0.4	0.06	3.79	0.92	2.88	Forest
Piabanha river	CRPB	0.65	0.424	0.55	4.47	0.3	65.3	31	23.9	9.8	1.07	5.96	0.4	0.08	2.75	0.87	1.87	Agriculture
Suiá-Missu river 1	RISU1	0.58	0.369	0.49	4.97	0.5	50.4	31	23.5	8.6	1.32	1.32	0.4	0.06	19.18	15.26	3.92	Forest
Suiá-Missu river 2	RISU2	0.67	0.332	0.46	4.5	0.4	63.4	29	23.4	9.7	1.43	9.66	0.3	0.04	2.88	0.96	1.92	Agriculture
Suiá-Missu river 3	RISU3	0.73	0.417	0.47	4.86	0.9	88.1	27	25.5	7.5	3.4	73	0.3	0.07	3.49	1.53	1.96	Forest
Suiazinho river	RISUZ	0.66	0.276	0.43	5.5	0.6	66.9	35	23.6	9	1.8	14.1	0.3	0.08	2.7	1.18	1.53	Forest

Infraorder/Family/Genus	Total
Gerromorpha	
Gerridae	
<i>Brachymetra</i> Mayr, 1865	10
<i>Cylindrostethus</i> Mayr, 1865	13
<i>Limnogonus</i> Stål, 1868	1
<i>Neogerris</i> Matsumura, 1913	16
Hydrometridae	
<i>Hydrometra</i> Latreille, 1796	1
Veliidae	
<i>Euvelia</i> Drake, 1957	9
<i>Rhagovelia</i> Mayr, 1865	32
<i>Stridulivelia</i> Hungerford, 1929	2
Nepomorpha	
Belostomatidae	
<i>Belostoma</i> Latreille, 1807	3
Naucoridae	
<i>Ambrysus</i> Stål, 1862	13
<i>Ctenipocoris</i> Montandon, 1897	1
<i>Limnocoris</i> Stål, 1860	121
<i>Pelocoris</i> Stål, 1876	1
<i>Placomerus</i> La Rivers, 1956	2
Nepidae	
<i>Curicta</i> Stål, 1862	1
<i>Ranatra</i> Fabricius, 1790	3
Notonectidae	
<i>Buenoa</i> Kirkaldy, 1904	6
<i>Martarega</i> White, 1879	20
Potomocorinae	1
Total	256

Combinations of environmental variables	Correlation
Prof	0.409
Cond+ Prof	0.470
Cond+ Prof+ Fos	0.511
NDVI + Cond + Prof + Fos	0.522
HII + NDVI + Cond + Turb + Prof	0.524
HII+ EVI +Cond + Prof + Nitr + Fos	0.522
HII+ EVI + Cond + TAR+ Prof+ Nitr+Fos	0.515
HII+ EVI + Cond+ Turb+TAR + Prof + Nitr+ Fos	0.511
HII+ EVI + NDVI+ Cond +Turb + TAR + Prof + Nitr + Fos	0.490
HII+ EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR+ Prof + Nitr + Fos	0.463
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA+ Prof + Nitr+Fos	0.436
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA + Prof + Lar + Nitr+ Fos	0.413
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA + OD + Prof + Lar +Nitr + Fos	0.379
HII+ EVI + NDVI + pH + Cond +Turb + TAR + TA + OD + Prof + Lar+ Nitr + Fos +Mg	0.345
HII + EVI + NDVI + pH + Cond +Turb + TAR + TA + OD +Prof +Lar +Nitr + Fos +Dur +Mg	0.231
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb +TAR + TA + OD + Prof + Lar + Nitr + Fos + Dur + Ca+ Mg	0.088



Anexo II – Artigo Formatado nas normas da revista Limnetica

1 **Aquatic and semiaquatic Heteroptera distribution in an environmental gradient on**
2 **the Cerrado-Amazon ecotone in headwaters of Xingu River**

3
4 Iluany da Silva Costa^{3*}, Nubia França da Silva Giehl¹, Uly Mattilde Pozzobom²;
5 Anderson André Carvalho Soares³, Helena Soares Ramos Cabette⁴; Karina Dias-Silva⁵

6 1. Laboratório de Ecologia de Bentos Universidade Federal de Minas Gerais Belo
7 Horizonte, MG.

8 2. Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal
9 de Mato Grosso, Cuiabá, MT. Laboratório de Ecologia e Investigação Aquática.

10 3. Faculdade de Ciências Biológicas-FCB, Universidade Federal do Pará-UFPA Campus
11 Altamira, PA.

12 4. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação-PPGEC, Universidade do
13 Estado de Mato Grosso-UNEMAT Nova Xavantina-MT.

14 5. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação-PPGBC, Universidade
15 Federal do Pará-UFPA Campus Altamira, PA.

16 * Corresponding author: iluanycosta96@gmail.com

17
18 **Aquatic and semiaquatic Heteroptera distribution in an environmental gradient on**
19 **the Cerrado-Amazon ecotone in headwaters of Xingu River**

20 **ABSTRACT**

21 The landscape modification in water bodies surroundings, leads to changes in
22 limnological characteristics and decreased aquatic biodiversity such as fish and
23 macroinvertebrates. Aquatic insects are sensitive to changes in aquatic ecosystems and
24 respond quickly to those changes. The aim of this paper was to evaluate the relationship
25 between the composition of aquatic and semi-aquatic Heteroptera with environmental
26 variables along an environmental gradient in streams at the headwaters of the Xingu
27 River. We collected in 12 streams, belonging to the Suiá-Miçú river basin and tributaries
28 of the Xingu River, in September (dry season), 2008. The Suiá-Miçú river is one of the
29 tributaries of the right bank of the Xingu River and it is located in the ecotone between
30 Cerrado and Amazon Forest in the area characterized as "Arc of Deforestation". The
31 heteropterans were sampled in fixed 100 m transections, divided into 20 segments of five
32 meters each. To assess habitat integrity in each stream, the Habitat Integrity Index (IIH)
33 was applied. Environmental variables were measured: electrical conductivity, turbidity,
34 depth and NDVI. The ordering of species composition was performed by Principal

35 Coordinate Analysis (PCoA) and the relationship between environmental variables and
36 composition was performed using a Mantel. 256 individuals were collected, distributed
37 in eight families, 20 genera, of these, 12 from Nepomorpha and eight from Gerromorpha.
38 The most abundant genera were *Limnocois* (n = 121) and *Rhagovelia* (n = 32).
39 Naucoridae was the most diverse family. The variables HII, NDVI, electrical
40 conductivity, turbidity and depth were related to the structure of the Heteroptera
41 composition ($r = 0.49$; $p = 0.001$). Aquatic Heteroptera can be useful to indicate habitat
42 quality in streams, since the composition of aquatic and semi-aquatic Heteroptera was
43 affected by the environmental variables analyzed, indicating that the alteration of the
44 matrix surrounding the streams modifies their community structure.

45

46 **Key-Words:** Arc of Deforestation; Aquatic Insects; Land Use Changing; Streams;
47 Environmental Variables.

48

49 **Distribuição aquática e semiaquática de Heterópteros em um gradiente ambiental**
50 **no ecótono Cerrado-Amazonas nas cabeceiras do Rio Xingu**

51 **RESUMO:**

52 A modificação da paisagem no entorno dos corpos d'água, leva a alteração das
53 características limnológicas e diminuição da biodiversidade aquática, como peixes e
54 macroinvertebrados. Os insetos aquáticos são sensíveis a alterações e respondem
55 rapidamente às mudanças nos ecossistemas aquáticos. Objetivo foi avaliar a relação da
56 composição de Heteroptera aquáticos e semi-aquáticos com as variáveis ambientais ao
57 longo de um gradiente ambiental em riachos da cabeceira do Rio Xingu. Coletamos em
58 12 riachos, pertencentes à bacia do Rio Suiá-Miçú em setembro (estiagem), de 2008. O
59 Rio Suiá-Miçú é um dos afluentes do Rio Xingu, situado no ecótono entre o Cerrado e
60 Floresta Amazônica na área caracterizada como “Arco do Desmatamento”. Os
61 Heteroptera foram amostrados em transecções fixas de 100 m, divididas em 20 segmentos
62 de cinco metros cada. Para avaliar a integridade de habitat em cada riacho foi aplicado o
63 Índice de Integridade de Habitat (IIH). Foram mensuradas as variáveis ambientais:
64 condutividade elétrica, turbidez, profundidade e NDVI. A ordenação da composição de
65 espécies foi realizada pela Análise de Coordenadas Principais (PCoA) e a relação das
66 variáveis ambientais com a composição foi realizada através de um Mantel. Coletamos
67 256 indivíduos distribuídos oito famílias, 20 gêneros, destes 12 de Nepomorpha e oito de
68 Gerromorpha. Os gêneros mais abundantes foram *Limnocois* (n=121) e *Rhagovelia*

69 (n=32). Naucoridae foi a família mais diversa. As variáveis HII, NDVI, condutividade
70 elétrica, turbidez e profundidade apresentaram relação com a estrutura da composição dos
71 Heteropteras ($r= 0,49$; $p= 0,001$). Os Heteroptera aquáticos podem ser úteis para indicar
72 a qualidade do habitat em riachos, visto que a composição de Heteroptera aquáticos e
73 semi-aquáticos apresentou relação com as variáveis ambientais analisadas, indicando que
74 a alteração da matriz entorno dos riachos e consequente alteração nas variáveis
75 limnológicas modifica a estrutura da comunidade destes predadores.

76 **Palavras-chave:** Arco do desmatamento; insetos aquáticos; mudança no uso da terra;
77 riachos; variáveis ambientais

78 INTRODUCTION

79 The biological diversity in streams and rivers can be strongly affected by the use
80 of the surrounding soil, through the modification of natural areas in agricultural areas
81 (Allan, 2004; Juen et al., 2016). The main changes in streams are related to limnological
82 variables, water flow, channel width and depth, and habitat available to aquatic
83 communities (Allan, 2004; Allan & Castilho, 2007; Juen et al., 2016). Studies show that
84 the presence of riparian vegetation in streams contributes to the maintenance of energy
85 and allochthonous matter (Vannote et al., 1980, Thorp et al., 2006; Brito et al., 2020).
86 Therefore, the energy flow of first to third order streams is maintained by the riparian
87 forest, which provides shading and allochthonous material, in addition to resulting in
88 habitat and feeding diversity for the organisms, it also prevents the water temperature
89 from increasing and consequently avoiding the lost. of more sensitive species (Vannote
90 et al., 1980; Dalla-Corte et al., 2020). In addition, the natural vegetation operates as a
91 buffer zone during the rainy season, preventing the carrying of sediment and pollutants
92 from the surrounding human activities areas to the streams (Allan, 20014; Bacellar,
93 2005).

94 With the changes in the physical structure of water bodies, caused by anthropic
95 actions, factors such as increased luminosity, entry of nutrients into the water
96 (eutrophication), during the rainy season, the increase in flow causes a decrease in the
97 availability of resources, consequently, they are responsible for affecting aquatic insect
98 communities (Bispo et al., 2006; Martins et al., 2017). But these factors vary in
99 accordance with geographic region, landscape changing and group of insects analyzed for
100 this, it is necessary to analyze how aquatic insects respond to variation in the environment,
101 in order to evaluate the physical integrity and quality of these aquatic ecosystems (Bonada
102 et al., 2006; Lammert & Allan, 1999).

103 The Cerrado-Amazonia transition region, located in the region of the arc of
104 deforestation, has been the target of intense conversion from natural areas to areas for
105 agriculture and livestock (Brando et al., 2013; Marques et al., 2019)). Earlier studies have
106 claimed that landscape change directly affects fish and macroinvertebrate communities
107 (Montang et al., 2019, Nogueira et al., 2011, Shimano et al., 2010), leading to a
108 homogenization of the aquatic environment and a decrease in biodiversity (Fischer &
109 Lindenmayer, 2007). In general, aquatic organisms are known to be dependent on the

110 physical and chemical conditions of water, and environmental conditions of streams
111 (Bispo et al., 2006). And because of this they are more sensitive and respond quickly to
112 changes in aquatic ecosystems (Rosenberg & Resh, 1993).

113 Among the studies of aquatic insects, organisms that spend at least one phase of
114 their life in water bodies, few analyze the relationship of Heteroptera with environmental
115 impacts (Giehl et al., 2014, Dias-Silva et al., 2020). Aquatic Heteroptera are divided in
116 three infraorders Gerromorpha, Nepomorpha and Leptopodomorpha, that are
117 cosmopolitans, absent only in Antarctica (Cordeiro & Moreira, 2015). Most of these
118 insects are predators, with the exception of members of the Corixidae family. The
119 Heteroptera are known by their ecological and environmental importance, such as
120 biological control of populations through predation, and thus, can be used as indicators
121 of aquatic habitat quality (Cunha & Juen 2020; Guterres et al., 2019; Dias-Silva et al.,
122 2010). Few studies have evaluated the effect of anthropogenic impacts on the composition
123 and structure of Heteroptera communities in the Cerrado-Amazon transition region
124 (Cabette et al., 2010). Thus, due to the intense history of conversion of land use to
125 agriculture and livestock in the region of the deforestation arc, also characterized in the
126 Cerrado-Amazon ecotone, we aim to evaluate the relationship of Nepomorpha and
127 Gerromorpha composition with environmental variables across landscapes of agricultural
128 and forest systems. We expect that the composition of aquatic and semi-aquatic
129 Heteroptera is different between streams, characterized as forested, and streams with
130 agricultural influence, classified as agriculture, and that this difference is determined by
131 the distinction in the environmental characteristics of each stream.

132 MATERIAL AND METHODS

133 **Study area.** The collections were carried out in 12 streams of 1st to 6th orders
134 according to the Strahler Classification (1957), that is, hierarchical analysis of affluent
135 networks that defines the size of the stream stretch and the time in the Suiá-Miçú river
136 basin Darro River, one of its main tributaries, in September 2008 (fig. 1). The Suiá-Miçú
137 River is located between coordinates 11°15' to 13°40'S and 53°15' to 51°15'W, not an
138 ecotone between the Cerrado and the Amazon Forest. This river is one of the main
139 tributaries on the right bank of the Xingu River, crossing floodplain areas in the
140 municipalities of Água Boa, Canarana, Ribeirão Cascalheira and Querência in the states
141 of Mato Grosso (Skorupa et al., 2017). The region has a seasonal tropical climate, with a

142 dry season extending from May to October and a rainy season that comprises the months
143 from November to April. The predominant climate of the region is Tropical Savanna (*Aw*)
144 type, according to Köppen climate classification (1931) with predominance of the cerrado
145 sensu stricto phytophysiology; however, there are microregions of subtypes Tropical
146 Monsoon (*Am*) and Tropical Rain (*A*) further north (Ratter et al., 1978).

147 **Biological sample.** Heteroptera samples from the streams were obtained in fixed
148 100 m transects, divided into 20 segments of five meters each in a stream. The samples
149 were collected in a sieve measuring 18 cm in diameter and 0.05 mm mesh, passed three
150 times through the substrates of the channel bed and on the margins of each segment
151 (modified by Ferreira-Peruquetti & De Marco, 2002; Dias-Silva et al. al., 2010). After
152 field testing, the material was preserved in 85% ethyl alcohol. The identification of genera
153 / morphospecies was performed with the aid of equipment such as: magnifying glasses
154 and dichotomous keys (Nieser & Melo, 1997). Heteroptera are deposited in the “James
155 Alexander Ratter” Zoobotany Collection (CZNX), at the State University of Mato Grosso
156 (UNEMAT), city of Nova Xavantina, Mato Grosso, Brazil.

157 **Environmental variables.** In each stream the variables were measured: pH, water
158 temperature (°C), Turbidity (NTU), Dissolved oxygen (OD; mg/l⁻¹), Conductivity (µm/s)
159 with multiparameter probe (Horiba®). The width in the streams was measured with a
160 laser measuring (DISTOM®), and the depth with the help of a brand ecobathometer
161 (Echotest® mod II). The water nutrients, total hardness, nitrate and orthophosphate
162 concentrations were measured following the protocol established by the APHA (1998).

163 **Habitat integrity sample.** To assess the habitat integrity in each stream, the
164 Habitat Integrity Index (HII) proposed by Nessimian et al. (2008). This index is composed
165 of 12 items that assess the width of the riparian forest and its conservation status in the
166 50 m range, structure of the gullies, heterogeneity along the stream as to the type of
167 substrate, retention devices in the stream bed, presence of rapids and potions and crop
168 types adjacent to riparian vegetation. The index ranges from zero to one, indicating an
169 increasing gradient of integrity. The HII ranged from 0.39 to 0.74 in the sampled streams.

170 **Sample of vegetation index.** To obtain the vegetation indices in the study area,
171 the ArcGis 10.1 geoprocessing software (Esri, 2014) was used. Initially, two Landsat 8
172 satellite images (22468 and 22469) were obtained free of charge for research purposes on
173 the Earth Explorer website (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). This satellite has 170 x 183

174 km of image, 16-day temporal resolution and 11 bands, but only three were used in this
 175 study (near infrared - band 5, red - band 4 and blue - band 2). These three bands from
 176 each scene were subjected to conversion of pixel values from digital number to
 177 reflectance in ArcGis 10.1 (Arctoolbox - Spatial Analyst Tools - Map Algebra - Raster
 178 Calculator), using the formula provided by the American Geological Agency - USGS
 179 (<https://www.usgs.gov/land-resources>):

180

$$181 \quad p_{\lambda} = (M_o Q_{cal} + A_p) * \text{Sin}(\theta_E)$$

182

183 **Where:**

184

185 p_{λ} = Reflection of the top of the atmosphere

186 M_o = Band-specific multiplicative scaling factor

187 Q_{cal} = Band-specific additive scaling factor;

188 A_p = Calibrated standard product pixel

189 θ_E = Local elevation angle of the sun

190

191 After the transformation of the digital number for reflectance we used a calculator
 192 raster of the ArcGis 10.1 to calculate the Normalized Difference Vegetation Index –
 193 NDVI and the Enhanced Vegetation Index – EVI. The NDVI calculation assists the
 194 mapping and prediction of land cover degradation (Prince et al., 2009), indicating the
 195 amount of green vegetation in a one pixel (Prates-Clark et al., 2008). This is because of
 196 the green leaf high absorption of visible light, together with high reflectance in the near
 197 infra-red, result in positive values of NDVI. Exposed soil, cloud, impermeable surfaces
 198 have NDVI values close to zero, while water has negative NDVI values (Neigh et al.,
 199 2008). Already, the EVI is useful in assessing the vegetation vigor, as it is directly related
 200 to variations in vegetation cover (Justice et al., 1998). The first index was calculated using
 201 the following formula:

202

$$203 \quad NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

204

205 **Where:**

206

207 NIR: Spectral band of near infrared

208 Red= Red spectral band

209

210 For second index, we based in Justice et al., (1998), and we use the following formula:

211

$$212 \quad EVI = G * \left(\frac{NIR - Red}{(NIR + C1 * Red) - (C2 * Blue + 1)} \right)$$

213

214 **Where:**

215

216 G= 2.5

217 C1 e C2 = Adjustment coefficients for the effect of aerosols in the atmosphere, being C1

218 = 6, C2 = 7.5

219 NIR= Spectral band of near infrared

220 Red= Red spectral band

221 Blue= Blue spectral band

222

223 **Data analysis.** The environmental variables were standardized with the
 224 “decoStand” function of the “vegan” package (Oksanen et al., 2010). Subsequently, the
 225 most important environmental variables for aquatic and semi-aquatic Heteroptera were
 226 selected through an analysis of the Best Subset of Environmental Variables with
 227 Maximum Correlation (Rank) with Community Dissimilarities (BIOENV), which
 228 consists of a selection selection of variables, with “bioenv function” from the “vegan
 229 package” (Oksanen et al., 2010). To visualize the species composition at the sites, a
 230 Principal Coordinate (PCoA) analysis was performed using a Bray-Curtis distance matrix
 231 (Legendre & Legendre, 2011). For PCoA, abundances were logarithmized with the log
 232 function (x + 1) and the “rda” function of the “vegan” package. To assess the relationship
 233 of the environmental variables selected by BIOENV with the composition of the aquatic
 234 and semi-aquatic Heteroptera genus, the Mantel test was used, with Bray-Curtis for
 235 species and the Euclidean distance matrix for environmental variables with function
 236 "vegetarian". (Legendre & Legendre, 2011) with the “cloak” function of the “vegan”
 237 package (Oksanen et al., 2010). All analyzes were performed in R language (R
 238 Development Core Team 2019).

239 **RESULT**

240 We sampled 256 individuals from eight families and 20 genera. Representatives
241 of the two infra-orders were collected, 12 genera belonging to Nepomorpha (aquatic) and
242 eight to Gerromorpha (semi-aquatic). The most abundant genera were *Limnocoris* (n =
243 121) (Nepomorpha) and *Rhagovelia* (n = 32) (Gerromorpha) belonging to the family
244 Naucoridae and Veliidae respectively. Naucoridae was the family with the biggest
245 diversity (Tab. I, Supplementary material: Appendix 1).

246 When we evaluated which environmental variables were most important for
247 heteroptera aquatic and semiaquatic genera composition, the best explanation was related
248 to HII, NDVI, conductivity, turbidity and depth variables (52 %) (Tab. II). The
249 relationship between environmental variables and aquatic and semi-aquatic heteropters
250 was significant ($r = 0.49$; $p = 0.001$). The PCoA demonstrated 34% explanation on the
251 first axis and 20% explanation on the second axis (Fig. 2). The composition of forest and
252 agricultural environments is different, with forested streams having a similar composition
253 to each other.

254 **DISCUSSION**

255 The relationship between environmental variables and aquatic communities has
256 been well documented in streams in the Amazon, Cerrado and in transitional areas (Ilha
257 et al., 2019; de Faria et al., 2017; Nogueira et al., 2011). These studies found that changing
258 the matrix surrounding streams directly affects the availability of habitats for aquatic
259 organisms, increases light input and alters water quality, for example, increasing
260 temperature and decreasing oxygen (Mendes et al., 2015; Juen et al., 2014; Brazil et al.,
261 2014; Shimano et al., 2011; Voelz & McArthur, 2000; Leal et al., 2020). The relationship
262 between environmental variables - HII, NDVI, conductivity, turbidity, depth and aquatic
263 and semi-aquatic composition of heteroptera corroborates other studies based on
264 Odonata, Trichoptera, Odonata and Ephemeroptera in the Suiá-Miçu basin (Nogueira et
265 al., 2011 ; Shimano et al., 2011; Mendes et al., 2015) and with studies carried out with
266 Heteroptera in the Cerrado and Amazon, where the composition responds to
267 environmental changes (Cunha & Juen, 2020; Dias-Silva et al., 2020 ; Giehl et al., 2020).

268 The HII, the NDVI and the depth are related to the physical structure of the
269 streams, and are directly affected by the removal of riparian forest, which causes an
270 imbalance in these streams. As a result, we have an increase in the number of specialists
271 and a reduction in the abundance of specialists (Dias-Silva et al., 2010; Liess et al., 2012,
272 Lock et al., 2013). At a local scale, how changes in riparian vegetation lead to a decrease
273 in the quantity and quality of habitats available to aquatic communities in streams (Dias-
274 Silva et al., 2010; Cunha & Juen, 2015; Bastos et al., 2021). For this reason, the increase
275 in channel sediments and the reduction of alloconic material can affect the base of food
276 chains (Vannote et al., 1980; Cummins et al., 1989). Thus, the reduction in niche
277 availability favors competition for resources and the entry of generalist species into the
278 group, alters local biodiversity (Thorp et al., 2006; Giehl et al., 2018; Cunha & Juen,
279 2020).

280 Previous studies state that environmental variables can lead to changes in the
281 composition of aquatic insect communities (Brasil et al., 2020). For example,
282 conductivity is one of the most important environmental variables for the structure of
283 aquatic communities in lotic environments (Peeters et al., 2004; Godoy et al., 2019). The
284 relationship between conductivity with aquatic insects, including Heteroptera
285 composition, has been discussed and highlighted by Godoy et al. (2017) at sampling
286 points near the Chapada dos Veadeiros National Park (Goiás), Goulart et al. (2003) in

287 their study in the Serra Rola-Moça State Park (Minas Gerais), and by Cunha & Juen
288 (2020) in Amazonian streams. Several factors are known to change the conductivity of
289 water, for example, organic matter provided by riparian forest to small streams is
290 decomposed and organic matter can change the composition of ions in water, thus
291 increasing conductivity (Huamantinco & Nessimian, 1999). Furthermore, modifying the
292 matrix around the stream can contribute to the entry of agricultural inputs and other
293 pollutants, changing the quality and quantity of ions present in the water (Couceiro et al.,
294 2007; Song et al., 2020).

295 Turbidity may be related to the increase in sediment transport and consequently to the
296 siltation of aquatic environments. These two factors are closely related to habitat loss and
297 the reduction of aquatic communities (Richter et al., 1997; Newcombe & Jensen, 1996).
298 Activities such as the suppression of riparian vegetation together with agriculture and
299 livestock help to change these variables, negatively affecting the aquatic environment and
300 the organisms that are part of this ecosystem

301 **CONCLUSION**

302 The Heteroptera community presented environmental variables that can be used
303 to indicate habitat quality and variables used to indicate water quality, demonstrating that
304 these organisms respond to environmental changes that occur in streams in the Cerrado-
305 Amazon ecotone, and the importance of maintenance from riparian forest in streams to
306 the maintenance of aquatic communities and the ecosystem services they provide. And
307 that the composition of genres can provide us with answers to changes in the quality of
308 streams.

309 **Acknowledgements.** We thank Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
310 EMBRAPA – Meio Ambiente, Instituto Sócio Ambiental – ISA e ONGs related to
311 Campanha Y Ikatu Xingu, encouraging of this project to EMBRAPA. To the Entomology
312 Laboratory – LENX, Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Nova
313 Xavantina – MT. The Denis Silva Nogueira, Yulie Shimano, Vanessa Depra, Herson
314 Lima e Leandro Juen for assistance in data collection. NFGS would like to thank for her
315 Postdoctoral scholarship P&D Aneel-Cemig GT-599 (Projeto PROECOS, UFMG), ISC
316 extension scholarship (PIBEX-UFPA), AS scientific initiation scholarship (PIBIC-
317 UFPA).

318

319 **Author contributions.** NFGS and KDS authors participated in all phases of the study
320 from conceiving the ideas to performing the statistical analyses and writing of the
321 manuscript. NFGS, KDS and UMP conducted fieldwork. UMP, ISC, AS and HSRC
322 participated in the writing and the discussion of the manuscript.

323 **Funding.**

324

325 **Data availability.**

326

327 **Conflict of interest.** The authors have no conflict of interests to declare.

328

329 **BIBLIOGRAPHIC REFERENCES**

330 Allan, J. D. (2004). Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream
331 ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35, 257-284.

332 Bacellar, L. A. P. (2005). O papel das florestas no regime hidrológico de bacias
333 hidrográficas. *Geo.br*, 1, 1-39.

334 Bastos, R. C., Brasil, L. S., Oliveira-Junior, J. M. B., Carvalho, F. G., Lennox, G. D.,
335 Barlow, J. & Juen, L. (2021). Morphological and phylogenetic factors structure the
336 distribution of damselfly and dragonfly species (Odonata) along an environmental
337 gradient in Amazonian streams. *Ecological Indicators* ., 10.1016/j.ecolind.2020.107257

338 Bispo, P. C., Oliveira, L. G., Bini, L. M. & Sousa, K. G. (2006). Ephemeroptera,
339 Plecoptera and Trichoptera assemblages from riffles in mountain streams of Central
340 Brazil: environmental factors influencing the distribution and abundance of immatures.
341 *Brazilian Journal of Biology* 66(2),611-622.

342 Bonada, N., Prat, N., Resh, V.H. & Statzner, B. (2006). Developments in aquatic insect
343 biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annual Review of*
344 *Entomology*, 5(1),495-523.

345 Brando, P. M., Coe, M., Defries, R. & Azevedo, A. A. (2013). Ecology, economy and
346 management of an agroindustrial frontier landscape in the southeast Amazon.
347 *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*,
348 368(1619), 20120152.

- 349 Brasil, L. S., Batista, J. D., Giehl, N. F. D. S., Valadão, M. B. X., Santos, J. O. D. & Dias-
350 Silva, K. (2014). Environmental integrity and damselfly species composition in
351 Amazonian streams at the "arc of deforestation" region, Mato Grosso, Brazil. *Acta*
352 *Limnologica Brasiliensia*, 26(3), 278-287. [http://dx.doi.org/10.1590/S2179-](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300007)
353 [975X2014000300007](http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2014000300007).
- 354 Brasil, L. S., Shimano, Y., Batista, J. D., & Cabette, H. S. (2013). Effects of
355 environmental factors on community structure of Leptophlebiidae (Insecta,
356 Ephemeroptera) in Cerrado streams, Brazil. *Iheringia. Série Zoologia*, 103(3), 260-265.
- 357 Brasil, L. S., Luiza-Andrade, A., Calvão, L. B., Dias-Silva, K., Faria, A. P. J., Shimano,
358 Y., ... & Juen, L. (2020). Aquatic insects and their environmental predictors: a
359 scientometric study focused on environmental monitoring in lotic environmental.
360 *Environmental monitoring and assessment*, 192(3), 1-10.
- 361 Brito, J. G., Roque, F. O., Martins, R. T., Nessimian, J. L., Oliveira, V. C., Hughes, R.
362 M., ... & Hamada, N. (2020). Small forest losses degrade stream macroinvertebrate
363 assemblages in the eastern Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 241, 108263.
- 364 Cabette, H. S. R.; Giehl, N. F. S.; Dias-Silva, K; Juen, L & Batista, J. B. (2010).
365 *Distribuição de Nepomorpha e Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) da Bacia*
366 *Hidrográfica do Rio Suiá- Miçu, MT: riqueza relacionada à qualidade da água e do*
367 *hábitat*. In: SANTOS, J. E.; GALBIATI, C. & MOSCHINI, L. E. orgs. *Gestão e educação*
368 *ambiental: água, biodiversidade e cultura*. São Carlos, RiMa. v.2, p.113-137
- 369 Cordeiro, I. R., & Moreira, F. F. (2015). New distributional data on aquatic and
370 semiaquatic bugs (Hemiptera: Heteroptera: Gerromorpha & Nepomorpha) from South
371 America. *Biodiversity Data Journal*, (3).
- 372 Couceiro, S. R., Hamada, N., Luz, S. L., Forsberg, B. R., & Pimentel, T. P. (2007).
373 Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in
374 Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, 575(1), 271-284.
- 375 Cummins, K. W., Wilzbach, M. A., Gates, D. M., Perry, J. B., & Taliaferro, W. B. (1989).
376 Shredders and riparian vegetation. *BioScience*, 39(1), 24-30.
- 377 Cunha, E. J., & Juen, L. (2020). Environmental drivers of the metacommunity structure
378 of insects on the surface of tropical streams of the Amazon. *Austral Ecology*, 45(5), 586-
379 595.

- 380 da Silva Giehl, N. F., Dias-Silva, K., Juen, L., Batista, J. D., & Cabette, H. S. R. (2014).
381 Taxonomic and numerical resolutions of Nepomorpha (Insecta: Heteroptera) in cerrado
382 streams. *PLoS One*, 9(8), e103623.
- 383 Dala-Corte, R. B., Melo, A. S., Siqueira, T., Bini, L. M., Martins, R. T., Cunico, A. M.,
384 ... & Roque, F. D. O. (2020). Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian
385 vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1391-1402.
- 386 de Faria, A. P. J., Ligeiro, R., Callisto, M., & Juen, L. (2017). Response of aquatic insect
387 assemblages to the activities of traditional populations in eastern Amazonia.
388 *Hydrobiologia*, 802(1), 39-51.
- 389 Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Veloso, G. K. O., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2020). Land
390 use change causes environmental homogeneity and low beta-diversity in Heteroptera of
391 streams. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 56, p. 9).
392 EDP Sciences. Dias-Silva, K., Brasil, L. S., Juen, L., Cabette, H. S. R., Costa, C. C.,
- 393 Dias-Silva, K., Cabette, H. S., & Juen, L. (2010). The influence of habitat integrity and
394 physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic
395 Heteroptera. *Zoologia* (Curitiba), 27(6), 918-930.
- 396 Dias-Silva, K., Moreira, F. F. F., Giehl, N. D., Nobrega, C. C., & Cabette, H. S. R. (2013).
397 Gerromorpha (Hemiptera: Heteroptera) of eastern Mato Grosso State, Brazil: checklist,
398 new records, and species distribution modeling. *Zootaxa*, 3736(3), 201-235.
- 399 Domingues, M. S., & Bermann, C. (2012). O arco de desflorestamento na Amazônia: da
400 pecuária à soja. *Ambiente & sociedade*, 15(2), 1-22.
- 401 Ferreira-Peruquetti, P., & De Marco Jr, P. (2002). Efeito da alteração ambiental sobre
402 comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista*
403 *brasileira de Zoologia*, 19(2), 317-327.
- 404 Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2007). Landscape modification and habitat
405 fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265-280.
- 406 Freitas, P. V., & de Marco, P. (2020). Influence of local variables and landscape metrics
407 on Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) assemblages in Savanna streams, Brazil.
408 *Neotropical entomology*, 49(2), 191-202.

- 409 Giehl, N. F., Resende, B. O., Roges, P. F., Dias-Silva, K., Nogueira, D. S., & Cabette, H.
410 S. (2018). Diversidade de presas e predadores (Insecta) em mesohabitats de córregos de
411 Cerrado. *Iheringia. Série Zoologia*, 108.
- 412 Godoy, B. S., Queiroz, L. L., Lodi, S., & Oliveira, L. G. (2017). Environment and spatial
413 influences on aquatic insect communities in cerrado streams: The relative importance of
414 conductivity, altitude, and conservation areas. *Neotropical entomology*, 46(2), 151-158.
- 415 Godoy, B. S., Faria, A. P. J., Juen, L., Sara, L., & Oliveira, L. G. (2019). Taxonomic
416 sufficiency and effects of environmental and spatial drivers on aquatic insect community.
417 *Ecological Indicators*, 107, 105624.
- 418 Guterres, A. P., Cunha, E. J., Godoy, B. S., Silva, R. R., & Juen, L. (2020). Co-occurrence
419 patterns and morphological similarity of semiaquatic insects (Hemiptera: Gerromorpha)
420 in streams of Eastern Amazonia. *Ecological Entomology*, 45(1), 155-166.
- 421 Heltshe, J. F., & Forrester, N. E. (1983). Estimating species richness using the jackknife
422 procedure. *Biometrics*, 1-11.
- 423 Huamantincó AA, Nessimian JL (1999) Estrutura e distribuição espacial da comunidade
424 de larvas de Trichoptera (Insecta) em um tributário de primeira ordem do rio Paquequer,
425 Teresópolis, RJ. *Acta Limnologica Brasiliensi* 11:1–16
- 426 Ilha, P., Rosso, S., & Schiesari, L. (2019). Effects of deforestation on headwater stream
427 fish assemblages in the Upper Xingu River Basin, Southeastern Amazonia. *Neotropical*
428 *Ichthyology*, 17(1).
- 429 Juen, L., Cunha, E. J., Carvalho, F. G., Ferreira, M. C., Begot, T. O., Andrade, A. L., ...
430 & Montag, L. F. A. (2016). Effects of oil palm plantations on the habitat structure and
431 biota of streams in Eastern Amazon. *River Research and Applications*, 32(10), 2081-
432 2094.
- 433 Juen, L., Oliveira-Junior, J. M. B. D., Shimano, Y., Mendes, T. P., & Cabette, H. S. R.
434 (2014). Composição e riqueza de Odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de
435 conservação em um ecótono Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta amazonica*, 44(2), 223-
436 233.
- 437 Justice, C. O., Vermote, E., Townshend, J. R., Defries, R., Roy, D. P., Hall, D. K., ... &
438 Barnsley, M. J. (1998). The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS):

- 439 Land remote sensing for global change research. *IEEE transactions on geoscience and*
440 *remote sensing*, 36(4), 1228-1249. Lammert, M., & Allan, J. D. (1999). Assessing biotic
441 integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and
442 habitat structure on fish and macroinvertebrates. *Environmental management*, 23(2),
443 0257-0270.
- 444 Köppen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde. Berlin, Gruyter. 338p
- 445 Leal, C. G., Lennox, G. D., Ferraz, S. F., Ferreira, J., Gardner, T. A., Thomson, J. R., ...
446 & Barlow, J. (2020). Integrated terrestrial-freshwater planning doubles conservation of
447 tropical aquatic species. *Science*, 370(6512), 117-121.
- 448 Legendre, P. and Legendre, L.F.J. Numerical ecology. USA: Elsevier, 2012. Newcombe,
449 Liess, A., Le Gros, A., Wagenhoff, A., Townsend, C. R., & Matthaei, C. D. (2012).
450 Landuse intensity in stream catchments affects the benthic food web: consequences for
451 nutrient supply, periphyton C: nutrient ratios, and invertebrate richness and abundance.
452 *Freshwater Science*, 31(3), 813-824.
- 453 Lock, K., Adriaens, T., Van De Meutter, F., & Goethals, P. (2013). Effect of water quality
454 on waterbugs (Hemiptera: Gerromorpha & Nepomorpha) in Flanders (Belgium): results
455 from a large-scale field survey. In *Annales de Limnologie-International Journal of*
456 *Limnology* (Vol. 49, No. 2, pp. 121-128). EDP Sciences.
- 457 Magalhães, O. M., Nery, L., Moller, H., Pavarini, R., Bertini, G., & Moreira, F. F. F.
458 (2020). Semiaquatic bugs (Insecta, Heteroptera, Gerromorpha) from Vale do Ribeira, São
459 Paulo state, Brazil. *Check List*, 16, 349.
- 460 Marques, A., Martins, I. S., Kastner, T., Plutzer, C., Theurl, M. C., Eisenmenger, N., ...
461 & Pereira, H. M. (2019). Increasing impacts of land use on biodiversity and carbon
462 sequestration driven by population and economic growth. *Nature ecology & evolution*,
463 3(4), 628-637.
- 464 Martins, R. T., Couceiro, S. R., Melo, A. S., Moreira, M. P., & Hamada, N. (2017). Effects
465 of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon.
466 *Ecological indicators*, 73, 480-491.
- 467 Mendes, T. P., Cabette, H. S., & Juen, L. (2015). Setting boundaries: Environmental and
468 spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). *Anais da Academia Brasileira de*
469 *Ciências*, 87(1), 239-248.

- 470 Mendoza-Penagos, C. C., Calvão, L. B., & Juen, L. (2021). A new biomonitoring method
471 using taxonomic families as substitutes for the suborders of the Odonata (Insecta) in
472 Amazonian streams. *Ecological Indicators*, 124, 107388.
- 473 Montag, L. F., Leão, H., Benone, N. L., Monteiro-Júnior, C. S., Faria, A. P. J., Nicacio,
474 G., ... & Juen, L. (2019). Contrasting associations between habitat conditions and stream
475 aquatic biodiversity in a forest reserve and its surrounding area in the Eastern Amazon.
476 *Hydrobiologia*, 826(1), 263-277.
- 477 Neigh, C. S., Tucker, C. J., & Townshend, J. R. (2008). North American vegetation
478 dynamics observed with multi-resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*,
479 112(4), 1749-1772.
- 480 Nessimian, J. L., Venticinque, E. M., Zuanon, J., De Marco, P., Gordo, M., Fidelis, L., ...
481 & Juen, L. (2008). Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central
482 Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614(1), 117-131.
- 483 Newcombe, C. P., & Jensen, J. O. (1996). Channel suspended sediment and fisheries: a
484 synthesis for quantitative assessment of risk and impact. *North American Journal of*
485 *Fisheries Management*, 16(4), 693-727.
- 486 Nieser, N. & Melo, A. L. (1997). Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais: guia
487 introdutório com chave de identificação para as espécies de Nepomorpha e Gerromorpha.
488 Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.180p.
- 489 Nogueira, D. S., Cabette, H. S. R., & Juen, L. (2011). Estrutura e composição da
490 comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú,
491 Mato Grosso, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 101(3), 173-180.
- 492 Oksanen, J.; Blanchet, F. G.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'Hara, R. B.; Simpson, G. L.;
493 Solymos, P.; Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2010). Vegan: community ecology
494 package. R package version 1.17-3.
- 495 Peeters, E. T., Gylstra, R., & Vos, J. H. (2004). Benthic macroinvertebrate community
496 structure in relation to food and environmental variables. *Hydrobiologia*, 519(1), 103-
497 115.
- 498 Pereira, L. R., Cabette, H. S., & Juen, L. (2012). Trichoptera as bioindicators of habitat
499 integrity in the Pindaíba river basin, Mato Grosso (Central Brazil). *In Annales de*

- 500 *Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 48, No. 3, pp. 295-302). EDP
501 Sciences.
- 502 Prates-Clark, C. D. C., Saatchi, S. S., & Agosti, D. (2008). Predicting geographical
503 distribution models of high-value timber trees in the Amazon Basin using remotely sensed
504 data. *Ecological Modelling*, 211(3-4), 309-323. R Core Team (2019). R: A language and
505 environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna,
506 Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 507 Ratter, J. A.; Askew, G. P.; Montgomery, R. F. & Gifford, D. R. 1978. Observations on
508 the vegetation of northeastern Mato Grosso II. Forest and Soils of the Rio Suiá-Miçú area.
509 *Proceedings of the Royal Society of London* 203(B):191-208.
- 510 Richter, B. D., Braun, D. P., Mendelson, M. A., & Master, L. L. (1997). Threats to
511 imperiled freshwater fauna: amenazas a la fauna dulceacuicola en riesgo. *Conservation*
512 *biology*, 11(5), 1081-1093.
- 513 Sánchez-Cabanes, A., Nimak-Wood, M., Harris, N., & de Stephanis, R. (2017). Habitat
514 preferences among three top predators inhabiting a degraded ecosystem, the Black Sea.
515 *Scientia Marina*, 81(2), 217-227.. <https://doi.org/10.3989/scimar.04493.07A>
- 516 Shimano, Y., Cabette, H. S., Salles, F. F., & Juen, L. (2010). Composição e distribuição
517 da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil.
518 *Iheringia, Série Zoologia*, 100(4), 301-308.
- 519 Skorupa, L. A., Costa, U. M. P., Cunha, P., Rossete, A. N., Fidalgo, E. C. C., Simões, M.,
520 ... & CHOUERI, R. (2017). Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica
521 do rio Suiá-Miçu. *Embrapa Meio Ambiente-Documentos* (INFOTECA-E).
- 522 Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos*,
523 *Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920. Song, Y., Song, X., Shao,
524 G., & Hu, T. (2020). Effects of Land Use on Stream Water Quality in the Rapidly
525 Urbanized Areas: A Multiscale Analysis. *Water*, 12(4), 1123.
- 526 Thorp, J. H., Thoms, M. C., & Delong, M. D. (2006). The riverine ecosystem synthesis:
527 biocomplexity in river networks across space and time. *River Research and Applications*,
528 22(2), 123-147.

529 Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980).
 530 The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1),
 531 130-137.

532 Voelz, N. J., & McArthur, J. V. (2000). An exploration of factors influencing lotic insect
 533 species richness. *Biodiversity & Conservation*, 9(11), 1543-1570.

534 **Figure. 1.** Study area and sampling streams of Heteroptera aquatic and semiaquatic from
 535 the Upper Xingu River Basin satellite image based on Normalized Difference Vegetation
 536 Index (NDVI) composition False Color -bands 5/4/3 – Spatial resolution of 30 meters,
 537 LANDSAT 8 (2017).

538 **Figura. 1.** Área de estudo e amostragem de riachos de Heteroptera aquáticos e
 539 semiaquáticos da Bacia do Alto Rio Xingu, imagem de satélite baseada no Índice de
 540 Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) falsa composição cor-barras 5/4/3 –
 541 Resolução espacial de 30 metros (2017).

542

543 **Figure. 2.** PCOA and aquatic Heteroptera communities in Xingu River basin streams in
 544 the Cerrado-Amazon ecotone.

545 **Figura. 2.** PCOA e comunidades aquáticas de Heteroptera em riachos da bacia do rio
 546 Xingu no ecótono Cerrado-Amazônia.

547

548 **Legendas das tabelas**

549 **Legends of tables**

550 **Table. I.** Composition of species with aquatic Heteroptera abundance values of the 12
 551 streams located in the transition zone between the Amazon and Cerrado Biomes in
 552 headwaters of Xingu River.

553 **Tabela I.** Composição das espécies com valores de abundância de heterópteros aquáticos
 554 dos doze riachos localizados na zona de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado
 555 nas cabeceiras do Rio Xingu

556 **Table II.** BIOENV result for the correlation between the ten environmental predictors
 557 and the communities of aquatic Heteroptera of the 12 streams located in the transition
 558 zone between the Amazon and Cerrado Biomes in headwaters of Xingu River. In bold
 559 the selected model.

560

561 **Tabela II.** Resultado do BIOENV para a correlação entre os dez preditores ambientais e
562 as comunidades de Heteroptera aquáticos dos doze riachos localizados na zona de
563 transição entre os biomas Amazônia e Cerrado nas cabeceiras do Rio Xingu. Em negrito
564 o modelo selecionado.

565 **Legendas do material suplementar**

566 **Appendix I:** Environmental variables of the twelve streams located in the transition zone
567 between the Amazon and Cerrado Biomes in headwaters of Xingu River. [HII- Habitat
568 Integrity Index; EVI- Enhanced Vegetation Index; NDVI- Normalized Difference
569 Vegetation Index; Conductivity; Tur-Turbidity; TAR- Air temperature; W.T- water
570 temperature; DO- Dissolved oxygen; Ni- Nitrate; Pho- Phosphorus; T.H-Total Hardness;
571 Ca-Calcium; Mg-Magnesium].

572

573 **Supplementary material legends**

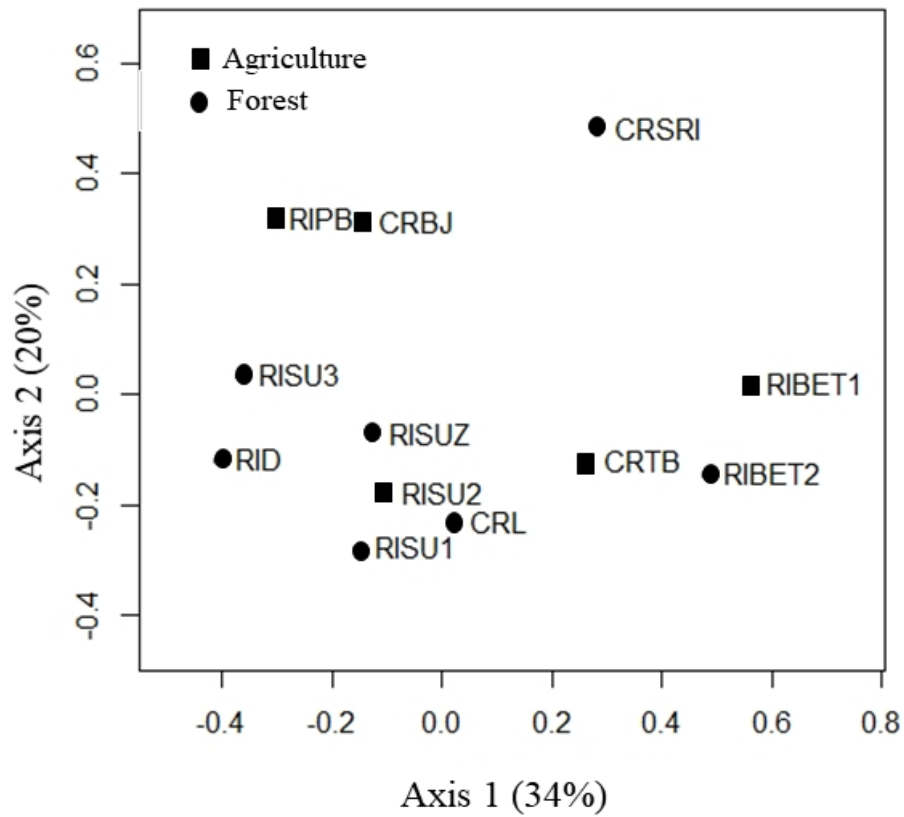
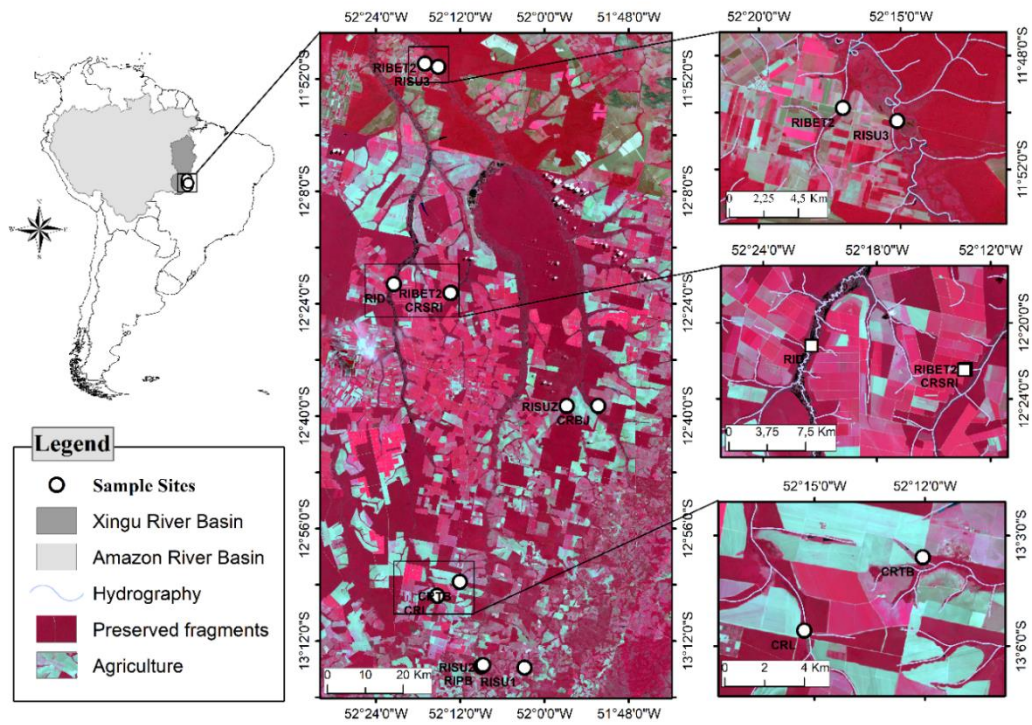
574 **Apêndice I:** Variáveis ambientais dos doze riachos localizados na zona de transição entre
575 os biomas Amazônia e Cerrado nas cabeceiras do Rio Xingu. [IIIH- Índice de Integridade
576 de Habitat; EVI- Índice de Vegetação Melhorado; NDVI- Índice de Vegetação por
577 Diferença Normalizada; Condutividade; Tur- Turbidez; TAR- Temperatura do ar; W.T-
578 temperatura da água; OD- Oxigênio dissolvido; Ni- Nitrato; Pho- Fósforo; T.H- Dureza
579 Total; Ca-Cálcio; Mg-Magnésio].

580

Streams names	Sigla	HII	EVI	NDVI	pH	d.	Turb.	Ar. T	W.T	OD	Depth	Width	Ni.	Pho.	T.H	Ca	Mg	Land use
Brejão stream	CRBJ	0.71	0.442	0.57	5.13	0.8	2.3	30	23.7	8.5	0.73	100	0.1	0.3	3.36	0.96	2.4	Agriculture
Lúcio stream	CRL	0.74	0.404	0.54	4.59	0.6	42	28	22.5	8.4	0.77	3.42	0.3	0.08	2.92	0.96	1.96	Forest
Sucuri stream	CRSRI	0.6	0.517	0.57	4.86	0.9	88.1	33	25.5	7.5	0.83	100	0.4	0.05	3.49	1.4	2.09	Forest
Transição-brejo stream	CRTB	0.39	0.38	0.52	4.11	1	49.9	31	23.8	9.9	0.2	1.37	0.3	0.03	3.27	1.09	2.18	Agriculture
Betis river 1	RIBET1	0.64	0.438	0.71	5.37	1.2	110	26	24.3	7.3	0.31	1.27	0.6	0.11	4.14	1.09	3.05	Agriculture
Betis river 2	RIBET2	0.49	0.429	0.56	5.67	1.3	67.8	26	24.2	6.1	0.12	4.83	0.4	0.04	4.58	1.74	2.83	Forest
Darro river	RID	0.69	0.037	0.09	4.62	0.6	52.3	33	25.7	6.3	3.42	100	0.4	0.06	3.79	0.92	2.88	Forest
Piabanha river	CRPB	0.65	0.424	0.55	4.47	0.3	65.3	31	23.9	9.8	1.07	5.96	0.4	0.08	2.75	0.87	1.87	Agriculture
Suiá-Missu river 1	RISU1	0.58	0.369	0.49	4.97	0.5	50.4	31	23.5	8.6	1.32	1.32	0.4	0.06	19.18	15.26	3.92	Forest
Suiá-Missu river 2	RISU2	0.67	0.332	0.46	4.5	0.4	63.4	29	23.4	9.7	1.43	9.66	0.3	0.04	2.88	0.96	1.92	Agriculture
Suiá-Missu river 3	RISU3	0.73	0.417	0.47	4.86	0.9	88.1	27	25.5	7.5	3.4	73	0.3	0.07	3.49	1.53	1.96	Forest
Suiazinho river	RISUZ	0.66	0.276	0.43	5.5	0.6	66.9	35	23.6	9	1.8	14.1	0.3	0.08	2.7	1.18	1.53	Forest

Infraorder/Family/Genus	Total
Gerromorpha	
Gerridae	
<i>Brachymetra</i> Mayr, 1865	10
<i>Cylindrostethus</i> Mayr, 1865	13
<i>Limnogonus</i> Stål, 1868	1
<i>Neogerris</i> Matsumura, 1913	16
Hydrometridae	
<i>Hydrometra</i> Latreille, 1796	1
Veliidae	
<i>Euvelia</i> Drake, 1957	9
<i>Rhagovelia</i> Mayr, 1865	32
<i>Stridulivelia</i> Hungerford, 1929	2
Nepomorpha	
Belostomatidae	
<i>Belostoma</i> Latreille, 1807	3
Naucoridae	
<i>Ambrysus</i> Stål, 1862	13
<i>Ctenipocoris</i> Montandon, 1897	1
<i>Limnocoris</i> Stål, 1860	121
<i>Pelocoris</i> Stål, 1876	1
<i>Placomerus</i> La Rivers, 1956	2
Nepidae	
<i>Curicta</i> Stål, 1862	1
<i>Ranatra</i> Fabricius, 1790	3
Notonectidae	
<i>Buenoa</i> Kirkaldy, 1904	6
<i>Martarega</i> White, 1879	20
Potomocorinae	1
Total	256

Combinations of environmental variables	Correlation
Prof	0.409
Cond+ Prof	0.470
Cond+ Prof+ Fos	0.511
NDVI + Cond + Prof + Fos	0.522
HII + NDVI + Cond + Turb + Prof	0.524
HII+ EVI +Cond + Prof + Nitr + Fos	0.522
HII+ EVI + Cond + TAR+ Prof+ Nitr+Fos	0.515
HII+ EVI + Cond+ Turb+TAR + Prof + Nitr+ Fos	0.511
HII+ EVI + NDVI+ Cond +Turb + TAR + Prof + Nitr + Fos	0.490
HII+ EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR+ Prof + Nitr + Fos	0.463
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA+ Prof + Nitr+Fos	0.436
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA + Prof + Lar + Nitr+ Fos	0.413
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb + TAR + TA + OD + Prof + Lar +Nitr + Fos	0.379
HII+ EVI + NDVI + pH + Cond +Turb + TAR + TA + OD + Prof + Lar+ Nitr + Fos +Mg	0.345
HII + EVI + NDVI + pH + Cond +Turb + TAR + TA + OD +Prof +Lar +Nitr + Fos +Dur +Mg	0.231
HII + EVI + NDVI + pH + Cond + Turb +TAR + TA + OD + Prof + Lar + Nitr + Fos + Dur + Ca+ Mg	0.088



Anexo III – Normas da Revista Limnetica (i – ii)

Link: <http://www.limnetica.com/pt/mais-informações-sobre-revista>

Scope

Limnetica publishes original research papers on ecology of continental waters. Its scope includes ecology of rivers, lakes, reservoirs, lagoons and wetlands, biogeochemistry, paleolimnology, development of new methods, taxonomy, biogeography, and all aspects of theoretical and applied continental aquatic ecology, like management and conservation, impact assessment, ecotoxicology and pollution. *Limnetica* will accept for publication scientific papers presenting advances in knowledge or technological development, as well as papers derived from new practical approaches on the topics covered by the journal.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)

Limnetica manuscripts will require Authors to confirm that the work as submitted has not been published or accepted for publication, nor is being considered for publication elsewhere, either in whole or substantial part.

Manuscript presentation

Manuscripts should be submitted through the web site: <http://recyt.fecyt.es/index.php/Limnetica>. The corresponding author will need to create an account. The digital copy should include one file with text, tables and figures following the present instructions, made with PC-compatible text-edition software (preferable MSWord).

Manuscript will be typed at double space on A-4 sheets. Papers can be written in Spanish or English, and must not exceed around 25 printed pages. Long lists, annexes and additional information can be published in the web site of the journal as a supplementary material. Papers that do not follow the present instructions will be rejected.

Limnetica's Editorial Board will decide whether to publish or not the received manuscripts, and will tell their decision to the authors. If the Editorial Board considers that the English style is inadequate, authors should attach a certificate of the language revision by a native speaker. Prior to publication, authors will get gallery proofs to be corrected. When the paper has been published, the leading author will get a copy in pdf format.

Manuscript structure

The manuscript must include page and line numbers.

For manuscripts in Spanish, words in UPPER CASE will be accentuated when convenient, both in the title and section headings (INTRODUCCIÓN, etc.).

The first page must include:

- Title in lower case.
- List of authors detailing the corresponding author, whose e-mail address must be shown.
- Complete postal address of authors.
- Running title.
- ORCIDs if available.

The second page will include Abstract and key words, both in English and Spanish or Portuguese. Abstracts must start with the title and not exceed 300 words.

Following pages must be structured in sections following the scientific style. Section headings and text will have no left indent.

Sections and subsections will not be numbered, and must adjust to the following format:

Main section. Bold, upper case (**INTRODUCTION**)
2nd level section. **Bold, lower case.**

3rd level section. *Italics.*

4th level section. Plain text, underlined.

Lower-level sections will go numbered (1), (1.1), (1.1.1), etc.

Tables must be drawn as compact as possible. Tables can be 1-column (8 cm) or 2-column (16 cm) wide, and their length cannot exceed 25 cm. They will be included at the end of the manuscript and numbered in Arabic numbers. In the text they will be written in complete form (e.g., as can be seen in Table 6... , or Data (Table 6) show that...), never in abbreviated form (neither Tab. 6 nor tab. 6).

Table captions will be written in both English and Spanish or Portuguese. No vertical lines can be drawn in tables, and column headings must be short. No table will be published that shows information presented in figures.

Figures will have Arabic numbers, and legends will go below, both in English and Spanish or Portuguese.

Figures can fit three box-sizes: 8 cm, 12.5 cm, or 16 cm. Authors must make sure that font size and line thickness can be easily read after reduction, otherwise figures will be rejected.

Figure legends and table captions will go in a page after Literature cited and before Tables and Figures.

Figure calls must be made in complete, lower case form when in the text (e.g., Location of sampling sites is shown in figure 1), in abbreviated, upper case when going in a parenthesis (e.g., Samples were taken monthly at five sites along the river (Fig. 1)).

Units must be expressed preferably following the International System (I.S.), with abbreviated symbols when preceded by numeric expressions. Values combining two units must be expressed with the corresponding arithmetic sign, like m/s, mol/m³, ind/l, but when there are more than two units exponentials must be used (mgC m⁻² h⁻¹).

Decimal numbers will be expressed with a dot (4.36), thousands with 4 digits, with no blank space or symbols (4392), and figures over ten thousand will have blank space markings (13 723 or 132 437). Whenever possible the scientific notation will be used, with the smallest possible number of decimals (13.7 x 10³, 13.2 x 10⁴).

References should be listed alphabetically by name. In text citations the author's last name and the year of publication should appear in the text, for example, (Smith, 1998, Dolz & Velasco, 1990, Pérez-Uz et al., 2021 or in narrative citation Pérez-Uz et al. (2019)), and a complete reference should appear in the reference list at the end of the paper. References should refer only to material listed within the text.

References are styled according to the seventh edition of the Publication Manual of the American Psychological Association (APA). We recommend the use of a tool such as Mendeley for reference management and formatting (selecting APA citation style).

A sample of the most common entries in reference lists appears below,

• Journals:

2 to 7 authors: Rueda, F. J., Moreno-Ostos, E. & Armengol, J. (2006). The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling*, 19, 260-275. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.04.030>.
More than 7 authors: Pérez-Uz, B., Velasco-González, I., Murciano, A., Sanchez-Jiménez, A., García-Rodríguez, M., Centeno, J. D., ... Martín-Cereceda, M. (2021). Rain-fed granite rock pools in a national park: extreme niches for protists. *Limnetica*, 40(1), 169-182. <https://doi.org/10.23818/limn.40.01>

• Book edition:

Kalff, J. (2002). *Limnology*. Prentice Hall. NJ. USA.

• Book chapter:

Sear, D. A. (2010). Integrating science and practice for the suitable management of in-channel salmonid habitat. Chapter 4. In: P. S. Kemp (ed.). *Salmonid Fisheries: Freshwater habitat management*. (pp. 81-119). Wiley-Blackwell, Chichester. UK.

Castro, M., Martín-Vide, J. & Alonso, S. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. J. M. Moreno Rodríguez (ed.): In: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático*. (pp. 113-146). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain.

• PhD and Master Dissertations:

Valiente, N. (2018). A multidisciplinary approach for assessing natural attenuation of pollutants in a highly saline lake-aquifer system: the case of Pétrola lake, Spain. (PhD. Tesis. Universidad de Castilla-La Mancha, España). Retrieved: <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/19673>

Ámbito de publicación de *Limnetica*

Limnetica publica artículos originales de investigación sobre la ecología de las aguas continentales. El ámbito de publicación de *Limnetica* incluye la ecología de ríos, lagos, embalses, lagunas costeras, zonas húmedas, bio-geoquímica, paleolimnología, desarrollo de metodologías, taxonomía, biogeografía y todos los aspectos de la ecología acuática continental teórica y aplicada como gestión y conservación, evaluación de impactos, ecotoxicología y contaminación. Por este motivo *Limnetica* aceptará para su publicación artículos científicos presentando avances del estado del conocimiento, de desarrollo tecnológico así como los que resulten de aplicaciones prácticas novedosas en las especialidades de interés de la revista.

Se aconseja a los/as autores/as incluir sus datos sobre distribución de especies, en una base de datos de público acceso como la *National Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) (www.gbif.org), o en una de las bases incluidas en GBIF, como *BioFresh* (www.freshwaterbiodiversity.eu)

Los manuscritos enviados a *Limnetica* requerirán que los/as autores/as confirmen que el trabajo no ha sido publicado o aceptado para su publicación de forma parcial o totalmente, ni se ha enviado para considerar su publicación en ninguna otra revista.

Presentación de manuscritos

Los/as autores/as interesados/as deberán enviar un manuscrito vía web a la dirección: <http://recyt.fecyt.es/index.php/Limnetica> y registrarse como nuevos/as usuarios/as. La copia en soporte informático incluirá un fichero único con el texto, las tablas y las figuras según las presentes normas de publicación. Este fichero estará en un editor de textos compatible con un ordenador tipo PC (preferentemente Word). El formato de página será A4 y los textos se presentarán a doble espacio. Los artículos no sobrepasarán 25 hojas impresas aproximadamente y podrán estar escritos en castellano o en inglés. Las largas listas de especies, anexos e información adicional podrán ser publicados en la web de la revista como material suplementario. No se aceptarán aquellos trabajos que no cumplan las presentes instrucciones de publicación.

El Comité Editorial de *Limnetica* decidirá sobre la publicación o no de los trabajos recibidos, e informará de ello a los/as autores/as. Si el Comité considera que la calidad del inglés es insuficiente, se deberá adjuntar un certificado conforme el texto ha sido corregido por un/a experto/a nativo/a. Los/as autores/as recibirán antes de su publicación una copia de las primeras pruebas de imprenta de su trabajo para su corrección. Una vez publicado el trabajo, el/la autor/a responsable de la publicación recibirá una copia en formato pdf.

Estructura del manuscrito

El manuscrito deberá incluir números de página y números de línea. Todas las palabras en MAYÚSCULAS se acentuarán, también en el TÍTULO como en los apartados (INTRODUCCIÓN, etc.).

La primera página del manuscrito ha de contener los siguientes apartados:

- Título en minúscula.
- Relación de autores/as con indicación del autor/a responsable a efectos de la correspondencia. Se deberá indicar expresamente la dirección e-mail de dicho/a autor/a. Dirección postal completa de los/as autores/as.
- Título abreviado.
- ORCID si están disponibles

La segunda página incluirá el Resumen en castellano o Resumen en portugués, palabras clave o palavra chave, el *Abstract* en inglés y *keywords*. Tanto el Resumen como el *Abstract* no deberán sobrepasar las 300 palabras y deberán incluir el título del trabajo en el idioma correspondiente.

Las siguientes páginas se ordenarán en apartados que se estructurarán al estilo científico. Los apartados y párrafos del texto comenzarán sin sangrado.

Los apartados se escribirán sin numerar y se escalarán según el siguiente formato:

Apartado primario: mayúsculas y en negrita.-**INTRODUCCIÓN.**

Apartado secundario.- **Minúsculas y en negrita.**

Apartado terciario.- *Itálica.*

Castro, M., Martín-Vide, J. & Alonso, S. (2005). El clima de España: pasado, presente y escenarios de clima para el siglo XXI. J. M. Moreno Rodríguez (ed.): In: *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del Cambio Climático*. (pp. 113-146). Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain.

- Tesis y Maestrías:

Apartado de cuarto nivel.- Letra normal subrayada.

Siguientes niveles.- numéricos (1), (1.1), (1.1.1), etc.

Se ruega se preparen las tablas procurando ocupar el mínimo espacio posible. Las tablas pueden tener la anchura de una columna (8 cm) o dos columnas (16 cm) y su longitud no puede exceder de 25 cm. Se incluirán al final del manuscrito y tendrán numeración arábiga. En el texto siempre se citarán de forma completa (p.e. Según se puede ver en la Tabla 6... o, Los datos (Tabla 6) indican que..., etc.) y nunca en forma abreviada –Tab. 6 o tab. 6. Las leyendas de las tablas se presentarán en castellano o portugués e inglés. No deberán usarse

líneas verticales y los encabezamientos de las columnas deberán ser breves. Se prestará particular atención en no publicar tablas que dupliquen información que ya está en forma de figuras.

Las figuras tendrán numeración arábiga con el texto explicativo en el pie. El texto incluirá la versión en castellano o portugués y en inglés. Las figuras pueden ir a tres tipos de caja de texto: 8, 12,5 y 16 cm. Los/as autores/as procurarán que los originales tengan el tamaño de letra y el grosor de línea necesario para que al reducirse puedan ser interpretables y legibles. No se aceptarán figuras que no cumplan este requisito.

Los pies de figura, junto con los encabezamientos de las tablas, estarán en una página aparte situada inmediatamente después de la bibliografía y antes de las tablas y figuras.

Las citas de las figuras en el texto, se harán de forma completa y en minúscula (p.e. En la figura 1 se indican los puntos de muestreo). Por el contrario, se citará de forma abreviada y en mayúscula cuando esté entre paréntesis (p.e. Las muestras se han recogido en cinco estaciones (Fig. 1) y con una periodicidad mensual).

Las unidades se expresarán preferiblemente en el Sistema Internacional (SI) con los símbolos en forma abreviada cuando vayan precedidos de una expresión numérica. Cuando se exprese un valor como combinación de dos unidades se indicarán con el signo aritmético correspondiente (p.e. m/s, mol/m³, ind/l), pero para más de dos unidades se usarán exponentes (p.e. mgCm⁻² h⁻¹).

Las cantidades con decimales se expresarán con un punto (4.36), los miles con cuatro números, sin ninguna separación o símbolo (4392) y para valores iguales o superiores a las decenas de mil se intercalarán blancos separando los miles (13 723 o 132 437). Siempre que sea posible se indicarán los números con notación exponencial decimal con el mínimo posible de decimales (13.7 x 10³, 13.2 x 10⁴).

Las referencias deben enumerarse alfabéticamente por nombre. En las citas de texto, el apellido del/la autor/a y el año de publicación deben aparecer en el texto, por ejemplo, (Smith, 1998, Dolz & Velasco, 1990, Pérez-Uz et al., 2021 o en la cita narrativa Pérez-Uz et al. (2019)), y debe aparecer la referencia completa en la lista de referencias al final del documento. Las referencias deben referirse únicamente al material incluido en el texto.

Las referencias se diseñan de acuerdo con la séptima edición del Manual de publicaciones de la Asociación Americana de Psicología (APA). Recomendamos el uso de una herramienta como Mendeley para la gestión y el formato de las referencias (seleccionando el estilo de cita APA).

A continuación se muestran algunos ejemplos de las entradas más comunes en las listas de referencias,

- Revistas:

De 2 a 7 autores/as: Rueda, F. J., Moreno-Ostos, E. & Armengol, J. (2006). The residence time of river water in reservoirs. *Ecological Modelling*, 19, 260-275. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.04.030>.

Más de 7 autores/as: Pérez-Uz, B., Velasco-González, I., Murciano, A., Sanchez-Jiménez, A., García-Rodríguez, M., Centeno, J. D., ... Martín-Cereceda, M. (2021). Rain-fed granite rock pools in a national park: extreme niches for protists. *Limnetica*, 40(1), 169-182. <https://doi.org/10.23818/limn.40.01>

- Libro:

Kalf, J. (2002). *Limnology*. Prentice Hall. NJ. USA.

- Capítulo de libro:

Sear, D. A. (2010). Integrating science and practice for the suitable management of in-channel salmonid habitat. Chapter 4. In: P. S. Kemp (ed.). *Salmonid Fisheries: Freshwater habitat management*. (pp. 81-119). Wiley-Blackwell, Chichester. UK.

Valiente, N. (2018). *A multidisciplinary approach for assessing natural attenuation of pollutants in a highly saline lake-aquifer system: the case of Pétrola lake, Spain*. (PhD. Tesis. Universidad de Castilla-La Mancha, España).