



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA**

**CALEBE MAIA**

**EFEITO DA MINERAÇÃO E DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS SOBRE A  
ESTRUTURA DO HÁBITAT E ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**BELÉM-PA**

**2019**

**CALEBE MAIA**

**EFEITO DA MINERAÇÃO E DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS SOBRE A  
ESTRUTURA DO HÁBITAT E ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Luciano F. de Assis Montag

Co-orientador: Prof. Dr. Leandro Juen

**BELÉM-PA**

**2019**

**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)**

---

Maia, Calebe

Efeito da mineração e de práticas agrícolas sobre a estrutura do  
hábitat e assembleias de peixes em riachos da Amazônia Oriental /  
Calebe Maia. — 2019.

75 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag

Coorientador(a): Prof. Dr. Leandro Juen

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em  
Ecologia Aquática e Pesca, Instituto de Ciências Biológicas,  
Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Agricultura;. 2. Bauxita; . 3. Distúrbios antrópicos; . 4.  
Riqueza funcional; Ictiofauna.. I. Título.

CDD 577.64

---

**CALEBE MAIA**

**EFEITO DA MINERAÇÃO E DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS SOBRE A  
ESTRUTURA DO HÁBITAT E ASSEMBLEIAS DE PEIXES EM RIACHOS DA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

O capítulo único desta dissertação foi elaborado conforme as normas para publicação científica da revista *Hydrobiologia*, disponível no material suplementar 9 deste trabalho.

**Banca Examinadora:**




**Dr. Luciano F. de Assis Montag**

Instituto de Ciências Biológicas, ICB/UFPA  
(Presidente/Orientador)



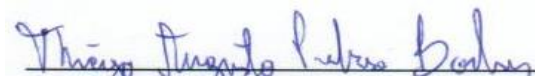
**Dra. Bárbara Dunck Oliveira**

Instituto de Ciências Biológicas, ICB/UFPA  
(Membro)



**Dr. Helder Espírito-Santo**

Instituto de Ciências Biológicas, ICB/UFPA  
(Membro)



**Dr. Thiago Augusto Pedroso Barbosa**

Instituto de Estudos Costeiros (IECOS)  
(Membro)

**Dr. Raphael Ligeiro**

Instituto de Ciências Biológicas, ICB/UFPA  
(Suplente)

Belém, 22 de fevereiro de 2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a todos da minha família, em especial a minha tia Andréia Magno Maia por tudo o que têm feito por mim e me aturado ao longo desses anos. À família do seu marido Wanderley Sena Santos, pelo apoio e oportunidades concedidas.

Aos orientadores Luciano Montag e Leandro Juen, pela oportunidade e por terem aceito a orientar este trabalho durante o mestrado.

A equipe molusca: Ana Luiza (A), Ana Luiza (B-Aninha), Gilberto Salvador, Lenize Calvão, Naiara Torres, Karina Kaory, Thiago Barbosa (Barbosinha) e a todos que estiveram no campo da Hydro. Também a Dra. Marina Mendonça que deu suporte as identificações dos peixes desse campo.

À galera do Laboratório de Ecologia e Conservação (LABECO), em especial aos do museuzinho. Pâmela Virgolino, Flávia Nonato, Híngara Leão, Shakira (Maria Pinheiro), Naraiana Benone, Tiago Begot, Naiara Torres (Buffinha), Giovanni e Lídia por ajudarem a solucionar os problemas que apareceram nessa labuta. Agradeço também pela parceria no dia a dia. Espero poder retribuir tudo que aprendi com vocês. Contem sempre comigo!

Agradeço também os professores do PPGEAP pelo conhecimento compartilhado e contribuição na formação dos alunos do programa.

Aos professores da banca de qualificação, Raphael Ligeiro e Thaísa Sala Michelan pelas dicas e contribuições. Agradeço também aos professores banca de defesa do mestrado, Bárbara Dunck Oliveira, Helder Espírito-Santo, Thiago Augusto Pedroso Barbosa pelas dicas e contribuições que fazem parte desse trabalho.

Ao CNPq pela concessão da Bolsa ao longo do mestrado, as instituições que dão apoio nos projetos de pesquisa como: BRC/Hydro, Hydro e CIKEL.

Agradeço também os professores Mauro Márcio Tavares e Fabricio de Siqueira Mendes, pela parceria ao longo dessa jornada acadêmica e a todos que direta ou indiretamente deram força na construção desse trabalho e ao longo da vida pessoal.

**Muito obrigado!!**

## **DEDICATÓRIA**

Em memória da minha avó Maria Magno Neto, que me criou, ensinou a grandeza da vida e a lutar pelos objetivos, seus conselhos fazem parte dessa história. E, à memória de João Belo dos Santos, homem guerreiro e trabalhador.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>10</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>Área de estudo.....</b>	<b>13</b>
<b>Caracterização da cobertura vegetal e usos da terra .....</b>	<b>15</b>
<b>Estrutura de hábitat .....</b>	<b>16</b>
<b>Amostragem da ictiofauna.....</b>	<b>17</b>
<b>Diversidades taxonômica e características funcionais .....</b>	<b>17</b>
<b>Análise de dados .....</b>	<b>19</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
<b>Usos da terra e hábitat local .....</b>	<b>20</b>
<b>Influência dos usos da terra na estrutura do hábitat local .....</b>	<b>24</b>
<b>Influências dos usos da terra e hábitat local nas assembleias de peixes .....</b>	<b>24</b>
<b>Diversidade taxonômica .....</b>	<b>24</b>
<b>Riqueza e características funcionais .....</b>	<b>27</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>34</b>
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR .....</b>	<b>40</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribuição dos locais amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. ....	14
<b>Figura 2.</b> Desenho esquemático da delimitação dos trechos amostrais em riachos localizados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....	16
<b>Figura 3.</b> Ordenação dos usos da terra ao longo das microbacias total dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. O código dos usos da terra é apresentado na Tabela 1.....	22
<b>Figura 4.</b> Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre o segundo eixo da análise de componentes principais (PCA2) e variáveis da estrutura do hábitat local, sub-bosque lenhoso (A) e oxigênio dissolvido (B).....	24
<b>Figura 5.</b> Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre abrigo total, abrigo total + algas e macrófitas (ABRI_AM) e riqueza taxonômica.....	25
<b>Figura 6.</b> Gráfico da análise de redundância (RDA) representando os efeitos dos usos da terra e hábitat local na composição das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Espécies que apresentaram relação com os eixos abaixo de 0,5 foram omitidas. O código para as espécies é apresentado no material suplementar 8 e das variáveis do hábitat local na Tabela 3. As cores representam a proporção de usos da terra com <i>loadings</i> superiores a 0,7 na PCA2: (●) ciclo longo; (●) ciclo curto; (●) mineração.....	26
<b>Figura 7.</b> Gráfico da análise de redundância parcial (RDA-parcial) representando os efeitos dos usos da terra e hábitat local na composição das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....	27
<b>Figura 8.</b> Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre a riqueza funcional (FRic) e abrigos total (ABRI_AM) .....	28
<b>Figura 9.</b> Gráfico da análise de redundância (RDA) representando os efeitos dos usos da terra e hábitat local nas características funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. O código das características funcionais está disposto no material suplementar 3. As cores	



representam a proporção de usos da terra com *loadings* superiores a 0,7 na PCA2: (●) ciclo longo; (●) ciclo curto; (●) mineração.....29

**Figura 10.** Gráfico da análise de redundância parcial (RDA-parcial) representando os efeitos dos usos da terra e hábitat local nas características funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....30

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Características funcionais obtidas a partir das medidas morfológicas absolutas das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....18

**Tabela 2.** Resultado da análise de componentes principais para os usos da terra na microbacia total e *buffer* ripário dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Os valores em negrito são as relações que apresentaram *loadings* superiores a 0,7.....20

**Tabela 3.** Média, desvio padrão, mínimo e máximo das proporções de usos da terra nas microbacias total e *buffer* ripário dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....22

**Tabela 4.** Resultados do *forward selection* para variáveis do hábitat local relacionadas com as assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil..... 23

**Tabela 5.** *Loadings* da Análise de Redundância com os eixos da PCA e variáveis da estrutura do hábitat local para composição taxonômica das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil..... 26

**Tabela 6.** *Loadings* da Análise de Redundância com os eixos da PCA e variáveis da estrutura do hábitat local para as características funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.....28

1 **Efeito da mineração e de práticas agrícolas sobre a estrutura do hábitat e**  
2 **assembleias de peixes em riachos da Amazônia Oriental**

3  
4 Calebe Maia <sup>1,3</sup>; Gilberto N. Salvador <sup>2,3</sup>; Naraiana L. Benone <sup>2,3</sup>; Tiago O. Begot <sup>1,3</sup>;  
5 Pâmela V. Freitas <sup>2,3</sup>; Flávia A. S. Nonato <sup>2,3</sup>; Naiara R. Torres <sup>1,3</sup>; Leandro Juen <sup>1,2,3</sup>;  
6 Luciano F. A. Montag <sup>1,2,3</sup>

7  
8 <sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca (PPGEAP). Instituto de  
9 Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

10  
11 <sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGECO). Instituto de Ciências Biológicas,  
12 Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil.

13  
14 <sup>3</sup> Laboratório de Ecologia e Conservação, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade  
15 Federal do Pará, Belém, Brasil. – UFPA– Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-  
16 110. Caixa postal 479. Belém – Pará – Brasil.

17  
18  
19 **Resumo**

20 Os ecossistemas aquáticos são naturalmente estruturados ao longo das bacias  
21 hidrográficas e as condições abióticas determinam a ocorrência das espécies nos  
22 ambientes. Entretanto os usos da terra têm provocados diversas mudanças no estado  
23 natural e gerado condições adversas aos ambientes aquáticos. O objetivo deste trabalho  
24 foi avaliar os efeitos dos usos da terra sobre a estrutura do hábitat local e nas  
25 características taxonômicas e funcionais das assembleias de peixes em riachos na  
26 Amazônia Oriental. Para isso, foram amostrados 26 riachos no município de  
27 Paragominas, sudeste do Estado do Pará, mensurando os usos da terra com base em  
28 imagens de satélites e as variáveis da estrutura do hábitat local com o protocolo de  
29 avaliação de riachos estabelecido na literatura. Os usos da terra demonstraram reduzir a  
30 estrutura do sub-bosque lenhoso da vegetação remanescente. A riqueza taxonômica e a  
31 funcional foram positivamente influenciadas pelos abrigos totais, que inclui algas e  
32 macrófitas. A estrutura do hábitat demonstrou influenciar a composição taxonômica. As  
33 características funcionais foram mais associadas a estrutura do hábitat local. Nossos  
34 resultados indicam que os usos da terra provocam mudanças na estrutura do hábitat local,  
35 refletindo em alterações nas assembleias de peixes. Nessa perspectiva, a manutenção de  
36 zonas ripárias, superiores aos 30 metros estabelecidos em lei no Brasil, pode amenizar os  
37 impactos dos usos da terra na estrutura física do habitat e nas assembleias de peixes dos  
38 riachos amazônicos.

39  
40 **Palavras-chave:** Agricultura; Bauxita; Distúrbios antrópicos; Riqueza funcional;  
41 Ictiofauna.

42

43

## 44 **Abstract**

45 Aquatic ecosystems are naturally structured along the watersheds and abiotic conditions  
46 determine the occurrence of species in environments. However, the land uses have caused  
47 several changes in the natural state and generated adverse conditions to aquatic  
48 environments. The objective of this work was to evaluate the effects of land use on the  
49 local habitat structure and on the taxonomic and functional characteristics of fish  
50 assemblages in streams in the Eastern Amazon. For this, 26 streams were sampled in the  
51 municipality of Paragominas, southeast of the State of Pará, measuring the land uses  
52 based on satellite images and the variables of the local habitat structure with the protocol  
53 for the evaluation of streams established in the literature. Land uses have been shown to  
54 reduce the structure of the woody understory of the remaining vegetation. Taxonomic and  
55 functional richness were positively influenced by total shelters, which included algae and  
56 macrophytes. The structure of the habitat was shown to influence the taxonomic  
57 composition. The functional characteristics were more associated with the structure of the  
58 local habitat. Our results indicate that land uses cause changes in the structure of the local  
59 habitat, reflecting changes in fish assemblages. In this perspective, the maintenance of  
60 riparian zones, over 30 meters established by law in Brazil, can alleviate the impacts of  
61 land use on the physical structure of the habitat and fish assemblages of the Amazonian  
62 streams.

63

64

65 **Key words:** Agriculture, Bauxite, Anthropological disturbance, Functional richness,  
66 Ichthyofauna.

67

68

69

70

## 71 **INTRODUÇÃO**

72 A bacia Amazônia é constituída por uma grande variedade de ecossistemas  
73 aquáticos e as comunidades são naturalmente estruturadas ao longo dos cursos d'água  
74 (Vannote et al., 1980; Junk et al., 2007). Entretanto, o processo de uso da terra na  
75 Amazônia, que em geral tem início com o desmatamento advindo da extração madeireira,  
76 tem conduzido diversas mudanças no estado natural dos ambientes ao longo das  
77 microbacias (Rivero et al., 2009). A retirada de madeira abre espaço para outras  
78 atividades econômicas, como a agricultura e pastagem, que juntas somam  
79 aproximadamente 60% das áreas desmatadas no bioma (Almeida et al., 2016). A  
80 expansão das atividades agrícolas tem sido considerada uma das principais ameaças aos  
81 ecossistemas aquáticos, em virtude da substituição de floresta natural ao longo das  
82 microbacias, resultando no aumento de nutrientes, sedimentos finos e na alteração das  
83 características físico-químicas d'água (Allan, 2004; Molina et al., 2017; Mello et al.,  
84 2018).

85 Paralelamente às práticas agrícolas, a exploração mineral na Amazônia também  
86 representa um risco às áreas de floresta natural (Mol & Ouboter, 2002; Roy et al., 2018).  
87 Essa atividade resultou no desmatamento de 9% do bioma Amazônico no período de 2005  
88 a 2015, representando uma perda de aproximadamente 38 mil km<sup>2</sup> de floresta natural  
89 (Almeida et al., 2016; Sonter et al., 2017). As atividades de mineração apresentam enorme  
90 capacidade de alteração ambiental, tanto nos ecossistemas terrestres quanto aquáticos  
91 (Parrotta & Knowles, 2001; Brosse et al., 2011; Martins et al., 2018). Nas áreas de  
92 extração de bauxita, por exemplo, ocorre remoção total da vegetação e escavação do solo  
93 (“*top-soil*”) e subsolo, aumentando os processos erosivos e a lixiviação de insumos  
94 oriundos da escavação do solo ao leito do canal dos ambientes aquáticos, alteando a  
95 estrutura física dos ecossistemas (Mol & Ouboter, 2002; Guimarães et al., 2012; Apriadi  
96 et al., 2018).

97 Nos pequenos corpos d’água, como os riachos, que são influenciados pela  
98 vegetação do ambiente terrestre (Pusey & Arthington, 2003). A substituição da floresta  
99 natural por um mosaico de usos da terra ao longo das drenagens tem resultado em  
100 modificações na estrutura física desses ambientes (Teresa & Casatti, 2010; Molina et al.,  
101 2017). Nas áreas agrícolas essas mudanças afetam o fluxo de nutrientes a entrada de  
102 sedimentos finos e o aumento de temperatura (Allan, 2004; Juen et al., 2016). Enquanto  
103 em áreas mineradas ocorre redução do fluxo de água, sedimentação do canal e aumento  
104 da turbidez d’ água (Mol & Ouboter, 2002; Apriadi et al., 2018). Dessa forma, os usos da  
105 terra têm demonstrado modificar características da estrutura física do hábitat local e  
106 proporcionado novas condições ambientais disponível para as espécies (Lorion &  
107 Kennedy, 2009; Luiza-Andrade et al., 2017).

108 As mudanças na cobertura florestal nas bacias hidrográficas e as condições  
109 abióticas determinam a ocorrência das espécies nos ambientes (Rosado et al., 2016). Essa  
110 fundamentação está relacionada ao conceito de nicho Grinnelliano, que aborda sobre os  
111 requisitos necessários das espécies, mas não nos efeitos das espécies em um determinado  
112 hábitat (Soberón, 2007; Rosado et al., 2016). Nesse sentido, os efeitos dos usos da terra  
113 podem afetar a estrutura das assembleias de peixes e macroinvertebrados, bem como, as  
114 funções desempenhadas pelos organismos nos ambientes lóticos (Castro et al., 2017;  
115 Leitão et al., 2017). Nas características taxonômicas das assembleias, como a riqueza e  
116 composição das espécies, ocorre registro do aumento, decréscimo ou ausência de efeitos  
117 aparentes, respectivamente (Bojsen & Jacobsen, 2003; Brook et al., 2003; Lorion &  
118 Kennedy, 2009).

119 Na diversidade funcional dos organismos, que pode ser descrita pelas diferentes  
120 características funcionais biológicas das espécies ou por índices que avaliam a  
121 distribuição das comunidades no espaço funcional e está relacionada às funções  
122 desempenhadas pelos indivíduos no ecossistema (Cadotte et al., 2011; Villéger et al.,  
123 2017). Os usos da terra têm afetado a riqueza funcional dos organismos, ocorrendo  
124 registro de redução desse índice (Luiza-Andrade et al., 2017; Wilkinson et al., 2018).  
125 Além de perda de características funcionais das espécies bentônicos, devido  
126 principalmente à redução da cobertura vegetal facilitar a entrada de sedimentos,  
127 resultando no assoreamento dos riachos (Allard et al., 2015; Ribeiro et al., 2016; Apriadi  
128 et al., 2018).

129 Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é responder: como os usos da terra nas  
130 microbacias afetam a estrutura do hábitat de riachos na Amazônia Oriental? Avaliando  
131 ainda, como as assembleias de peixes são influenciadas pelos usos da terra na microbacia  
132 e pela estrutura do hábitat local dos riachos na Amazônia Oriental? Para isso, testaremos  
133 as seguintes hipóteses: (1) Os usos da terra pela mineração e agricultura ao longo das  
134 microbacias dos riachos influenciarão a estrutura do hábitat local, provocando reduções  
135 na estrutura da vegetação ripária remanescente. Nas características da água, esperamos  
136 efeito similar devido a redução da floresta ripária facilitar a entrada de material alóctone  
137 no leito dos riachos na Amazônia Oriental; (2) As alterações na estrutura do hábitat local  
138 dos riachos, associadas a perda de cobertura florestal, como por exemplo a entrada de  
139 abrigos para a biota, influenciará positivamente a riqueza das espécies (taxonômica e  
140 funcional), favorecendo a composição taxonômica e as características funcionais de  
141 peixes capazes de explorar as novas oportunidades estabelecidas no ambiente, em virtude  
142 da redução dos insumos naturais da floresta e assoreamento provocar perda de espécies  
143 bentônicos nos riachos na Amazônia Oriental.

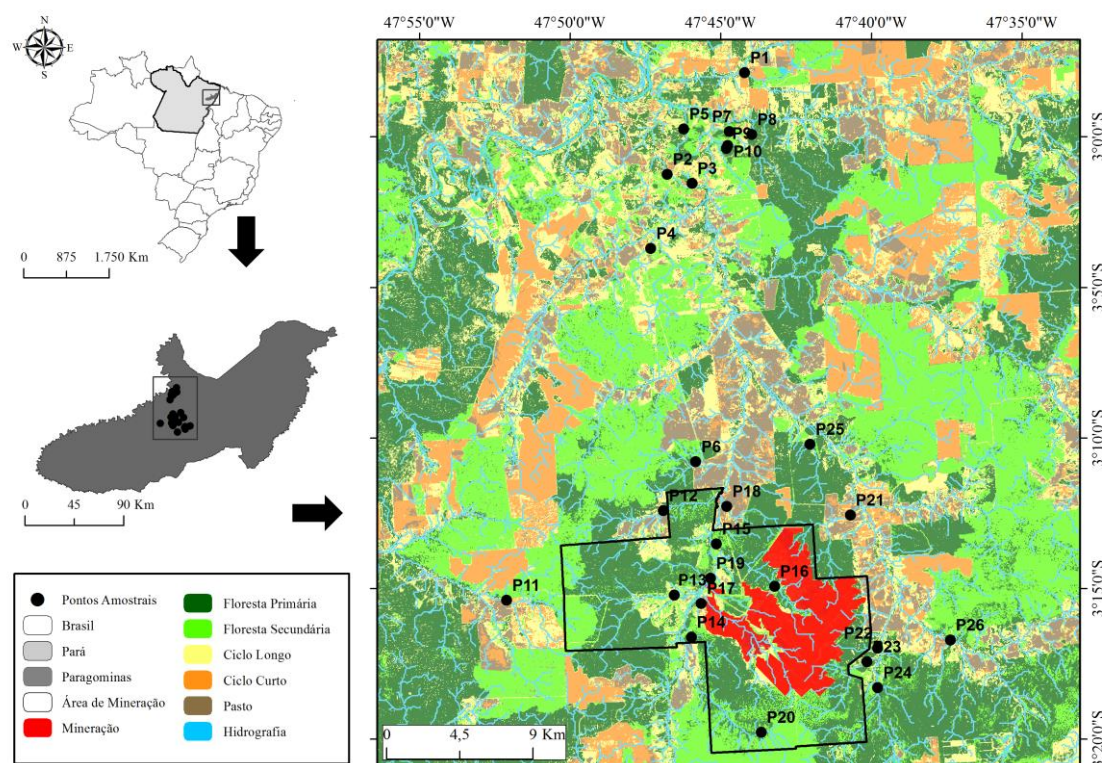
144

## 145 **MATERIAL E MÉTODOS**

### 146 **Área de estudo**

147 O estudo foi realizado em riachos distribuídos na Bacia do Médio Rio Capim, no  
148 município de Paragominas, sudeste do Pará (Figura 1). A Bacia Hidrográfica do Rio  
149 Capim possui uma área de drenagem de aproximadamente 37 mil km<sup>2</sup>, apresentando  
150 formato de um retângulo alongado e irregular, devido às características de declividade da  
151 região (Lima & Ponte, 2012). O clima na região é do tipo tropical úmido, apresentando  
152 duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se estende de dezembro a maio, e outra

153 de estiagem, que se estende de junho a novembro (Alvares et al., 2013). As médias anuais  
 154 de precipitação, umidade relativa e temperatura são 1.743 mm, 81% e 26,3°C,  
 155 respectivamente (Francez et al., 2009).



156  
 157 **Figura 1.** Distribuição dos locais amostrados na bacia do Rio Capim no Município de  
 158 Paragominas, Pará, Brasil.

159

160 A vegetação natural da região é composta por floresta ombrófila densa (Almeida  
 161 et al., 2009). Porém, o município de Paragominas faz parte de uma área conhecida como  
 162 “Arco do desmatamento”, que é formado pelos estados do Mato Grosso, Rondônia,  
 163 Maranhão e Acre, marcado por apresentar altas taxas de desflorestamento em virtude da  
 164 forte pressão de atividades antrópicas. Tal área apresenta modificação da vegetação  
 165 natural e extenso uso da terra desde a década de 1950, intensificado a partir da construção  
 166 das rodovias BR-010 e PA-150, que liga a capital do Estado do Pará e a região Sudeste  
 167 do Brasil (Loureiro, 2012).

168 Nesse sentido, a Bacia do Rio Capim apresenta um mosaico de múltiplos usos de  
 169 terra, abrangendo desde áreas de extração de bauxita, que desde o ano de 2007 produz  
 170 anualmente 16 milhões de toneladas do minério em Paragominas, áreas de exploração  
 171 madeireira que extraíram mais de 180 mil m<sup>3</sup> de madeira no município no ano de 2017,  
 172 áreas destinadas a pecuária, que apresentam uma produção de aproximadamente 1.200

173 milhões de animais, sendo o mais representativo os rebanhos bovinos, grandes fazendas  
174 mecanizadas que produzem mais de 760 toneladas de grãos além das áreas de silvicultura  
175 que apresentam produção superior a 1.518 milhão m<sup>3</sup> (*Eucalyptus* spp. e *Tectona grandis*  
176 L. f.) para o ano de 2017 (IBGE, 2017). Todos esses tipos de atividade contribuem com  
177 cerca de 80% do desmatamento registrado na Amazônia Legal (Gardner et al., 2013;  
178 Oliveira-Júnior et al., 2017).

179

### 180 **Caracterização da cobertura vegetal e usos da terra**

181 Inicialmente, a rede de drenagem foi delimitada usando imagens do projeto *Shuttle*  
182 *Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 metros e ajustada por  
183 imagens do *Google Earth* (<http://earth.google.com>), usando as ferramentas do TauDem  
184 5.3 disponível no *software* de geoprocessamento QGIS 2.18 (Tarboton, 2005; QGIS  
185 Development Team, 2017).

186 Os usos da terra e de cobertura florestal foram interpretados de forma  
187 supervisionada com base nas imagens multiespectrais do satélite *Landsat* 8, usando o  
188 plug-in *Semi-Automatic Classification* do programa de geoprocessamento - QGIS 2.18 -  
189 (Macedo et al., 2014). As imagens foram obtidas através do projeto *Earth Explorer* da  
190 *United States Geological Survey* (USGS) para os anos de 2014 e 2017. Esses conjuntos  
191 de imagem fornecem informações sobre a forma e textura dos elementos, permitindo  
192 identificar os diferentes tipos de cobertura da terra ao longo da microbacia dos riachos  
193 (Castro et al., 2017).

194 No conjunto de imagens, foi aplicado o processo de correção atmosférica,  
195 permitindo reduzir os efeitos de reflectância atmosférica (Antunes et al., 2012). Na  
196 sequência, as imagens foram classificadas em seis tipos de cobertura de usos e cobertura  
197 da terra, a saber: floresta primária e secundária, áreas destinadas a agricultura de ciclo  
198 longo (*Eucalyptus* sp., *Tectona grandis* L. F.) e de ciclo curto (produção de grãos),  
199 pastagem e áreas utilizadas pela mineração (incluindo áreas de cava, área industrial, bacia  
200 de rejeitos e de deposição de estéril; Almeida et al., 2016). O processo de classificação  
201 foi validado usando as imagens do *Google Earth* (<http://earth.google.com>).

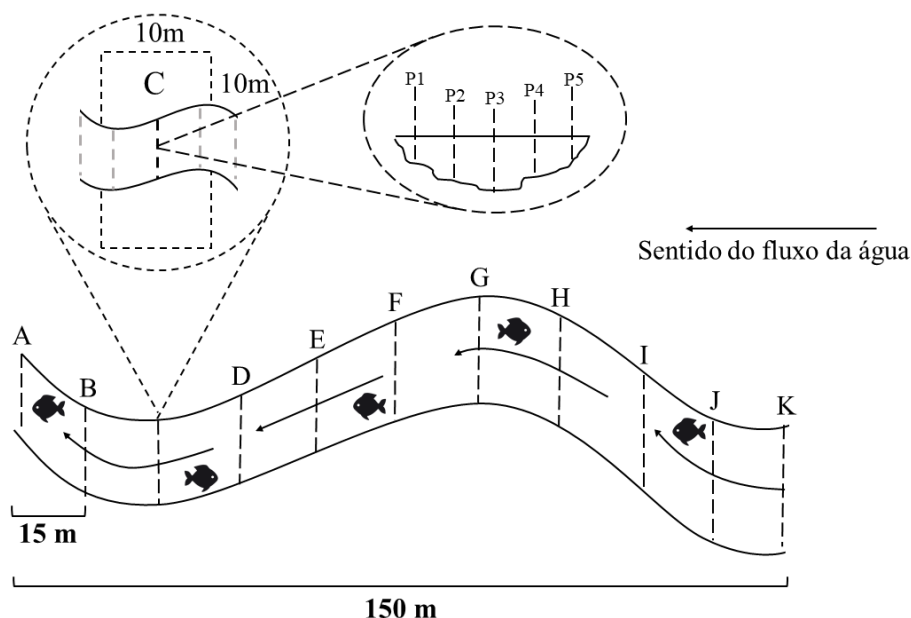
202 A proporção dos diferentes usos da terra ao longo das microbacias foi calculada  
203 em dois níveis, tendo em vista a contribuição de ambos os níveis para explicar a  
204 estruturação das assembleias de peixes em riachos (Frimpong et al., 2005; Roa-Fuentes  
205 & Casatti, 2017). O primeiro englobou toda a área de drenagem da microbacia a montante  
206 do ponto de coleta, e o segundo abrangeu uma área de influência (*Buffer* ripário) com 60

207 metros de largura (30 para cada lado da margem do riacho) e 600 metros de comprimento  
 208 (300 m a montante e 300 m a jusante; Frimpong et al., 2005).

209

### 210 Estrutura de Hábital

211 A mensuração das variáveis da estrutura do hábitat local foi realizada em 26  
 212 riachos nos anos de 2014 e 2017, seguindo o protocolo de avaliação do hábitat físico da  
 213 Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US-EPA) (Kaufmann et al., 1999;  
 214 Peck et al., 2006), adaptado para a região tropical (Callisto et al., 2014). Para isso, foi  
 215 delimitado um trecho de 150 m de canal em cada riacho. Esse trecho foi subdividido em  
 216 dez seções longitudinais equidistantes (15 m), sendo delimitadas por 11 transecções  
 217 nomeadas de “A” a “K” de jusante para montante (Figura 2; Peck et al., 2006).



218

219 **Figura 2.** Desenho esquemático da delimitação dos trechos amostrais em riachos  
 220 localizados na bacia do Rio Capim no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

221

222 O protocolo registra informações ambientais pertencentes a categorias distintas,  
 223 tais como: morfologia do canal, estrutura da vegetação ripária, disponibilidade de abrigo  
 224 para biota aquática, impacto humano e variáveis físico-químicas da água, gerando neste  
 225 estudo 63 variáveis da estrutura do hábitat local (Material suplementar 1). A mensuração  
 226 de variáveis ambientais baseadas no referido protocolo tem sido constantemente utilizada  
 227 em estudos ecológicos em assembleias de peixes dos riachos amazônicos, sendo  
 228 demonstrada como uma ferramenta importante para avaliação dos efeitos de usos da terra  
 229 (Prudente et al., 2017; Ferreira et al., 2018).



230 O sub-bosque lenhoso das zonas ripárias é um importante componente para  
231 estrutura e manutenção das condições ambientais dos pequenos riachos (Vannote et al.,  
232 1980). Este foi estimado visualmente em ambas as margens dentro de uma faixa de 100  
233 m<sup>2</sup> (considerando 5 metros a montante e jusante em cada parcela e 10 m pra dentro da  
234 zona ripária) (Figura 2), registrando a densidade da cobertura da vegetação ripária entre  
235 0,5 até 5 metros de altura. Os abrigos para peixes, que apresentam forte relação com a  
236 estrutura da vegetação adjacente, foi avaliado em relação à estimativa visual da  
237 porcentagem de algas filamentosas, plantas aquáticas, pedaços de madeira grandes (> 0,3  
238 m DAP) e pequenos (< 0,3 m DAP), árvores vivas ou raízes, banco de folhas, vegetação  
239 penduradas, matacão, margem escavada e estruturas artificiais (Prudente et al., 2017). A  
240 caracterização da morfologia do canal, que geralmente tem suas dimensões e o fluxo dos  
241 canais alterados pelas atividades antropogênicas, foi medida em 15 pontos longitudinais  
242 equidistantes ao longo de cada seção, tomando-se as profundidades do talvegue (cm)  
243 (Figura 2). As características físico-químicas da água, que podem ser influenciadas pela  
244 perda de cobertura florestal e entradas de insumos nos canais dos riachos, foram aferidas  
245 em três transectos equidistantes (A, F e K; ver Figura 2) com uma sonda multiparâmetro  
246 Horiba ® modelo U-50 (Ferreira et al., 2018).

247

#### 248 **Amostragem da ictiofauna**

249 Os peixes foram amostrados com redes de mão (peneiras) de 55 cm de diâmetro e  
250 malha metálica de 3 mm de abertura entre nós opostos. Em cada seção, foi aplicado um  
251 esforço amostral de 36 minutos, dividido entre os coletores (Prudente et al., 2017),  
252 totalizando um esforço de 6 horas de coleta por riacho. Após a coleta, os exemplares  
253 foram fixados em solução de formalina 10% e, posteriormente, transferidos para álcool  
254 70%. O material coletado foi identificado até o menor nível taxonômico possível,  
255 utilizando como base a literatura especializada (p. ex. Gery, 1977; Kullander, 1986;  
256 Britski et al., 2007) e auxílio de especialistas em taxonomia de peixes neotropicais.

257

#### 258 **Diversidade taxonômica e características funcionais**

259 Neste estudo, consideramos como diversidade taxonômica dados de riqueza e a  
260 composição taxonômica da ictiofauna. As características funcionais das espécies de  
261 peixes foram obtidas a partir da relação de treze medidas morfológicas (Material  
262 suplementar 2 e 3) obtidas, sempre que possível, de cinco indivíduos de cada espécie, e  
263 mensuradas por meio de paquímetro digital com 0,01 mm de precisão. As áreas das

264 nadadeiras foram contornadas sobre papel milimetrado e posteriormente digitalizadas  
 265 conforme Oliveira et al. (2010). A partir das relações morfológicas, foram obtidas nove  
 266 características funcionais das assembleias de peixes (Winemiller, 1991; Pouilly et al.,  
 267 2003; Tabela 1). Além disso, utilizamos as categorias de grupos tróficos funcionais,  
 268 conforme proposto por Brejão et al. (2013), sendo que na ausência de informações para  
 269 uma espécie, os dados eram extrapolados para gênero.

270

271 **Tabela 1.** Características funcionais obtidas a partir das medidas morfológicas absolutas  
 272 das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município  
 273 de Paragominas, Pará, Brasil.

Atributos	Código	Fórmula	Interpretação
Altura relativa do corpo	ARC	AMC/CP	Valores menores indicam peixes que habitam águas rápidas (Gatz, 1979).
Área relativa da nadadeira peitoral	ARNP	ANP/ADC	Altos valores são relacionados a lenta natação ou a peixes de águas turbulentas (Watson & Balon, 1984).
Comprimento relativo da cabeça	CRC	CC/CP	Altos valores indicam peixes que se alimentam de presas grandes (Pouilly et al., 2003).
Comprimento relativo do pedúnculo caudal	CRPC	CPC/CP	Altos valores estão associados à maior capacidade natatória ou de propulsão a curtas distâncias (Winemiller, 1991).
Índice de compressão do pedúnculo caudal	ICPC	APC/LPC	Valores elevados indicam peixes com pedúnculos comprimidos, típico de peixes com nado pouco ativo (Gatz, 1979).
Largura relativa da boca	LRB	LB/CP	Altos valores indicam peixes que se alimentam de presas grandes (Gatz, 1979).
Orientação da boca	OB	°	Altos valores são associados a peixes que se alimentam próximo a superfície (Gatz, 1979). Inferior = entre 10° e 80°; Terminal = 90°; Superior = entre 100° e 170°; Ventral = 0°.
Índice de compressão do corpo	ICC	AMC/LMC	Valores elevados podem indicar peixes comprimidos que preferem habitats com menor velocidade de água (Watson & Balon, 1984).
Razão aspecto da nadadeira peitoral	RANP	CMP/AMP	Altos valores são relacionados a espécies migratórias ou de natação contínua (Wainwright et al., 2002).

## 274 **Análise de dados**

275 A proporção de todos os usos da terra e cobertura vegetal da microbacia total e do  
276 *buffer* ripário foram ordenados em uma única Análise de Componentes Principais (PCA).  
277 Os dados foram previamente transformados ( $\log x$ ) para reduzir a presença de outliers e  
278 tornar as relações mais lineares possíveis. Os dois primeiros eixos da PCA foram retidos  
279 para as análises seguintes, pois juntos são aqueles que apresentam maior poder de  
280 explicação da variabilidade dos dados (Legendre & Legendre, 2012).

281 As variáveis da estrutura do hábitat local foram primeiramente submetidas a um  
282 critério de seleção, onde variáveis com coeficiente de variação abaixo de 30% foram  
283 excluídas (Kaufmann et al., 1999). Posteriormente, foi realizada a seleção das variáveis  
284 do hábitat, baseada na assembleia (dados de abundância) de peixes através do método  
285 *forward selection*, um tipo de *stepwise regression* cujo objetivo é verificar quais variáveis  
286 da estrutura do hábitat local estão mais relacionadas aos dados biológicos (Blanchet et  
287 al., 2008). Por fim, para evitar a multicolinearidade entre variáveis do hábitat local  
288 restantes, aplicamos uma correlação de *Spearman*, e excluímos variáveis altamente  
289 correlacionadas ( $r_s \geq 0,70$ ), sendo selecionadas as variáveis com maior capacidade  
290 explicativa para as assembleias de peixes em riachos amazônicos (Prudente et al., 2017).

291 Para responder a primeira pergunta deste estudo (como usos da terra nas  
292 microbacias afetam a estrutura do hábitat de riachos na Amazônia Oriental?), aplicamos  
293 regressões lineares simples, com os eixos da PCA como variável independente e as  
294 variáveis da estrutura do hábitat local como resposta. Utilizamos correções de *Bonferroni*  
295 para diminuir as chances de Erro Tipo I devido ao grande número de regressões (Zar,  
296 2010). Além disso, para garantir que havia independência espacial entre as amostras  
297 testamos a autocorrelação espacial, usando a matrizes de coordenadas principais vizinhas  
298 (PCNM, Dray et al., 2006) na distância fluvial entre pares de riachos, onde não foi  
299 observada autocorrelação espacial para as variáveis da estrutura do hábitat ( $df=15$ ;  
300  $F=1,533$ ;  $p=0,055$ ) e composição das espécies ( $df=15$ ;  $F=1,533$ ;  $p=0,073$ ).

301 Para avaliar como as assembleias de peixes são influenciadas pelos usos da terra  
302 na microbacia e estrutura do hábitat local dos riachos na Amazônia Oriental, utilizamos  
303 regressões lineares simples com os eixos da PCA e variáveis do hábitat local como  
304 variável independente sobre a riqueza taxonômica das assembleias de peixes. Na  
305 composição das espécies, aplicamos uma Análise de Redundância (RDA) para identificar  
306 os efeitos dos usos da terra e do hábitat local na composição taxonômica (dados de  
307 abundância transformados pela distância de *Hellinger*) das assembleias de peixes. Além

308 disso, utilizamos uma Análise de Redundância parcial (pRDA) para detectamos as  
309 influências isoladas e compartilhadas dos usos da terra e variáveis do hábitat local  
310 (Borcard & Legendre, 2002).

311 As análises dos dados funcionais, foi calculada a riqueza funcional (FRic), para  
312 avaliar o espaço funcional preenchido pelas assembleias utilizando a metodologia  
313 proposta por Villéger et al. (2008). Nessa análise, utilizamos as características funcionais  
314 quantitativas e categóricas. Além disso, utilizamos o CWM (*Community-level weighted  
315 means*) para calcular os valores médios apenas das características funcionais quantitativas  
316 das assembleias de peixes (Lavorel et al., 2008). Essas ferramentas associam duas  
317 matrizes, uma composta por características funcionais de cada espécie e outra pela matriz  
318 de abundância das espécies (Villéger et al., 2008; Lavorel et al., 2008).

319 Na riqueza funcional (FRic), aplicamos regressões lineares simples, para avaliar  
320 a influência dos usos da terra e hábitat local, tendo os eixos da PCA e variáveis da  
321 estrutura do hábitat local como variável independente, com utilização das correções de  
322 *Bonferroni* (Zar, 2010). Na matriz de características funcionais gerada pelo CWM apenas  
323 com os dados quantitativos, utilizamos uma Análise de Redundância (RDA) para  
324 identificarmos os efeitos dos usos da terra e do hábitat local sobre as características  
325 funcionais (dados padronizados) das assembleias de peixes. Utilizamos também uma  
326 Análise de Redundância parcial (pRDA) para detectarmos as influências isoladas e  
327 compartilhadas dos usos da terra e variáveis do hábitat local nas características funcionais  
328 das assembleias de peixes (Borcard & Legendre, 2002). As análises foram realizadas no  
329 *software* R versão 3.4.1 (R Core Team, 2015).

330

## 331 **RESULTADOS**

### 332 *Usos da terra e hábitat local*

333 A análise de componentes principais demonstrou que a soma dos dois primeiros  
334 eixos, representou 54,2% da variação dos dados de cobertura vegetal e usos da terra nas  
335 microbacias dos riachos amostrados (Tabela 2).

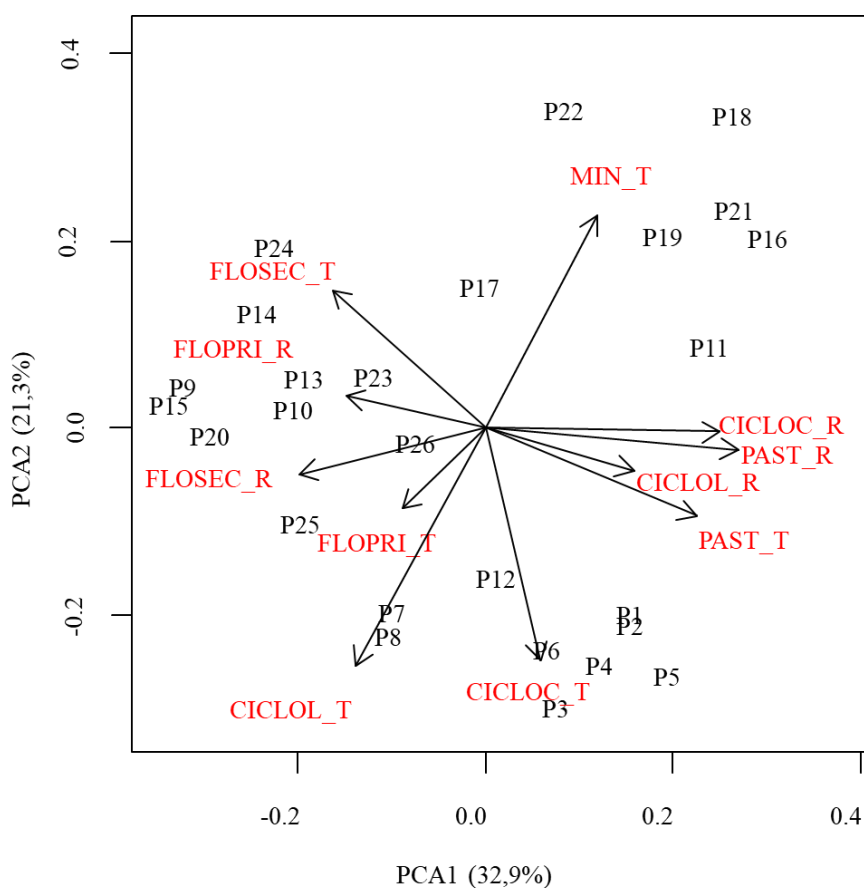
336

337 **Tabela 2.** Resultado da análise de componentes principais para os usos da terra na  
338 microbacia total e *buffer* ripário dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no  
339 Município de Paragominas, Pará, Brasil. Os valores em negrito são as relações que  
340 apresentaram *loadings* superiores a 0,7.

Usos da Terra	Código	PCA1	PCA2
Microbacia total			
Agricultura de Ciclo curto	CICLOC_T	-0,190	<b>-0,806</b>
Agricultura de Ciclo longo	CICLOL_T	0,450	<b>-0,825</b>
Floresta primária	FLOPRI_T	0,286	-0,280
Floresta secundária	FLOSEC_T	0,527	0,478
Mineração	MIN_T	-0,385	<b>0,737</b>
Pasto	PAST_T	<b>-0,731</b>	-0,305
Buffer Ripário			
Agricultura de Ciclo curto	CICLOC_R	<b>-0,810</b>	-0,013
Agricultura de Ciclo longo	CICLOL_R	-0,516	-0,147
Floresta primária	FLOPRI_R	0,482	0,113
Floresta secundária	FLOSEC_R	0,643	-0,158
Pasto	PAST_R	<b>-0,876</b>	-0,077
Autovalor		3,616	2,338
Explicação dos eixos		32,872	21,256

341

342 O primeiro eixo da análise de componentes principais (PCA1) explicou 32,9% da  
343 variação, sendo correlacionado negativamente com pastagem nas microbacias, bem como  
344 pastagem e agricultura de ciclo curto no *buffer* ripário. O segundo eixo (PCA2) resumiu  
345 21,3% da variação, sendo correlacionado negativamente com agricultura de ciclo curto e  
346 longo na bacia, bem como positivamente com mineração (Figura 3; Tabela 2).



347  
 348 **Figura 3.** Ordenação dos usos da terra ao longo das microbacias total dos riachos  
 349 amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. O código  
 350 dos usos da terra é apresentado na Tabela 2.

351

352 Na microbacia total dos riachos a maior proporção de cobertura foi de floresta  
 353 secundária, com uma média de 32,3% ( $\pm 22,0\%$ ). Enquanto, a floresta primária  
 354 apresentou proporção média de 44,3% ( $\pm 22,0\%$ ) em cobertura da terra no *buffer* ripário  
 355 (Tabela 3).

356

357 **Tabela 3.** Média, desvio padrão, mínimo e máximo das proporções de usos da terra nas  
 358 microbacias total e *buffer* ripário dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no  
 359 Município de Paragominas, Pará, Brasil.

Usos da terra	Código	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Microbacia total					
Agricultura de Ciclo curto	CICLOC_T	5,9	9,4	0,0	36,4
Agricultura de Ciclo longo	CICLOL_T	22,5	19,6	0,0	65,5

Floresta primária	FLOPRI_T	17,2	15,2	3,9	65,0
Floresta secundária	FLOSEC_T	32,3	22,0	2,6	91,2
Mineração	MIN_T	0,5	1,2	0,0	5,5
Pasto	PAST_T	7,5	8,0	0,0	28,8
<i>Buffer ripário</i>					
Agricultura de Ciclo curto	CICLOC_R	7,5	11,5	0,0	45,6
Agricultura de Ciclo longo	CICLOL_R	12,7	8,9	0,0	32,8
Floresta primária	FLOPRI_R	44,3	16,8	5,1	73,6
Floresta secundária	FLOSEC_R	23,8	23,0	0,0	89,8
Pasto	PAST_R	10,5	14,8	0,0	50,4

360

361

362

363

364

365

366

367

368

369

O método de *Forward Selection* selecionou seis variáveis (Tabela 4) relacionadas com as assembleias de peixes (valores médios das variáveis retidas estão no Material suplementar 4). Destas, excluímos a média de abrigo total (ABRI\_T) pois apresentou correlação positiva (Material suplementar 5) com a Média Abrigo Total + Algas e Macrófitas (ABRI\_AM).

**Tabela 4.** Resultados do método de *forward selection* para variáveis do hábitat local relacionadas com as assembleias (matriz de abundância) de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

Variáveis do hábitat	Código	AdjR <sup>2</sup>	p
Média Sub-bosque Lenhoso	SUB_L	0,246	0,001
Média Profundidade Talvegue (cm)	PROF_T	0,288	0,004
Média Abrigo Total + Algas e Macrófitas	ABRI_AM	0,317	0,010
Oxigênio Dissolvido	OXIG_D	0,340	0,029
Média Abrigo Total	ABRI_T	0,363	0,039
Índice de Proximidade e Impacto Total	IMP_T	0,391	0,017

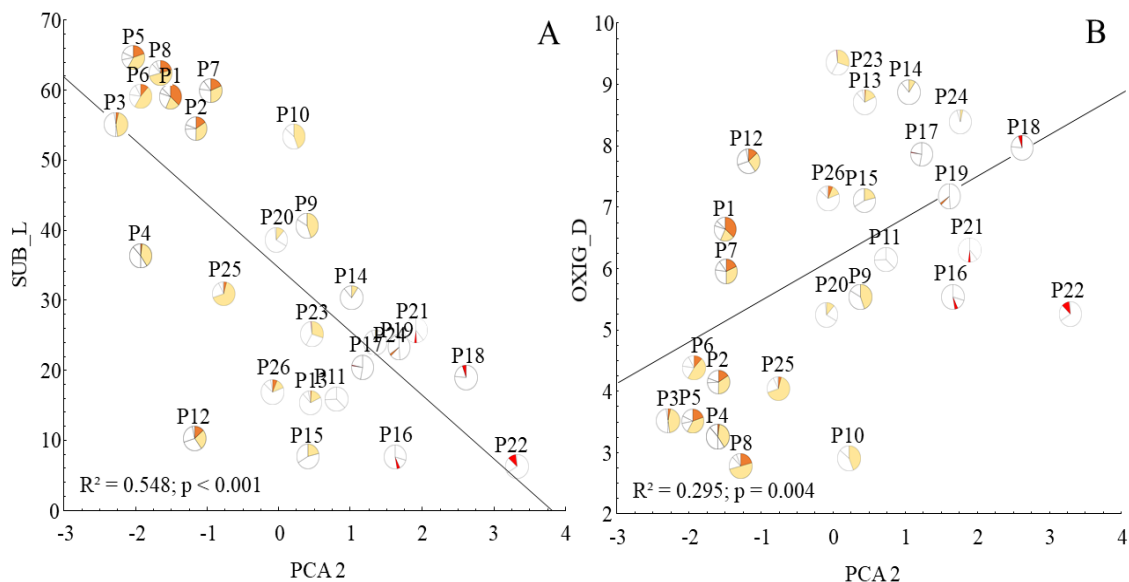
370

371

### 372 **Influência dos usos da terra na estrutura do hábitat local**

373 Os resultados mostraram efeito somente do segundo eixo da PCA, que representa  
 374 os usos da terra pela agricultura de ciclo curto, longo na bacia e mineração sobre as  
 375 variáveis de sub-bosque lenhoso e oxigênio dissolvido. O primeiro eixo da PCA não  
 376 demonstrou ter influência sobre as variáveis da estrutura do hábitat local (Material  
 377 Suplementar 6).

378 O segundo eixo da PCA, representado pela agricultura de ciclo curto, longo na  
 379 bacia e mineração influenciou negativamente o sub-bosque lenhoso ( $p < 0,001$ ), que  
 380 apresentou correlação de 54% com o eixo. No entanto, relação oposta e significativa  
 381 ( $p = 0,004$ ) do referido eixo (PCA2) foi verificada para o oxigênio dissolvido, que explicou  
 382 somente 29% da variação de OXIG\_D (Figura 4).



383 **Figura 4.** Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre o segundo eixo  
 384 da análise de componentes principais (PCA2) e variáveis da estrutura do hábitat local,  
 385 sub-bosque lenhoso (A) e oxigênio dissolvido (B). As cores representam a proporção de  
 386 usos da terra com *loadings* superiores a 0,7 na PCA2: (●) ciclo longo; (●) ciclo curto;(  
 387 ●) mineração.

389

### 390 **Influências dos usos da terra e hábitat local nas assembleias de peixes**

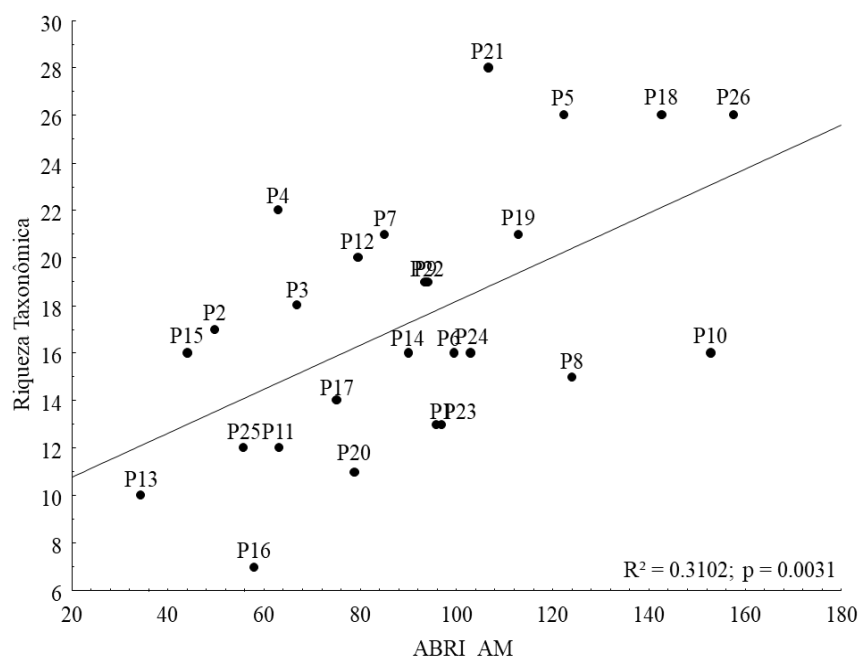
#### 391 ***Diversidade taxonômica***

392 Um total de 9.325 exemplares de peixes foram coletados, distribuídos em 70  
 393 espécies pertencentes a 20 famílias de seis ordens. Houve predominância de  
 394 Characiformes, com 81,33% dos indivíduos, seguidos dos Cichliformes e  
 395 Gymnotiformes, com 8,28% e 4,48% da amostra, respectivamente.



396 As espécies mais representativas da ordem Characiformes foram *Hyphessobrycon*  
 397 *heterorhabdus* (Ulrey, 1894), com 3188 espécimes (33,26%), e *Copella arnoldi* (Regan,  
 398 1912) com 1279 indivíduos (13,67%). Já *Apistogramma* gr. *regani* Kullander 1980 e  
 399 *Apistogramma agassizii* (Steindachner, 1875) tiveram as maiores contribuições na ordem  
 400 dos Cichliformes (2,53 e 2,42%, respectivamente) capturados nos riachos amostrados  
 401 (material suplementar 7).

402 A média da riqueza taxonômica foi de  $17,31 \pm 5,37$  espécies registradas nos  
 403 riachos avaliados. Não detectamos influência significativas entre os dois eixos da PCA  
 404 que representam os usos da terra na riqueza taxonômica (Material Suplementar 8). No  
 405 entanto, observamos influência significativa somente da variável do hábitat de abrigo  
 406 total + algas e macrófitas (ABRI\_AM) sobre a riqueza taxonômica (Figura 5).



407  
 408 **Figura 5.** Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre abrigo total + algas e macrófitas (ABRI\_AM) e riqueza taxonômica.  
 409

410

411 A composição das espécies de peixes foi influenciada pelos usos da terra e pelas  
 412 variáveis da estrutura do hábitat local ( $df=7$ ;  $F=2,33$ ;  $p<0,001$ ), onde os dois eixos da  
 413 RDA explicaram 33% da variação dos dados. Os dois eixos obtiveram influência negativa  
 414 da média sub-bosque lenhoso, índice de proximidade e impacto total e média abrigo total  
 415 + algas e macrófitas, enquanto a média profundidade talvegue, oxigênio dissolvido e  
 416 PCA2 influenciaram positivamente na formação dos eixos (Tabela 5).

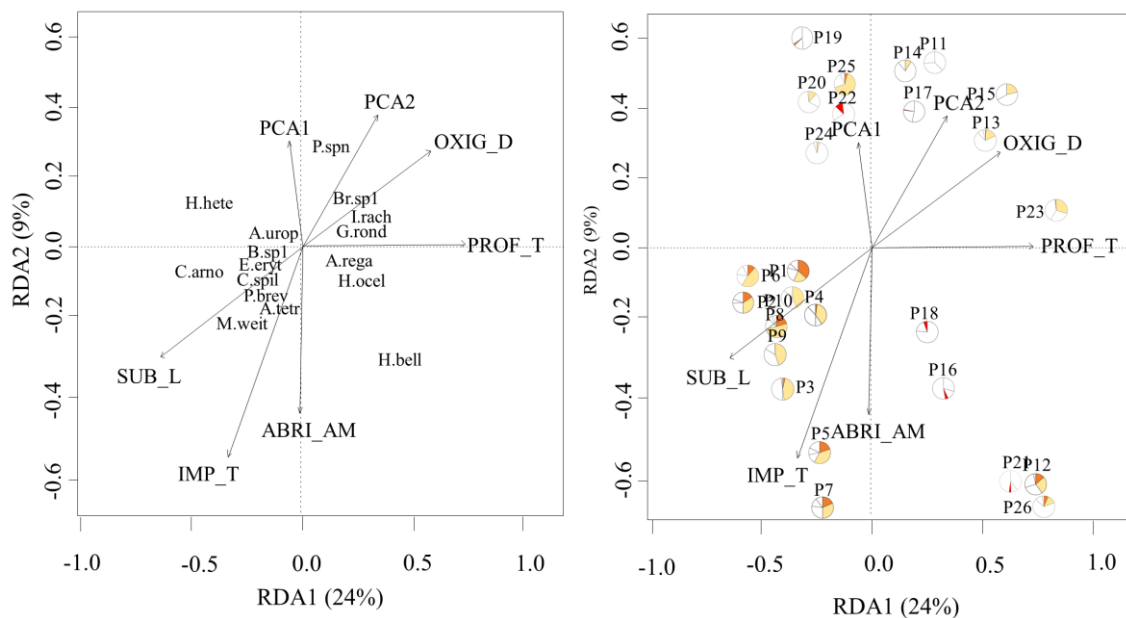
417

418 **Tabela 5.** *Loadings* da Análise de Redundância com os eixos da PCA e variáveis da  
 419 estrutura do hábitat local para composição taxonômica das assembleias de peixes dos  
 420 riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

Códigos	RDA1	RDA2
PCA1	-0,071	0,323
PCA2	<b>0,390</b>	<b>0,403</b>
SUB_L	<b>-0,738</b>	<b>-0,342</b>
PROF_T	0,836	0,004
ABRI_AM	<b>-0,013</b>	<b>-0,513</b>
OXIG_D	0,664	0,293
IMP_T	<b>-0,388</b>	<b>-0,648</b>

421

422 As espécies mais relacionadas negativamente ao RDA1 foram *Copella arnoldi*  
 423 (Regan, 1912), *Crenuchus spilurus* Günther 1863, *Erythrinus erythrinus* (Bloch &  
 424 Schneider 1801), *Microcharacidium weitzmani* Buckup 1993 e *Aequidens tetramerus*  
 425 (Heckel, 1840). Já no gradiente oposto da RDA2, as espécies *Pyrrhulina* sp., *Bryconops*  
 426 sp. e *Iguanodectes rachovii* Regan, 1912 foram mais associadas (Figura 6).



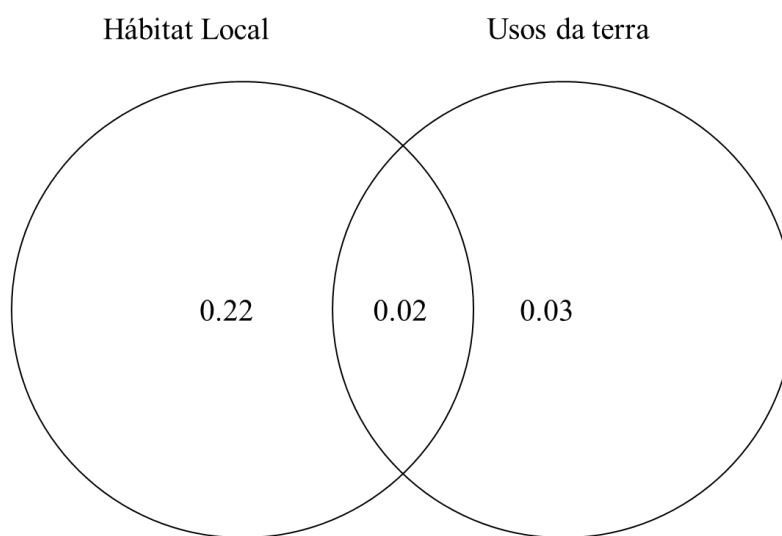
427

428 **Figura 6.** Gráfico da análise de redundância (RDA) representando os efeitos dos usos da  
 429 terra e hábitat local na composição das assembleias de peixes dos riachos amostrados na  
 430 bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. O código para as espécies  
 431 é apresentado no material suplementar 8 e das variáveis do hábitat local na Tabela 4. As  
 432 cores representam a proporção de usos da terra com *loadings* superiores a 0,7 na PCA2:

433 (●) ciclo longo; (●) ciclo curto; (●) mineração. Espécies que apresentaram relação com  
 434 os eixos abaixo de 0,5 foram omitidas.

435

436 Houve efeito somente das variáveis da estrutura do hábitat local ( $F=2,36$ ;  $p<$   
 437  $0,001$ ) sobre a composição das assembleias de peixes, os usos da terra não tiveram efeito  
 438 ( $F=1,47$ ;  $p=0,081$ ). O hábitat local foi responsável por 22% da influência na composição  
 439 das espécies, seguido de 3% para os usos da terra e somente 2% oriundos da contribuição  
 440 compartilhada do hábitat local e usos da terra (Figura 7).



441

Resíduos = 0.73

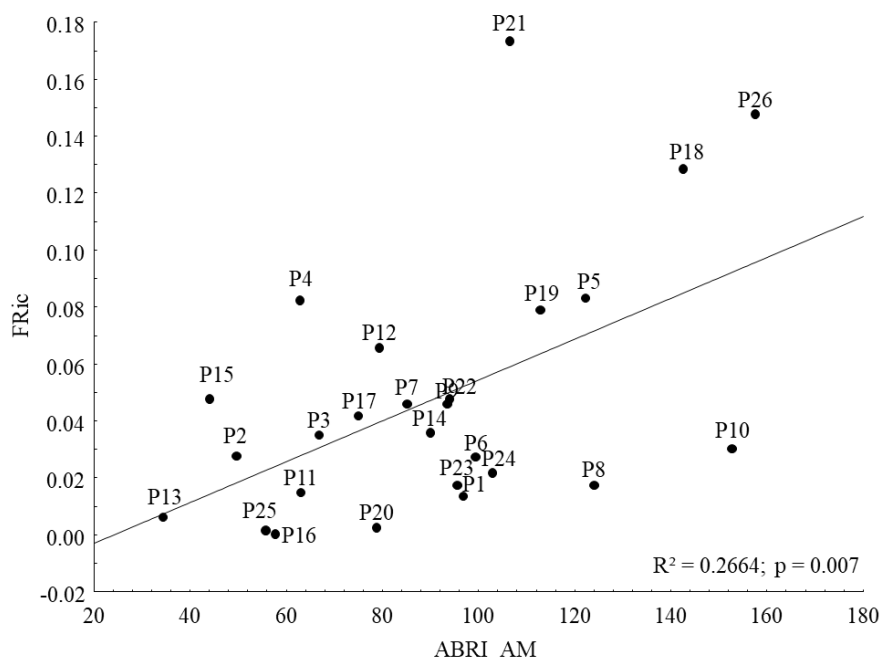
442 **Figura 7.** Gráfico da análise de redundância parcial (RDA-parcial) representando os  
 443 efeitos dos usos da terra e hábitat local na composição das assembleias de peixes dos  
 444 riachos amostrados na bacia do Rio Capim no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

445

#### 446 ***Riqueza e características funcionais***

447 Os valores de riqueza funcional (FRic) foram em média  $0,048 \pm 0,045$  para os  
 448 riachos avaliados ao longo da bacia do rio capim. Não detectamos influências  
 449 significativas dos eixos da PCA que representam os usos da terra sobre a riqueza  
 450 taxonômica (Material Suplementar 8). No entanto, foi observado influência significativa  
 451 ( $p=0,007$ ) somente da média de abrigo total (ABRI\_AM) variável do hábitat local sobre  
 452 a riqueza funcional dos peixes (Figura 8).

453



454  
 455 **Figura 8.** Gráfico representativo do modelo de regressão simples entre a riqueza  
 456 funcional (FRic) e abrigos total (ABRI\_AM).

457

458 A análise de Redundância (RDA) demonstrou que os usos da terra e hábitat local  
 459 influenciaram as características funcionais dos peixes ( $df=7$ ;  $F=1,50$   $p=0,043$ ), onde os  
 460 eixos iniciais da RDA somam 26% da variação dos dados. O sub-bosque lenhoso  
 461 (SUB\_L) contribuiu positivamente para a formação dos dois eixos, enquanto a  
 462 profundidade do talvegue (PROF\_T) foi responsável negativamente pela formação de  
 463 ambos os eixos da RDA. No RDA1, tiveram importância negativa o PCA2 e oxigênio  
 464 dissolvido (OXIG\_D; Tabela 6).

465

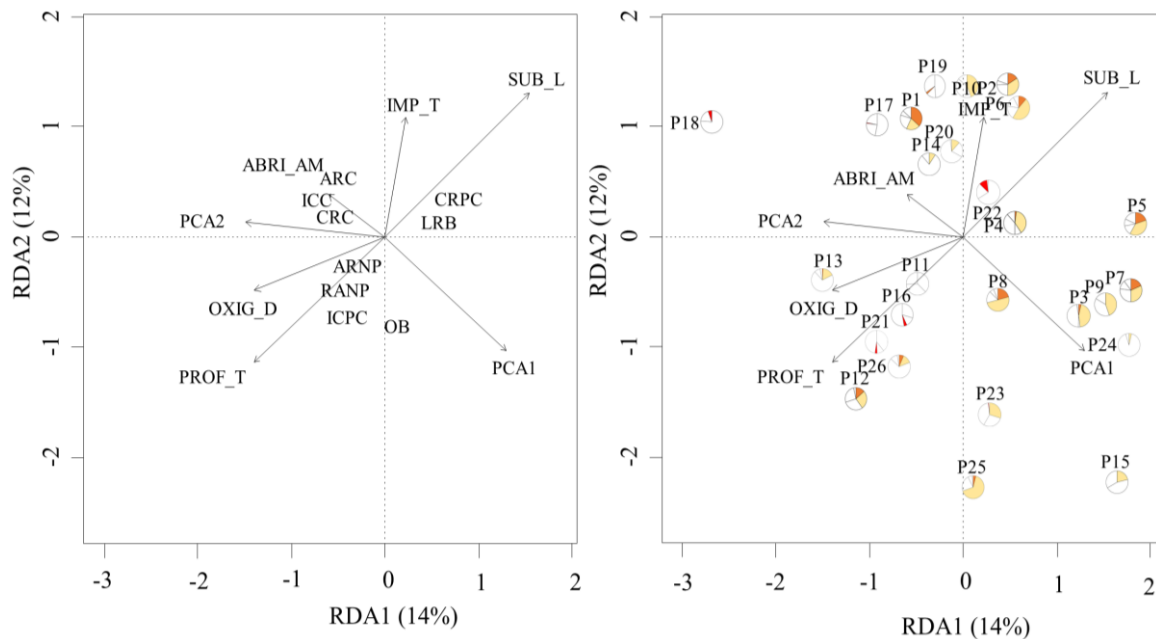
466 **Tabela 6.** *Loadings* da Análise de Redundância com os eixos da PCA e variáveis da  
 467 estrutura do hábitat local para as características funcionais das assembleias de peixes dos  
 468 riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

CÓDIGOS	RDA1	RDA2
PCA1	0,370	-0,304
PCA2	-0,425	0,039
SUB_L	<b>0,441</b>	<b>0,385</b>
PROF_T	<b>-0,399</b>	<b>-0,336</b>
ABRI_AM	-0,173	0,113

OXIG_D	-0,397	-0,143
IMP_T	0,063	0,322

469

470 As características funcionais de peixes comprimidos lateralmente (ICC), cabeça  
 471 relativamente longa (CRC) e corpo alto (ARC) foram associados aos abrigos totais  
 472 (ABRI\_AM) e ao segundo eixo da PCA, que é representado pelos usos da terra de  
 473 agricultura de ciclo longo, curto e mineração. A profundidade do talvegue e oxigênio  
 474 dissolvido influenciaram características funcionais de peixes com área relativa da  
 475 nadadeira peitoral grande (ARNP) e Relação do aspecto da nadadeira peitoral (RANP)  
 476 altas. O sub-bosque lenhoso teve influência peixes de boca relativamente pequena (LRB)  
 477 e pedúnculos comprimidos (CRPC), conforme observado nos gráficos da RDA (Figura  
 478 9).



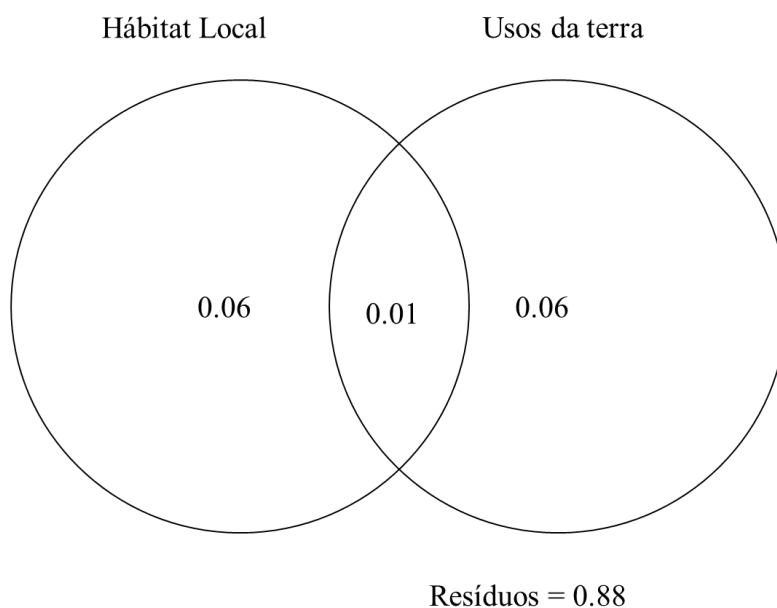
479

480 **Figura 9.** Gráfico da análise de redundância (RDA) representando os efeitos dos usos da  
 481 terra e hábitat local nas características funcionais das assembleias de peixes dos riachos  
 482 amostrados na bacia do Rio Capim no Município de Paragominas, Pará, Brasil. O código  
 483 das características funcionais está disposto no material suplementar 3. As cores  
 484 representam a proporção de usos da terra com *loadings* superiores a 0,7 na PCA2: (●)   
 485 ciclo longo; (●) ciclo curto; (●) mineração.

486

487 Na RDA-parcial, os usos da terra ( $F=1,66$ ;  $p=0,104$ ) e as variáveis da estrutura do  
 488 hábitat local ( $F=1,30$ ;  $p=0,172$ ) não tiveram contribuições significativas nas  
 489 características funcionais das assembleias de peixes. O hábitat local foi responsável por

490 6% da influência nas características funcionais das espécies, seguido de igual valor para  
 491 os usos da terra e somente 1% oriundos da contribuição compartilhada do hábitat local e  
 492 usos da terra (Figura 10).



493 **Figura 10.** Gráfico da análise de redundância parcial (RDA-parcial) representando os  
 494 efeitos dos usos da terra e hábitat local nas características funcionais das assembleias de  
 495 peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim no Município de Paragominas,  
 496 Pará, Brasil.

498

## 499 DISCUSSÃO

500 Os usos da terra ao longo das microbacias dos riachos mostraram relação negativa  
 501 sobre a vegetação ripária e positiva na qualidade d'água dos riachos. Além disso, os  
 502 abrigos totais demonstraram influenciar a riqueza taxonômica e funcional dos peixes. A  
 503 composição taxonômica e as características funcionais dos peixes foram mais  
 504 influenciadas pela estrutura do hábitat local dos riachos amazônicos do que pelos usos da  
 505 terra. Sendo assim, as hipóteses testadas foram parcialmente confirmadas tendo em vista  
 506 que usos da terra demonstraram influenciar as variáveis da estrutura do hábitat local de  
 507 modo distinto e que a composição taxonômica e funcional dos peixes reflete a estrutura  
 508 física do hábitat dos riachos amazônicos.

509 As influências dos usos da terra sobre as variáveis da estrutura do hábitat local dos  
 510 riachos são constantemente relatadas em estudos desenvolvidos nas áreas dominadas por  
 511 atividades agrícolas (Juen et al., 2016; Molina et al., 2017). As práticas destas atividades  
 512 provocam perturbações no solo, redução da cobertura de dossel, aumento na quantidade  
 513 de nutrientes e exercem grande pressão na vegetação ripária ao longo dos riachos (Allan,

514 2004; Luiza-Andrade et al., 2017). Por sua vez, a extração mineral de bauxita apresenta  
515 alta capacidade de modificação total ou parcial da floresta natural ao longo das  
516 microbacias (Parrotta & Knowles, 2001). Além disso, essa atividade escava as camadas  
517 superficiais orgânicas do solo (“*top-soil*”) e subsolo, expondo a vegetação remanescente  
518 a condições adversas devido ao aumento de processos erosivos e a lixiviação de insumos  
519 oriundos da escavação do solo (Brosse et al., 2011; Apriadi et al., 2018).

520 Nesse sentido, a redução da mata ciliar lenhosa evidenciada neste estudo pode  
521 estar associada a condições adversas na microbacia dos riachos. A redução da vegetação  
522 circundante tende a influenciar a entrada de material alóctone no leito dos riachos, tanto  
523 de origem das atividades antrópicas (como a entrada de sedimentos e pesticidas), quanto  
524 da própria vegetação remanescente (como os troncos, galhos e folhas da vegetação  
525 lenhosa) (Allan, 2004). A redução da mata ciliar e abertura de clareiras às margens dos  
526 riachos elevam a temperatura da água em virtude da incidência de luz solar, podendo  
527 haver inclusive maior produtividade primária nos riachos e a colonização de organismos,  
528 como as algas e plantas aquáticas (Lorion & Kennedy, 2009; Casatti et al., 2009; Calvão  
529 *et al.*, 2016).

530 As mudanças advindas com os múltiplos usos da terra e florestas perturbadas nas  
531 microbacias dos riachos tendem a resultar em novas condições no hábitat local e  
532 influenciar as características da biota aquática (Molina et al., 2017; Roa-Fuentes &  
533 Casatti, 2017). Neste estudo, a riqueza taxonômica foi influenciada positivamente pelos  
534 abrigos totais que inclui algas e macrófitas, porém a presença desses organismos em  
535 riachos é um dos principais sinalizadores de perda da integridade física do hábitat local,  
536 especialmente devido a dominância das Brachiarias (Casatti et al., 2015). A colonização  
537 desses organismos nos riachos pode elevar a abundância de macroinvertebrados, além de  
538 constituir micro-habitats favoráveis ao aumento da riqueza de algumas espécies  
539 consideradas tolerantes e de hábitos alimentares oportunistas (Casatti et al., 2009), como  
540 as espécies pertencentes às famílias Crenuchidae e Gymnotidae, que se alimentam  
541 predando presas tanto de origem alóctones quanto autóctones, além das espécies de  
542 Curimatidae que consomem detritos, matéria orgânica decomposta e algas filamentosas  
543 nos riachos (Brejão et al., 2013; Zuanon et al., 2015; Silva et al., 2016).

544 Em contrapartida, as atividades de mineração têm impulsionado a redução da  
545 riqueza das assembleias de peixes em riachos (Allard et al., 2015; Apriadi et al., 2018).  
546 A remoção da vegetação natural e escavação do solo ao longo das microbacias são as  
547 principais modificações que conduzem ao intenso aumento de processos erosivos e

548 contribuem com alta carga de sedimentos suspensos e depositados no leito do canal,  
549 afetando a ocorrência de peixes que se escondem em bancos de folhas e detritos lenhosos  
550 (Mol & Ouboter, 2002; Brosse et al., 2011; Allard et al., 2015; Apriadi et al., 2018). No  
551 entanto, estudo realizado por Lorion & Kennedy (2009) no sudeste da Costa Rica, relata  
552 que a riqueza taxonômica foi maior em áreas de menor cobertura florestal. Esses autores  
553 observam mudanças na estrutura do hábitat local, como a redução de insumos da floresta  
554 e aumento da temperatura d'água que favoreceu a proliferação de algas, elevando a  
555 riqueza de peixes herbívoros e detritívoros, resultados semelhantes ao encontrado neste  
556 estudo.

557 A composição taxonômica das espécies neste estudo foi fortemente influenciada  
558 pela estrutura do hábitat local, corroborando com estudos em assembleias aquáticas (Leal  
559 et al., 2017; Roa-Fuentes & Casatti, 2017; Montag et al., 2018), os quais têm evidenciado  
560 maiores influências da estrutura do hábitat local sobre as assembleias de peixes. Devido  
561 principalmente, os usos da terra atuarem inicialmente nas características do hábitat local  
562 (Leal et al., 2017). As espécies que foram associadas à estrutura do sub-bosque lenhoso  
563 são espécies que se beneficiam do acúmulo de detritos das florestas, como aquelas  
564 pertencentes a família dos Lebiasinidae, que se abrigam entre bancos de folhas, galhos e  
565 raízes das margens, ou que utilizam essas estruturas para obtenção de alimento, como  
566 *Aequidens tetramerus* e *Erythrinus erythrinus* (Brejão et al., 2013).

567 As alterações provocadas pelos usos da terra na estrutura física do hábitat local  
568 não são restritas aos parâmetros taxonômicos das assembleias, tendo em vista que  
569 observamos aumento da riqueza funcional (FRic) nos riachos estudados em função dos  
570 abrigos totais que incluem algas e macrófitas. Em contrapartida, as mudanças provocadas  
571 pelos múltiplos usos da terra no hábitat local têm proporcionado significativa perda  
572 funcional das assembleias de peixes em riachos da Malásia (Wilkinson et al., 2018). Nos  
573 riachos amazônicos, Luiza-Andrade et al. (2017) registraram perda de riqueza funcional  
574 de macroinvertebrados em ambientes dominados pela atividade agrícola.

575 Entretanto, em um estudo desenvolvido por Casatti et al. (2015) em riachos de  
576 áreas agrícolas no sudeste do Brasil, os autores observaram alta diversidade das  
577 assembleias de peixes em virtude da colonização de plantas aquáticas às margens dos  
578 riachos. Além disso, ressaltam que, apesar dos ambientes serem ricos e diversos, a  
579 presença de espécies de macrófitas invasoras representadas pelas Brachiarias, indica  
580 baixa integridade física da estrutura do hábitat local e elevada redundância funcional dos



581 peixes, sugerindo que as assembleias desempenham funções semelhantes no ecossistema  
582 (Casatti et al., 2009).

583 Os usos da terra e hábitat local também influenciaram a composição das  
584 características funcionais das assembleias de peixes. Além disso, observamos que peixes  
585 comprimidos lateralmente (ICC), com corpo alto (ARC) e cabeça alongada (CRC) foram  
586 relacionados aos abrigos totais (ABRI\_AM) e aos usos da terra, agricultura de ciclo longo,  
587 curto e mineração, representados pela PCA2. Essas características funcionais são de  
588 grupos de peixes nectônicos e nectobentônicos, que apresentam hábitos de coletar  
589 alimentos à deriva e em remansos perto das margens, e que habitam riachos de águas  
590 lânticas, sendo predominantes em áreas com vegetação perturbada ao longo da rede de  
591 drenagem, corroborando com achados de Casatti et al. (2015) e Ribeiro et al. (2016), que  
592 encontraram predominância destes grupos funcionais em riachos de áreas agrícolas com  
593 vegetação marginal alterada no Sudeste do Brasil.

594 Os usos da terra representados pelo PCA 1, que incluem pastagem na microbacias,  
595 pastagem e agricultura de ciclo curto no *buffer* ripário, demonstraram ter influências em  
596 peixes que se alimentam próximos ao fundo dos riachos. As espécies que detêm essas  
597 características funcionais, apresentam nado lento (ARNP) e contínuo (RANP) foram  
598 influenciados em grande parte pela profundidade do talvegue e oxigênio dissolvido.  
599 Enquanto espécies de natação lenta e com pouca manobrabilidade, que detêm pedúnculos  
600 comprimidos (CRPC) foram mais afetados pela menor cobertura de sub-bosque lenhoso,  
601 onde o impacto está mais próximo. As espécies que apresentam essas características são  
602 fortemente associadas a ambientes dominados por floresta natural, pois a vegetação  
603 adjacente tende a estabilizar a profundidade dos riachos e assegurar maior  
604 heterogeneidade do fluxo de água e substratos diversificado nos riachos (Brejão et al.,  
605 2013; 2017).

606 Estudo realizado por Ribeiro et al. (2016) ao longo de um amplo gradiente de usos  
607 múltiplos da terra revela influências de ambientes estruturalmente menos complexos e  
608 degradados à perda de características funcionais com exigências particulares, como as  
609 espécies de hábitos bentônicos e reofílicos que apresentam boa capacidade de nado  
610 contínuo e habitam águas turbulentas. Resultados semelhantes ao evidenciados neste  
611 estudo. Nas áreas mineradas, essas características funcionais de peixes são os mais afetados  
612 pelo carreamento de sedimentação do canal, turbidez e redução do fluxo de água,  
613 provocado pela perturbação do solo e retirada total da floresta (Allard et al., 2016; Apriadi  
614 et al., 2018).

615 Os resultados deste estudo revelam que os usos da terra ao longo das bacias de  
616 drenagens influenciam variáveis da estrutura dos habitats, sendo refletidas na biota  
617 associada. Afetando principalmente as espécies de hábitos bentônicos e reofílicos que  
618 habitam águas turbulentas, e elevando ao predomínio de características funcionais de  
619 peixes comprimidos lateralmente (ICC), cabeça relativamente longa (CRC) e corpo alto  
620 (ARC). Nessa perspectiva, a manutenção de zona ripárias superiores aos 30 metros  
621 estabelecidos em lei no Brasil pode amenizar os impactos dos usos da terra ao longo das  
622 microbacias na estrutura física dos riachos amazônicos. Além disso, nas áreas mineradas  
623 é essencial que a floresta seja recuperada, enquanto nas áreas onde a extração de bauxita  
624 ainda não ocorre é primordial que a manutenção da vegetação adjacente ao longo dos  
625 riachos seja maior que o proposto pela legislação.

626

## 627 REFERÊNCIAS

- 628 Allan, J. D., 2004. Landscapes and riverscapes: The Influence of Land Use on Stream  
629 Ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35, 257–284.
- 630 Allard, L., M. Popée, R. Vigouroux & S. Brosse, 2016. Effect of reduced impact logging  
631 and small-scale mining disturbances on Neotropical stream fish assemblages. *Aquatic  
632 Sciences* 78, 315–325.
- 633 Almeida, C. A., A. C. Coutinho, J. C. D. M. Esquerdo, M. Adami, A. Venturieri, C. G.  
634 Diniz, N. Dessay, L. Durieux, A. R. Gomes, 2016. High spatial resolution land use and  
635 land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and  
636 MODIS data. *Acta Amazonica*, 46, 291–302.
- 637 Almeida, S. S., A. S. L. Silva & I. C. B. Silva, 2009. Cobertura vegetal. In: Monteiro,  
638 M.A., M.C.N. Coelho, E.J.S. Barbosa, (Eds.). *Atlas socioambiental: municípios de Tomé-  
639 Açú, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas e Ulianópolis*. NAEA, Belém, pp.  
640 112–124.
- 641 Alvares, C. A., J. L. Stape, P. C. Sentelhas, J. L. M. Gonçalves, G. Sparovek, 2013.  
642 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6,  
643 p. 711-728.
- 644 Antunes, M. A. H., P. Debiasi, A. R. Costa & J. M. Gleriani, 2012. Correção Atmosférica  
645 de Imagens Alos/Avnir-2 Utilizando o Modelo 6S. *Revista Brasileira de Cartografia*.  
646 64/4: 531-539.

- 647 Apriadi, T. R. I., G. Pratama, R. D. Putra & Y. V. Jaya, 2018. Comparative study on the  
648 fish diversity from natural and bauxite post- mining in wetland system of Bintan Island,  
649 Indonesia. 19, 967–973.
- 650 Blanchet, F. G., P. Legendre & D. Borcard, 2008. Forward selection of explanatory  
651 variables. *Ecology* 89: 2623–2632.
- 652 Bojsen, B. H & Jacobsen, D. 2003. Effects of deforestation on macroinvertebrate  
653 diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. *Archiv für*  
654 *Hydrobiologie* 158, 317–342.
- 655 Bojsen, B. H & Barriga, R. Barriga, 2002. Effects of deforestation on fish community  
656 structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, 47, 2246–2260.
- 657 Borcard, D & P. Legendre, 2002. All scale spatial analysis of ecological data by means  
658 of principal coordinates of neighbor matrices. *Ecological modeling*, 153, 51-68.
- 659 Brejão, G. L., D. J. Hoeinghaus, M. A. Pérez-Mayorga, S. F. B. Ferraz & L. Casatti, 2017.  
660 Threshold responses of Amazonian stream fishes to timing and extent of deforestation.  
661 *Conservation Biology*. 0, 1–12.
- 662 Brejão, G. L., P. Gerhard & J. Zuanon, 2013. Functional trophic composition of the  
663 ichthyofauna of forest streams in eastern Brazilian Amazon. *Neotropical Ichthyology* 11,  
664 361–373.
- 665 Britski, H. A., Silimon, K. Z. S. Silimon, & Lopes, B. S. Lopes, 2007. Peixes do Pantanal:  
666 Manual de identificação. Brasília: EMBRAPA-SPI. 230 p.
- 667 Brook, B.W., N. S. Sodhi & Ng, P.K.L, 2003. Catastrophic extinctions follow  
668 deforestation in Singapore. *Nature* 424, 420–423.
- 669 Callisto, M., Alves, C. B. M. Alves, Lopes, J. M. Lopes, & Castro, M. A. Castro, 2014.  
670 Condições ecológicas em bacias hidrográficas de empreendimentos hidrelétricos. Cemig,  
671 Belo Horizonte.
- 672 Calvão, L. B., D. S. Nogueira, L. F. A. Montag, M. A. Lopes & L. Juen, 2016. Are  
673 Odonata communities impacted by conventional or reduced impact logging? *Forest*  
674 *Ecology and Management*, 382, 143–150.
- 675 Casatti L., C. P. Ferreira & F. R. Carvalho, 2009. Grass-dominated stream sites exhibit  
676 low fish species diversity and dominance by guppies: An assessment of two tropical  
677 pasture river basins. *Hydrobiologia* 632, 273–283.
- 678 Casatti L., F. B. Teresa, J. O. Zeni, M. D. Ribeiro, G. L. Brejão & M. Ceneviva-Bastos,  
679 2015. More of the Same: High Functional Redundancy in Stream Fish Assemblages from  
680 Tropical Agroecosystems. *Environmental Management* 55, 1300–1314.

- 681 Castro, D. M. P., S. Dolédec, & M. Callisto, 2017. Landscape variables influence  
682 taxonomic and trait composition of insect assemblages in Neotropical savanna streams.  
683 *Freshwater Biology*, 62, 1472–1486.
- 684 Dray, S., P. Legendre & P. R. Peres-Neto, 2006. Spatial modelling: a comprehensive  
685 framework for principal coordinate analysis of neighbour matrices (PCNM). *Ecological*  
686 *Modelling*, 196(3), 483-493.
- 687 Ferreira, M. C., T. O. Begot, B. S. Prudente, L. Juen, L. F. A. Montag, 2018. Effects of  
688 Oil Palm Plantations on the Habitat Structure and Biota of Streams in Eastern Amazon.  
689 *Environ Biol Fish* 32, 2081–2094.
- 690 Francez, L. M. B., J. O. P. Carvalho, F. C. S. Jardim, B. Quanz & K. A. O. Pinheiro, 2009.  
691 Efeito de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na  
692 região de Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, 39, 851–863.
- 693 Frimpong, E. A., T. M. Sutton, K. J. Lim, P. J. Hrodey, B. A. Engel, T. P. Simon, J. G.  
694 Lee & D. C. L. Master, 2005. Determination of optimal riparian forest buffer dimensions  
695 for stream biota – landscape association models using multimetric and multivariate  
696 responses, *Can. J. Fish. Aquat. Sci*, 62; 1–6.
- 697 Gardner, T. A., J. Ferreira, J. Barlow, A. C. Lees, L. Parry, I. C. G. Vieira., et al, 2013. A  
698 social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable  
699 Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological*  
700 *Sciences*, 368, 20120166–20120166.
- 701 Gatz, A. J., 1979. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Studies in*  
702 *Zoology and Botany*, 21, 91-124.
- 703 Gery, J., 1977. *Characoids of the world*. T.F.H. publications, Neptune City, USA.
- 704 Guimarães., J. C. C., J. M. Chagas, C. C. F. Campos, E. D. F. A. Bragion & F.S. Machado,  
705 2012. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita  
706 no Sul de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera* 8, 321–333.
- 707 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em:  
708 <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>>. Acesso em: 7 de jan. de  
709 2019.
- 710 Junk, W.J., M.G.M. Soares, P.B. Bayley, 2007. Freshwater fishes of the Amazon River  
711 basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health &*  
712 *Management*. 10, 153–173.
- 713 Juen, L., E. J. Cunha, F. G. Carvalho, M. C. Ferreira, T. O. Begot, A. L. Andrade, Y.  
714 Shimano, H. Leão, P. S. Pompeu, & L. F. A. Montag, 2016. Effects of oil palm plantations

- 715 on the habitat structure and biota of streams in Eastern Amazon. *River Res. Applic.* 32,  
716 2081–2094.
- 717 Kaufmann, P. R., P. Levine, E. G. Robison, C. Seeliger & D. V. Peck, 1999. Quantifying  
718 Physical Habitat in Wadeable Streams. EPA/620/R-99/003. U.S. Environmental  
719 Protection Agency, Washington, D.C., 130.
- 720 Kullander, S.O., 1986. Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Peru. Swedish  
721 Museum of Natural History, Estocolmo.
- 722 Lavorel, S., K. Grigulis, S. McIntyre, N. S. G. Williams, D. Garden, J. Dorrough, S.  
723 Berman, F. Quétier, A. Thébault, A. Bonis, 2008. Assessing functional diversity in the  
724 field-methodology matters! *Functional Ecology* 22:134–147
- 725 Leal, C. G., J. Barlow, T. A. Gardner, R. M. Hughes, R. P. Leitão, R. Mac-Nally, et al  
726 2017., Is environmental legislation conserving tropical stream faunas? A large-scale  
727 assessment of local, riparian and catchment-scale influences on Amazonian fish. *Journal*  
728 *of Applied Ecology*, 1–15.
- 729 Legendre, P., & L. Legendre, 2012. *Numerical Ecology*. Elsevier: Oxford, UK.
- 730 Leitão, R. P., J. Zuanon, D. Mouillot, C. G. Leal, R. M. Hughes, P.R. Kaufmann, S.  
731 Villéger, P. S. Pompeu, D. Kasper, F. R. Paula, S. F. B. Ferraz & T. A. Gardner et al.,  
732 2017. Disentangling the pathways of land use impacts on the functional structure of fish  
733 assemblages in Amazon streams. *Ecography*, 40, 001–013.
- 734 Lima, A. M. M., & M. X. Pontes, 2012. Dinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Capim-  
735 PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1, 127–142.
- 736 Lorion, C. M & B. P. Kennedy, 2009. Riparian forest buffers mitigate the effects of  
737 deforestation on fish assemblages in tropical headwater streams. *Ecological Applications*  
738 19, 468–479.
- 739 Loureiro, V. R, 2012. A Amazônia no século 21: novas formas de desenvolvimento.  
740 *Revista Direito GV*, 8(2), 527-552.
- 741 Luiza-Andrade, A., S. L. Brasil, N. L. Benone, Y. Shimano, A. P. J. Farias, L. F. Montag,  
742 S. Dolédec, L. Juen, 2017. Influence of oil palm monoculture on the taxonomic and  
743 functional composition of aquatic insect communities in eastern Brazilian Amazonia.  
744 *Ecological Indicators*, 82, 478–483.
- 745 Macedo, D. R., R. M. Hughes, R. Ligeiro, W. R. Ferreira, M. A. Castro, N. T. Junqueira,  
746 D. R. Oliveira, K. R. Firmiano, P. R. Kaufmann, P. S. Pompeu, M. Callisto et al., 2014.  
747 The relative influence of catchment and site variables on fish and macroinvertebrate  
748 richness in cerrado biome streams. *Landscape Ecology*, 29, 1001–1016.

- 749 Martins, W. B. R., G. C. Ferreira, F. P. Souza, L. F. S. Dionísio, F. A. Oliveira, 2018.  
750 Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de Mineração submetidas a métodos de  
751 restauração florestal em Paragominas, Pará. *Floresta*, 48, 37–48.
- 752 Mello, K., R. A. Valente, T. O. Randhir, C. A. Vettorazzi, 2018. Impacts of tropical forest  
753 cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. *Ecological*  
754 *Indicators* 93,1293–1301.
- 755 Mol, J. H. & P. E. Ouboter, 2004. Downstream effects of  
756 erosion from small-scale gold mining on the instream habitat and fish community of a  
757 small neotropical rainforest stream. *Conservation Biology* 18, 201–214.
- 758 Molina, M. C., C. A. Roa-Fuentes, J.O. Zeni & L. Casatti, 2017. The effects of land use  
759 at different spatial scales on instream features in agricultural streams. *Limnologica*, 65,  
760 14–21.
- 761 Montag, L. F. A., K. O. Winemiller, F. W. Keppeler, H. Leão, N. L. Benone, N. R. Torres,  
762 et al., 2018. Land cover, riparian zones and instream habitat influence stream fish  
763 assemblages in the eastern Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 1–13.
- 764 Oliveira, E. F., E. Goulart, L. Breda, C. V. Minte-Vera, L. R. S. Paiva & M. R. Vismara,  
765 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: Effects  
766 of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotropical Ichthyology*, 8, 569–586.
- 767 Oliveira-Junior, J. M. B., P. De-Marco, K. Dias-Silva, R. P. Leitão, C. G. Leal, P. S.  
768 Pompeu, T. A. Gardner, R. M. Hughes, L. Juen, 2017. Effects of human disturbance and  
769 riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams.  
770 *Limnologica* 66; 31–39.
- 771 Parrotta, J. A & O. H. Knowles, 2001. Restoring tropical forests on lands mined for  
772 bauxite: Examples from the Brazilian Amazon. *Ecological Engineering* 17, 219–239.
- 773 Peck, D. V., A. T. Herlihy, B. H. Hill, R. M. Hughes, P. R. Kaufmann, D. J. Klemm, et  
774 al., 2006. Environmental Monitoring and Assessment Program—Surface Waters Western  
775 Pilot Study: Field Operations Manual for Wadeable Streams. EPA 600/R-06/003. Office  
776 of Research and Development, US Environmental Protection Agency, Washington.
- 777 Pouilly, M., Lino, F. Lino, Bretenoux, J. G. Bretenoux & Rosales, C. Rosales, 2003.  
778 Dietary–morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian  
779 floodplain. *Journal of Fish Biology*, 62, 1137–1158.
- 780 Prudente, B. S., P. S. Pompeu, L. Juen & L. F. A. Montag, 2017. Effects of reduced-  
781 impact logging on physical habitat and fish assemblages in streams of Eastern Amazonia.  
*Freshwater Biology*, 62, 303–316.

- 782 Pusey, B. J & A. H. Arthington, 2003. Importance of the riparian zone to the conservation  
783 and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research*, 54(1): 1-  
784 16.
- 785 QGIS Development Team., 2017. QGIS Geographic Information System. Open Source  
786 Geospatial Foundation Project.
- 787 R Development Core Team. 2015. R: A Language and Environment for Statistical  
788 Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: Austria. Available at:  
789 <https://www.R-project.org/>.
- 790 Ribeiro, M. D., F. B. Teresa & L. Casatti, 2016. Use of functional traits to assess changes  
791 in stream fish assemblages across a habitat gradient. *Neotropical Ichthyology* 14, 1–10.
- 792 Rivero, S., O, Almeida, S. Ávila, W. Oliveira, 2009. Pecuária e desmatamento: Uma  
793 análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, 19,  
794 41–66.
- 795 Rosado, B. H. P., M. S. L. Figueiredo, E. A. Mattos & C.E.V. Grelle, 2016. Eltonian  
796 shortfall due to the Grinnellian view: functional ecology between the mismatch of niche  
797 concepts. *Ecography* 39, 1034–1041.
- 798 Roa-Fuentes, C. A. & L. Casatti, 2017. Influence of environmental features at multiple  
799 scales and spatial structure on stream fish communities in a tropical agricultural region.  
800 *Journal of Freshwater Ecology*, 32, 273–287.
- 801 Roy, B. A., M. Zorrilla, L. Endara, D. C. Thomas, R. Vandegrift, J. M. Rubenstein, T.  
802 Policha, B. Ríos-Touma & M. Read, 2018. New Mining Concessions Could Severely  
803 Decrease Biodiversity and Ecosystem Services in Ecuador. *Tropical Conservation*  
804 *Science* 11: 1–20
- 805 Brosse, S., G. Grenouillet, M. Gevrey, K. Khazraie, L. Tudesque, 2011. Small-scale gold  
806 mining erodes fish assemblage structure in small neotropical streams. *Biodivers Conserv*,  
807 20:1013–1026.
- 808 Silva, N. C. S., A. J. L. Costa, J. Louvise, B. E. Soares, V. C. E.S. Reis, M. P. Albrecht,  
809 É. P. Caramaschi, 2016. Resource partitioning and ecomorphological variation in two  
810 syntopic species of Lebiasinidae (Characiformes) in an Amazonian stream. *Acta*  
811 *Amazonica*, 46, 25–36.
- 812 Soberón, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species.  
813 *Ecology letters* 10, 1115–23.

- 814 Sonter, L. J., D. Herrera, D. J. Barrett, G. L. Galford, C. J. Moran & B. S. Soares-Filho,  
815 2017. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature*  
816 *Communications*, 8, 1013.
- 817 Tarboton, D. G., 2005. *Terrain analysis using digital elevation models (TauDEM)*. Utah  
818 State University, Logan.
- 819 Teresa, F. B & L. Casatti, 2010. Importância da vegetação ripária em região intensamente  
820 desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Pan-American Journal*  
821 *of Aquatic Sciences*, 5, 444–453.
- 822 Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell & C. E. Cushing, 1980.  
823 The river continuum concept. *Canadian Journal of Fish-eries and Aquatic Sciences*, 37,  
824 130–137.
- 825 Villéger, S., N. W. H. Mason & D. Mouillot, 2008. New multidimensional functional  
826 diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89, 2290–  
827 2301.
- 828 Watson, D. J & Balon, E. K., 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in  
829 rainforest streams of northern Borneo. *Journal of Fish Biology*, 371–384.
- 830 Wilkinson, C. L., D. C. J. Yeo, H. H. Tan, A. H. Fikri & R. M. Ewers, 2018. Land-use  
831 change is associated with a significant loss of freshwater fish species and functional  
832 richness in Sabah, Malaysia. *Biological Conservation* 222, 164–171.
- 833 Winemiller, K. O., 1991. Ecomorphological diversification in lowland freshwater fish  
834 assemblages from five biotic regions. *Ecological Monographs*, 61, 343-365.
- 835 Zar, J. H., 2010. *Biostatistical Analysis*. 5<sup>a</sup>ed, Prentice Hall, New Jersey, 947p.
- 836 Zuanon, J., F. P. Mendonça, H. M. V. Espírito-Santo, M. S. Dias, A. V. Galuch, A.  
837 Akama, 2015. *Guia de Peixes da Reserva Ducke - Amazônia Central*. 1 ed. Manaus:  
838 Editora INPA. 155p.

839

840

841

**MATERIAL SUPLEMENTAR**



**Material suplementar 1.** Variáveis da estrutura do hábitat local mesuradas nos 26 riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Tipo de seleção é informado. CV = Coeficiente de variação; FDS= *forward selection*.

	<b>Variáveis da Estrutura do Hábitat</b>	<b>Código do Protocolo</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Tipo de Seleção</b>
Morfologia do Canal	Média Profundidade Talvegue (cm)	XDEPTH_T	34.162	16.401	FDS
	Desvio Padrão Profundidade Talvegue (cm)	SDDEPTH_T	15.553	6.062	FDS
	Média Largura Molhada (m)	XWIDTH	2.673	1.052	FDS
	Desvio Padrão Largura Molhada (m)	SDWIDTH	0.856	0.470	FDS
	Área molhada no Trecho (Largura x Profundidade) (m <sup>2</sup> )	XWXD	1.042	0.860	FDS
	Razão Largura & Profundidade no Trecho	XWD_RA_T	8.443	2.547	FDS
	Substrato	Média Imersão (Canal + Margens) (%)	XEMBED	57.695	17.125
Desvio Padrão Imersão (Canal + Margens) (%)		VEMBED	35.404	4.414	CV
Média Imersão (Canal) (%)		XCEMBE_D	58.065	20.093	CV
Desvio Padrão Imersão (Canal) (%)		VCEMBE_D	31.857	5.967	FDS
Unidades do habitat do Canal e Velocidade da água	Riffle - Corredeiras (%)	PCT_RI	30.375	34.870	FDS
	Glide - Fluxo Suave (%)	PCT_GL	59.599	34.176	FDS
	FA+CA+RA+RI	PCT_FAST	31.655	34.849	FDS

	GL+ All Pool Types	PCT_SLO W	67.995	34.943	FDS
	All Pool Types - Qualquer Tipo de Piscina	PCT_POO L	8.397	13.692	FDS
	Sequência Fluxo Rápido, Suave e Piscinas (1= Heterogeneidade Máxima, 0= Homogeneidade Máxima)	SEQ_FLO_ 1	0.067	0.041	FDS
	Sequência Fluxo Rápido e Lento	SEQ_FLO_ 2	0.044	0.031	FDS
	Média Dossel Canal (%)	XCDENMI D	80.744	8.702	CV
	Desvio Padrão Dossel Canal (%)	VCDENMI D	10.870	9.805	FDS
	Média Dossel Margens (%)	XCDENBK	86.004	8.470	CV
	Desvio Padrão Dossel Margens (%)	VCDENBA NK	11.046	8.746	FDS
	Média Dossel Árvores Grandes	XCL	9.747	6.647	FDS
	Desvio Padrão Dossel Árvores Grande	SDCL	9.767	5.305	FDS
	Média Dossel Árvores Pequenas	XCS	25.345	11.008	CV

Cobertura e vegetação ripária

Desvio Padrão Dossel Árvores Pequenas	SDCS	15.848	4.614	CV
Média Sub-bosque Lenhoso	XMW	33.759	19.514	FDS
Desvio Padrão Sub-bosque Lenhoso	SDMW	14.241	3.828	CV
Média Sub-bosque Ervas	XMH	14.043	10.289	FDS
Desvio Padrão Sub-bosque Ervas	SDMH	11.020	6.671	FDS
Média Rasteira Lenhosa	XGW	26.460	13.923	FDS
Desvio Padrão Rasteira Lenhosa	SDGW	13.588	6.934	FDS

Média Rasteira Ervas	XGH	12.609	7.134	FDS
Desvio Padrão Rasteira Ervas	SDGH	10.599	7.026	FDS
Média Cobertura Dossel	XC	35.092	14.996	FDS
Desvio Padrão Cobertura Dossel	SDC	19.090	5.352	CV
Media Cobertura intermed	XM	47.802	23.759	FDS
Desvio Padrão Cobertura intermed	SDM	19.402	6.362	FDS
Media Cobertura rasteira	XG	39.069	14.330	FDS
Desvio Padrão Cobertura rasteira	SDG	19.595	10.011	FDS
Media Dossel+ intermed	XCM	82.893	29.638	FDS

Desvio Padrão Dossel+ intermed	SDCM	27.219	6.689	CV
Média Dossel+ intermed.lenho	XCMW	68.851	27.541	FDS
Desvio Padrão Dossel+ intermed.lenho	SDCMW	24.197	6.696	CV
Média Cobertura total	XCMG	121.962	39.636	FDS
Desvio Padrão Cobertura total	SDCMG	33.695	10.897	FDS
Média Cobertura lenhosa	XCMGW	95.310	39.109	CV
Desvio Padrão Cobertura Lenhosa	SDCMGW	28.018	7.903	FDS

Madeiras no leito do canal	Número Madeira no Leito / 150m - Classe de Tamanho 1	C1W_100	29.487	19.133	FDS
	Número Madeira no Leito / 150m - Classe de Tamanho 2	C2W_100	8.231	8.523	FDS
	Volume Madeira no Leito / 150m - Classe de Tamanho 1	V1W_100	8.414	11.174	FDS
	Número Madeira Leito / m2 - Classe de Tamanho 1	C1W_MSQ	0.109	0.057	FDS
Abrigos para biota	Média Abrigo - Madeira Grande	XFC_LWD	5.647	4.231	FDS
	Média Abrigo - Madeira Pequena	XFC_BRS	14.598	8.910	FDS
	Média Abrigo - Árvores Vivas	XFC_ROT	15.638	9.371	FDS
	Média Abrigo - Banco de Folhas	XFC_LEB	33.444	21.377	FDS
	Média Abrigo - Vegetação Pendurada	XFC_OHV	11.897	8.925	FDS
	Média Abrigo Total	XFC_ALL	83.995	29.431	FDS
	Média Abrigo Total + Algas e Macrófitas	XFC_TOT	90.253	32.340	FDS
	Média Abrigo Natural	XFC_NAT	83.628	29.427	FDS
	Abrigo Natural (Incluindo Banco de Folhas e Raízes Vivas)	XFC_LIF	83.628	29.427	FDS
	Média Abrigo Grande	XFC_BIG	8.418	6.834	FDS
Impacto Humano	Índice de Proximidade Impacto Total	W1H_HALL	0.532	0.441	FDS
Qualidade da água	Oxigênio dissolvido	DO	6.020	1.966	FDS

**Material suplementar 2.** Medidas morfológicas absolutas para tomada das características funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

<b>Medida morfológica</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>
Altura do pedúnculo caudal	APC	Máxima distância vertical entre as extremidades dorsal e o ventral do pedúnculo caudal.
Altura máxima da nadadeira peitoral	AMP	Distância máxima entre as margens dorsal e ventral da nadadeira peitoral totalmente distendida.
Altura máxima do corpo	AMC	Máxima distância vertical desde o dorso até o ventre.
Área da nadadeira peitoral (mm <sup>2</sup> )	ANP	Área da nadadeira peitoral a partir da inserção dos ossos hipurais.
Área do corpo (mm <sup>2</sup> )	ADC	Área total do corpo, excluindo a cabeça e as nadadeiras.
Comprimento da cabeça	CC	Distância desde a margem anterior da mandíbula superior até a extremidade posterior do opérculo.
Comprimento máximo da nadadeira peitoral	CMP	Máxima distância horizontal entre as margens anterior e posterior da nadadeira peitoral.
Comprimento do pedúnculo caudal	CPC	Distância horizontal entre a base da nadadeira anal e a margem posterior da última vértebra, medida na linha média do corpo.
Comprimento padrão	CP	Distância desde a margem anterior da mandíbula superior até a inserção dos ossos hipurais.
Largura do pedúnculo caudal	LPC	Máxima distância horizontal do corpo à altura do pedúnculo caudal.
Largura da boca	LB	Distância máxima horizontal da boca.
Largura máxima do corpo	LMC	Máxima distância horizontal do corpo.

---

Orientação da boca (°)	OB	Definida pelo ângulo formado entre o plano tangencial aos lábios e o plano perpendicular ao eixo longitudinal do corpo.
------------------------	----	---

---



**Material suplementar 3.** Valores das relações ecomorfológicas utilizadas como características funcionais quantitativas e categóricas para assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Os códigos das siglas estão dispostos no material suplementar 3.

<b>Espécies</b>	<b>ICC</b>	<b>ARC</b>	<b>CRPC</b>	<b>ICPC</b>	<b>ARN P</b>	<b>RANP</b>	<b>CRC</b>	<b>LRB</b>	<b>OB</b>	<b>Categorias</b>
<i>Aequidens tetramerus</i> (Heckel, 1840)	2,206	0,433	0,119	3,352	0,020	4,946	0,368	0,518	1,566	Coletor navegador
<i>Anablepsoides urophthalmus</i> (Günther, 1866)	1,020	0,173	0,193	5,910	0,014	3,663	0,260	0,479	2,431	Coletor de superfície diurnos
<i>Apistogramma agassizii</i> (Steindachner, 1875)	2,013	0,286	0,126	3,865	0,019	3,686	0,340	0,626	1,714	Escavador
<i>Apistogramma</i> gr. <i>regani</i> Kullander 1980	1,962	0,343	0,122	4,103	0,033	2,853	0,329	0,458	1,521	Escavador
<i>Bario steindachneri</i> (Eigenmann 1893)	2,518	0,441	0,091	3,282	0,014	2,224	0,258	0,546	1,637	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Brachyhypopomus brevirostris</i> (Steindachner, 1868)	1,580	0,079	0,212	3,486	0,001	1,719	0,094	0,451	1,427	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Brachyhypopomus</i> sp1	1,881	0,114	0,205	2,921	0,001	2,145	0,116	0,533	1,248	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Brachyhypopomus</i> sp2	2,310	0,105	0,140	1,857	0,085	2,021	0,136	0,034	1,380	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Brachyhypopomus sullivanii</i> Crampton, de Santana, Waddell & Lovejoy 2017	2,802	0,113	0,201	3,933	0,049	2,481	0,167	0,036	2,088	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Bryconops</i> sp1	2,179	0,211	0,101	2,478	0,052	4,097	0,279	0,071	1,593	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus 1758)	0,917	0,247	0,087	2,085	0,020	1,816	0,239	0,426	1,008	Coletor de substrato
<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1864)	3,278	0,494	0,084	2,874	0,043	5,684	0,253	0,397	2,645	Atacador de superfície
<i>Characidium</i> sp. n.	1,857	0,183	0,184	2,499	0,034	6,411	0,272	0,063	1,621	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Copella arnoldi</i> (Regan, 1912)	1,695	0,205	0,176	2,742	0,008	5,122	0,251	0,497	2,235	Coletor de superfície diurnos

<i>Crenicichla gr. saxatilis</i>	1,631	0,233	0,153	2,890	0,078	2,390	0,338	0,109	2,268	Predador de espreita e emboscada
<i>Crenicichla sp.</i>	1,387	0,194	0,137	3,985	0,014	3,132	0,338	0,576	2,088	Predador de espreita e emboscada
<i>Crenuchus spilurus</i> Günther 1863	2,037	0,278	0,134	3,041	0,011	2,155	0,329	0,562	1,820	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Curimatopsis crypticus</i> Vari, 1982	2,312	0,326	0,110	3,298	0,007	3,977	0,282	0,550	1,747	Coletor de substrato
<i>Curimatopsis evelynae</i> Géry 1964	2,224	0,323	0,097	3,377	0,036	3,468	0,284	0,108	1,750	Coletor de substrato
<i>Denticetopsis epa</i> Vari, Ferraris & de Pinna 2005	1,402	0,243	0,103	3,759	0,010	1,842	0,303	0,960	0,771	Coletor deriva crepúsculo noturnos
<i>Eigenmannia gr. trilineata</i> López & Castello 1966	2,905	0,119	0,253	3,087	0,002	1,976	0,097	0,571	1,185	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Eigenmannia sp.</i>	1,811	0,112	0,238	3,096	0,032	3,876	0,098	0,023	1,498	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Schneider 1801)	1,473	0,263	0,122	5,149	0,013	1,834	0,295	0,705	1,702	Predador de espreita e emboscada
<i>Farlowella amazonum</i> (Günther 1864)	0,738	0,050	0,472	0,574	0,002	3,333	0,254	0,577	0,000	Raspador
<i>Gladioglanis conquistador</i> Lundberg, Bornbusch & Mago-Leccia, 1991	0,823	0,099	0,125	3,702	0,003	3,623	0,229	0,815	2,084	Predador de fundo crepúsculo noturnos
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Miranda Ribeiro 1920)	1,353	0,071	0,025	5,033	0,002	0,752	0,112	0,737	2,517	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Gymnorhamphichthys petiti</i> Géry & Vu, 1964	1,665	0,114	0,028	4,171	0,002	1,122	0,120	0,725	2,326	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Gymnotus anguillaris</i> Hoedeman 1962	1,345	0,074	0,060	3,643	0,001	2,032	0,101	0,716	2,562	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	3,484	0,086	0,460	2,428	0,014	2,397	0,189	0,013	2,324	Coletor de invertebrados noturnos

<i>Gymnotus coropinae</i> Hoedeman, 1962	3,484	0,086	0,460	2,428	0,001	3,444	0,189	0,520	2,324	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Gymnotus</i> sp.	1,341	0,074	0,053	3,079	0,022	1,518	0,109	0,034	2,467	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Helogenes marmoratus</i> Günther, 1863	2,026	0,211	0,026	8,620	0,026	1,347	0,167	0,918	1,084	Coletor deriva crepúsculo noturnos
<i>Hemigrammus bellottii</i> (Steindachner, 1882)	2,158	0,239	0,117	3,612	0,008	6,918	0,259	0,558	1,806	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Hemigrammus levis</i> Durbin 1908	2,855	0,347	0,098	3,246	0,021	2,463	0,253	0,704	1,642	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Hemigrammus ocellifer</i> (Steindachner, 1882)	2,771	0,342	0,106	2,806	0,019	2,072	0,234	0,485	1,634	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Hemigrammus rodwayi</i> Durbin 1909	2,750	0,505	0,078	4,370	0,046	4,089	0,390	0,077	1,320	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Heros</i> sp,	2,990	0,308	0,108	3,155	0,080	4,545	0,241	0,078	1,824	Coletor navegador
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz 1829)	1,336	0,204	0,109	3,435	0,010	3,061	0,348	0,480	1,886	Predador de espreita e emboscada
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	1,367	0,230	0,154	2,350	0,065	1,904	0,290	0,138	1,813	Predador de espreita e emboscada
<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i> (Ulrey, 1894)	2,309	0,312	0,108	2,561	0,009	3,361	0,265	0,743	1,350	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Hypopygus lepturus</i> Hoedeman 1962	1,624	0,135	0,570	1,777	0,003	2,345	0,131	0,461	1,225	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Iguanodectes rachovii</i> Regan, 1912	2,038	0,225	0,084	2,450	0,009	2,970	0,237	0,738	1,907	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Ituglanis amazonicus</i> (Steindachner, 1882)	1,369	0,131	0,157	5,631	0,004	3,556	0,146	0,673	1,263	Predador de fundo crepúsculo noturnos
<i>Laetacara curviceps</i> Ahl 1923	2,286	0,346	0,088	5,835	0,085	4,621	0,271	0,102	1,758	Escavador

<i>Mastiglanis asopos</i> Bockmann 1994	0,978	0,121	0,206	1,531	0,017	35,496	0,228	0,824	1,048	Predador de espreita
<i>Megalechis picta</i> (Müller & Troschel 1849)	1,137	0,274	0,086	2,604	0,018	2,387	0,292	0,474	1,245	Coletor de substrato
<i>Megalechis thoracata</i> (Valenciennes 1840)	1,100	0,299	0,089	2,223	0,018	2,857	0,278	0,406	0,674	Coletor de substrato
<i>Melanorivulus</i> sp,	1,568	0,186	0,180	2,685	0,094	2,233	0,254	0,095	1,971	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Microcharacidium weitzmani</i> Buckup, 1993	1,764	0,094	0,405	1,852	0,001	2,526	0,131	0,385	1,328	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Microsternarchus bilineatus</i> Fernández-Yépez 1968	1,793	0,180	0,146	4,405	0,010	5,423	0,236	0,503	1,754	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Moenkhausia collettii</i> (Steindachner 1882)	2,880	0,365	0,100	3,067	0,022	1,915	0,234	0,638	1,575	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Moenkhausia comma</i> Eigenmann 1908	3,126	0,476	0,099	3,343	0,030	1,701	0,244	0,519	1,751	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Moenkhausia oligolepis</i> (Günther, 1864)	2,773	0,431	0,095	3,793	0,017	2,731	0,270	0,503	1,712	Coletor de deriva diurnos de canal
<i>Nannacara</i> cf, <i>taenia</i>	2,160	0,231	0,127	2,676	0,010	1,563	0,252	0,387	1,528	Escavador
<i>Nannostomus nitidus</i> Weitzman, 1978	1,846	0,342	0,061	6,615	0,029	3,051	0,322	0,398	1,582	Coletor de superfície diurnos
<i>Nannostomus trifasciatus</i> Steindachner, 1876	1,742	0,203	0,154	3,252	0,008	3,868	0,281	0,374	1,514	Coletor de superfície diurnos
<i>Phenacogaster</i> gr, <i>pectinatus</i>	3,364	0,332	0,051	3,711	0,063	3,313	0,252	0,065	1,478	Coletor de deriva diurnos de remanso
<i>Pimelodella geryi</i> Hoedeman 1961	1,585	0,187	0,147	2,946	0,043	1,878	0,218	0,102	0,936	Predador de fundo crepúsculo noturnos
<i>Pyrrhulina</i> aff, <i>brevis</i>	1,525	0,193	0,158	2,874	0,114	2,400	0,243	0,077	2,350	Coletor de superfície diurnos
<i>Pyrrhulina</i> sp, n.	1,686	0,226	0,139	4,069	0,010	4,083	0,258	0,553	2,211	Coletor de superfície diurnos

<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824)	1,160	0,185	0,225	2,921	0,015	1,896	0,247	0,704	1,186	Predador de fundo crepúsculo noturnos
<i>Rhamdia muelleri</i> (Günther, 1864)	1,249	0,200	0,216	2,366	0,096	2,017	0,235	0,122	1,097	Predador de fundo crepúsculo noturnos
<i>Rineloricaria</i> sp,	0,660	0,075	0,522	0,520	0,239	2,270	0,171	0,052	0,488	Raspador
<i>Satanoperca jurupari</i> (Heckel 1840)	2,241	0,336	0,135	2,545	0,139	2,904	0,398	0,116	1,295	Escavador
<i>Steatogenys duidae</i> (La Monte 1929)	3,162	0,212	0,522	1,403	0,073	2,461	0,142	0,061	0,989	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider 1801)	2,328	0,136	0,190	1,766	0,001	2,376	0,150	0,544	1,305	Coletor de invertebrados noturnos
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus 1766)	1,448	0,381	0,171	4,066	0,065	1,513	0,355	0,183	1,629	Coletor de deriva crepúsculo noturnos
<i>Trichomycterus hasemani</i> (Eigenmann, 1914)	0,731	0,140	0,192	2,941	0,004	5,843	0,199	0,460	0,656	Predador de fundo crepúsculo noturnos

**Material suplementar 4.** Variação média, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis da estrutura do hábitat local selecionadas através do *forward selection* para os riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

Variáveis hábitat	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
SUB_L	33,759	19,514	6,818	65,341
PROF_T	34,162	16,401	13,900	69,960
ABRI_AM	90,253	32,340	34,545	157,727
OXIG_D	6,020	1,966	2,870	9,120
ABRI_T	83,995	29,431	33,182	155,455
IMP_T	0,532	0,441	0,000	1,432

**Material suplementar 5.** Correlação entre as variáveis da estrutura do hábitat local dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Valores em negrito indicam forte correlação ( $r \geq 0,7$ ).

Variáveis hábitat	SUB_L	PROF_T	ABRI_AM	OXIG_D	ABRI_T	IMP_T
SUB_L	1,000	-0,618	0,170	-0,580	0,331	0,586
PROF_T	-0,618	1,000	0,119	0,465	-0,098	-0,135
ABRI_AM	0,170	0,119	1,000	-0,092	<b>0,866</b>	0,306
OXIG_D	-0,580	0,465	-0,092	1,000	-0,141	-0,461
ABRI_T	0,331	-0,098	<b>0,866</b>	-0,141	1,000	0,160
IMP_T	0,586	-0,135	0,306	-0,461	0,160	1,000

**Material suplementar 6.** Resultados das regressões lineares entre os eixos da PCA e variáveis da estrutura do hábitat local dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Valores de p foram corrigidos pela correção de *Bonferroni*.

PCA1	Código	R <sup>2</sup>	Valor de p	Valor de p corrigido
	SUB_L	0,001	0,842	0,008
	PROF_T	0,025	0,436	0,008
	ABRI_AM	0,014	0,554	0,008
	OXIG_D	0,026	0,427	0,008

ABRI_T	0,009	0,629	0,008
IMP_T	0,136	0,063	0,008
<b>PCA2</b>			
SUB_L	0,548	0,00002	0,008
PROF_T	0,16	0,042	0,008
ABRI_AM	0,021	0,478	0,008
OXIG_D	0,294	0,004	0,008
ABRI_T	0,002	0,808	0,008
IMP_T	0,249	0,009	0,008

**Material suplementar 7.** Lista das espécies registradas nos 26 riachos amostrados na bacia do Rio Capim no Município de Paragominas, Pará, Brasil.

<b>Táxon/Autoridade</b>	<b>Códigos</b>	<b>N</b>
<b>Characidae</b>		
<i>Bryconops</i> sp1	Br.sp1	131
<i>Moenkhausia collettii</i> (Steindachner 1882)	M.coll	37
<i>Moenkhausia comma</i> Eigenmann 1908	M.comm	4
<i>Moenkhausia oligolepis</i> (Günther, 1864)	M.oligo	35
<i>Bario steindachneri</i> (Eigenmann 1893)	B.stei	3
<i>Hemigrammus bellottii</i> (Steindachner, 1882)	H.bello	889
<i>Hemigrammus levis</i> Durbin 1908	H.levi	2
<i>Hemigrammus ocellifer</i> (Steindachner, 1882)	H.ocel	207
<i>Hemigrammus rodwayi</i> Durbin 1909	H.rodw	95
<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i> (Ulrey, 1894)	H.hete	3192
<i>Phenacogaster</i> gr, pectinatus	P.pect	3
<b>Crenuchidae</b>		
<i>Characidium</i> sp, n.	C.spn	10
<i>Crenuchus spilurus</i> Günther 1863	C.spil	250
<i>Microcharacidium weitzmani</i> Backup 1993	M.weit	698
<b>Curimatidae</b>		
<i>Curimatopsis crypticus</i> Vari 1982	C.cryp	18
<i>Curimatopsis evelynae</i> Géry 1964	C.evel	25
<b>Erythrinidae</b>		
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Schneider 1801)	E.eryt	150
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz 1829)	H.unit	2
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794)	H.mala	25
<b>Gasteropelecidae</b>		
<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1864)	C.stri	13
<b>Iguanodectidae</b>		
<i>Iguanodectes rachovii</i> Regan, 1912	I.rach	203
<b>Lebiasinidae</b>		
<i>Copella arnoldi</i> (Regan, 1912)	C.arno	1312
<i>Nannostomus nitidus</i> Weitzman, 1978	N.niti	12
<i>Nannostomus trifasciatus</i> Steindachner, 1876	N.trif	85
<i>Pyrrhulina</i> aff, <i>brevis</i>	P.brev	187

<i>Pyrrhulina</i> sp. n.	P.spn	206
<b>Cyprinodontiformes</b>		
<b>Cynolebiidae</b>		
<i>Melanorivulus</i> sp.	M.sp1	7
<i>Anablepsoides urophthalmus</i> (Günther, 1866)	A.urop	161
<b>Gymnotiformes</b>		
<b>Gymnotidae</b>		
<i>Gymnotus anguillaris</i> Hoedeman 1962	G.angu	1
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus 1758	G.cara	7
<i>Gymnotus coropinae</i> Hoedeman, 1962	G.coro	61
<i>Gymnotus</i> sp.	G.sp1	28
<b>Hypopomidae</b>		
<i>Brachyhypopomus brevirostris</i> (Steindachner, 1868)	B.brev	77
<i>Brachyhypopomus</i> sp1	B.sp1	114
<i>Brachyhypopomus</i> sp2	B.sp2	1
<i>Brachyhypopomus sullivanii</i> Crampton, de Santana, Waddell & Lovejoy 2017	B.sull	1
<i>Microsternarchus bilineatus</i> Fernández-Yépez 1968	M.bili	33
<b>Rhamphichthyidae</b>		
<i>Gymnorhamphichthys rondoni</i> (Miranda Ribeiro 1920)	G.rond	62
<i>Hypopygus lepturus</i> Hoedeman 1962	H.lept	36
<i>Steatogenys duidae</i> (La Monte 1929)	S.duid	6
<b>Sternopygidae</b>		
<i>Eigenmannia</i> gr, <i>trilineata</i> López & Castello 1966	Eig.tril	23
<i>Eigenmannia</i> sp.	Eig.sp1	2
<i>Sternopygus macrurus</i> (Bloch & Schneider 1801)	S.macr	2
<b>Cichliformes</b>		
<b>Cichlidae</b>		
<i>Aequidens tetramerus</i> (Heckel, 1840)	A.tetr	176
<i>Heros</i> sp.	H.sp1	1
<i>Apistogramma agassizii</i> (Steindachner, 1875)	A.agas	232
<i>Apistogramma</i> gr, <i>regani</i> Kullander 1980	A.rega	243
<i>Laetacara curviceps</i> Ahl 1923	L.curv	38
<i>Nannacara</i> cf, <i>taenia</i>	N.taen	81
<i>Satanoperca jurupari</i> (Heckel 1840)	S.jupu	1
<i>Crenicichla</i> gr, <i>saxatilis</i>	C.saxa	7
<i>Crenicichla</i> sp.	C.sp1	28
<b>Siluriformes</b>		
<b>Auchenipteridae</b>		
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus 1766)	T.gale	1
<b>Callichthyidae</b>		
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus 1758)	C.call	11
<i>Megalechis picta</i> (Müller & Troschel 1849)	M.pict	1
<i>Megalechis thoracata</i> (Valenciennes 1840)	M.thor	4
<b>Cetopsidae</b>		
<i>Denticetopsis epa</i> Vari, Ferraris & de Pinna 2005	D.epa	1
<i>Helogenes marmoratus</i> Günther 1863	H.marm	127
<b>Heptapteridae</b>		
<i>Mastiglanis asopos</i> Bockmann 1994	M.asop	2



1991	<i>Gladioglanis conquistador</i> Lundberg, Bornbusch & Mago-Leccia,	G.conq	1
	<i>Pimelodella geryi</i> Hoedeman 1961	P.gery	24
	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard 1824)	R.quel	19
	<i>Rhamdia muelleri</i> (Günther, 1864)	R.muel	6
	<b>Loricariidae</b>		
	<i>Farlowella amazonum</i> (Günther 1864)	F.amaz	5
	<i>Rineloricaria</i> sp.	R.sp1	4
	<b>Trichomycteridae</b>		
	<i>Ituglanis amazonicus</i> (Steindachner, 1882)	I.amaz	53
	<i>Potamoglanis hasemani</i> (Eigenmann, 1914)	T.hase	103
	<i>Paracanthopoma parva</i> Giltay 1935	P.parv	2
	<b>Synbranchiformes</b>		
	<b>Synbranchidae</b>		
	<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch 1795	S.marm	9
	<b>Total Geral</b>		<b>9596</b>

**Material suplementar 8.** Resultados das regressões lineares entre os eixos da PCA, variáveis da estrutura do hábitat local nas riquezas taxonômicas e funcionais das assembleias de peixes dos riachos amostrados na bacia do Rio Capim, no Município de Paragominas, Pará, Brasil. Valores de p foram corrigidos pela correção de *Bonferroni*.

Riqueza Taxonômica	Código	R <sup>2</sup>	Valor de p	Valor de p corrigido
	PCA1	0,117	0,086	0,025
	PCA2	0,000	0,985	0,025
	SUB_L	0,000	0,925	0,008
	PROF_T	0,056	0,240	0,008
	ABRI_AM	0,310	0,003	0,008
	OXIG_D	0,028	0,409	0,008
	ABRI_T	0,116	0,088	0,008
	IMP_T	0,153	0,047	0,008
<b>FRic</b>				
	PCA1	0,163	0,040	0,025
	PCA2	0,045	0,295	0,025
	SUB_L	0,049	0,274	0,008
	PROF_T	0,295	0,023	0,008
	ABRI_AM	0,266	0,007	0,008
	OXIG_D	0,001	0,859	0,008
	ABRI_T	0,062	0,219	0,008
	IMP_T	0,066	0,203	0,008

**Material suplementar 9.** Normas para publicação na revista *Hydrobiologia*.**GENERAL**

*Hydrobiologia* publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of *Hydrobiologia* comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and –oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test–objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

THERE IS NO PAGE CHARGE, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

**LANGUAGE**

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

**EDITORIAL POLICY**

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by

native English–speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor–in–chief. *Hydrobiologia* endeavours to publish any paper within 6 months of

acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

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](http://www.gbif.org)) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh ([www.freshwaterbiodiversity.eu](http://www.freshwaterbiodiversity.eu)).

## **CATEGORIES OF CONTRIBUTIONS**

There are four categories of contributions to Hydrobiologia:

[1.] Primary research papers generally comprise up to 25 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers **MUST** be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.

[2.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.

[3.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

[4.] Special section papers. Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

## **MANUSCRIPT SUBMISSION**

### *Manuscript Submission*

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

### *Permissions*

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

### *Online Submission*

Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

## **TITLE PAGE**

### Title Page

The title page should include: The name(s) of the author(s) A concise and informative title

The affiliation(s) and address(es) of the author(s)

The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

### Abstract

Please provide an abstract of 150 to 200 words. Abstracts longer than 200 words cannot be uploaded. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

The abstract should start with the aim of research, preferably a hypothesis to be tested, followed by the main methods used, major results obtained and implications of these findings that may be of interest to a wide and international, scientific audience. Numerical data in the abstract should be avoided as much as possible.

### Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes. Keywords should not include any word or term that already appears in the title.

## **TEXT**

### *Text Formatting*

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.

- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- Use the equation editor or MathType for equations.
- Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word versions).

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- LaTeX macro package (zip, 182 kB)

### *Headings*

Please use no more than three levels of displayed headings.

### *Abbreviations*

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

### *Footnotes*

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

### *Acknowledgments*

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page. The names of funding organizations should be written in full.

## **ADDITIONAL REMARK TEXT**

Do not include section numbers.

## **SCIENTIFIC STYLE**

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code

of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.

Genus and species names should be in italics.

#### Wording

Please, do not use words as “physicochemical”, “physico.chemical”, “physiochemical”, etc. “Physical and chemical” or, when appropriated, “physiological and chemical” or “biochemical” should be preferred.

## REFERENCES

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake.

*Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.

Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.

Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.

Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv fr Hydrobiologie* 131: 309–320.

## **TABLES**

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.
- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

## **ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES**

### *Electronic Figure Submission*

- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MSOffice files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

### *Line Art*

- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

### *Halftone Art*

- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

### *Combination Art*

- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.

- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

#### *Color Art*

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

#### *Figure Lettering*

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

#### *Figure Numbering*

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,
  - "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

#### *Figure Captions*

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.



- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

#### Figure Placement and Size

- Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

#### *Permissions*

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

#### *Accessibility*

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

## **ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL**

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever possible.

*Submission*

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

*Audio, Video, and Animations*

- Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- Maximum file size: 25 GB
- Minimum video duration: 1 sec
- Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts, m4v, 3gp

*Text and Presentations*

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

*Spreadsheets*

- Spreadsheets should be submitted as .csv or .xlsx files (MS Excel).

*Specialized Formats*

- Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

*Collecting Multiple Files*

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

*Numbering*

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM\_3.mpg”, “ESM\_4.pdf”.

*Captions*

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

*Processing of supplementary files*

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

*Accessibility*

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

**RESEARCH DATA POLICY**

A submission to the journal implies that materials described in the manuscript, including all relevant raw data, will be freely available to any researcher wishing to use them for non-commercial purposes, without breaching participant confidentiality.

The journal strongly encourages that all datasets on which the conclusions of the paper rely should be available to readers. We encourage authors to ensure that their datasets are either deposited in publicly available repositories (where available and appropriate) or presented in the main manuscript or additional supporting files whenever possible. Please see Springer Nature's information on recommended repositories.

## List of Repositories Research Data Policy

General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may be used where appropriate.

For more information:

Research Data Policy Frequently Asked Questions

*Data availability*

All original articles must include a Data availability statement. Data availability statements should include information on where data supporting the results reported in the article can be found including, where applicable, hyperlinks to publicly archived datasets analysed or generated during the study. By data we mean the minimal dataset that would be necessary to interpret, replicate and build upon the findings reported in the article. We recognise it is not always possible to share research data publicly, for instance when individual privacy could be compromised, and in such

instances data availability should still be stated in the manuscript along with any conditions for access. Data Availability statements can take one of the following forms (or a combination of more than one if required for multiple datasets):

1. The datasets generated during and/or analysed during the current study are available in the [NAME] repository, [PERSISTENT WEB LINK TO DATASETS]
2. The datasets generated during and/or analysed during the current study are not publicly available due [REASON WHY DATA ARE NOT PUBLIC] but are available [STATE CONDITIONS FOR ACCESS].
3. Data sharing not applicable to this article as no datasets were generated or analysed during the current study.
4. All data generated or analysed during this study are included in this published article [and its supplementary information files].

More examples of template data availability statements, which include examples of openly available and restricted access datasets, are available:

#### Data availability statements

The journal also requires that authors cite any publicly available data on which the conclusions of the paper rely in the manuscript. Data citations should include a persistent identifier (such as a DOI) and should ideally be included in the reference list. Citations of datasets, when they appear in the reference list, should include the minimum information recommended by DataCite and follow journal style. Dataset identifiers including DOIs should be expressed as full URLs.

#### *Research data and peer review*

Peer reviewers should consider a manuscript's Data availability statement (DAS), where applicable. They should consider if the authors have complied with the journal's policy on the availability of research data, and whether reasonable effort has been made to make the data that support the findings of the study available for replication or reuse by other researchers.

For the Data availability statement, reviewers should consider: Has an appropriate DAS been provided?

Is it clear how a reader can access the data?

Where links are provided in the DAS, are they working/valid?

Where data access is restricted, are the access controls warranted and appropriate?

Where data are described as being included with the manuscript and/or supplementary information files, is this accurate?

For the data files, where available, reviewers should consider:

Are the data in the most appropriate repository?

Were the data produced in a rigorous and methodologically sound manner?

Are data and any metadata consistent with file format and reporting standards of the research community?

Are the data files deposited by the authors complete and do they match the descriptions in the manuscript?

Do they contain personally identifiable, sensitive or inappropriate information?

Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be contacted at [researchdata@springernature.com](mailto:researchdata@springernature.com).

This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data repositories. It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices and does not advise on specific manuscripts.

Helpdesk

## **AFTER ACCEPTANCE**

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice and offprints.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

### *Copyright transfer*

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

### *Offprints*

Offprints can be ordered by the corresponding author.

### *Color illustrations*

Publication of color illustrations is free of charge.

### *Proof reading*

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

#### *Online First*

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

### **OPEN CHOICE**

Open Choice allows you to publish open access in more than 1850 Springer Nature journals, making your research more visible and accessible immediately on publication.

Benefits:

- Increased researcher engagement: Open Choice enables access by anyone with an internet connection, immediately on publication.
- Higher visibility and impact: In Springer hybrid journals, OA articles are accessed 4 times more often on average, and cited 1.7 more times on average\*.
- Easy compliance with funder and institutional mandates: Many funders require open access publishing, and some take compliance into account when assessing future grant applications.

It is easy to find funding to support open access – please see our funding and support pages for more information.

\*) Within the first three years of publication. Springer Nature hybrid journal OA impact analysis, 2018.

Open Choice

Funding and Support pages

*Copyright and license term – CC BY*

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution License.

Find more about the license agreement

### **ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS**

This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal with potential acts of misconduct.

Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal, the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific practice, which include:

- The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous consideration.
- The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”)).
- A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your conclusions.
- No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased), quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured for material that is copyrighted.
- Important note: the journal may use software to screen for plagiarism.
- Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the work has been carried out, before the work is submitted.
- Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the results.
- Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author, and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors are not accepted after acceptance of a manuscript.
- Adding and/or deleting authors and/or changing the order of authors at revision stage may be justifiably warranted. A letter must accompany the revised manuscript to

explain the reason for the change(s) and the contribution role(s) of the added and/or deleted author(s). Further documentation may be required to support your request.

- Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body and/or when there is agreement between all authors.
- Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples, records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is excluded.

If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures, including, but not limited to:

- If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- If the article has already been published online, depending on the nature and severity of the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper is maintained on the platform, watermarked "retracted" and explanation for the retraction is provided in a note linked to the watermarked article.
- The author's institution may be informed.

## **COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS**

To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.

Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance with Ethical Standards" when submitting a paper:

- Disclosure of potential conflicts of interest
- Research involving Human Participants and/or Animals



- Informed consent

Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e. single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your article check the instructions following this section carefully.

The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical standards and send if requested during peer review or after publication.

The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above- mentioned guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-mentioned guidelines.

## **DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST**

Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of potential conflicts of interests that are directly or indirectly related to the research may include but are not limited to the following:

- Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant number)
- Honoraria for speaking at symposia
- Financial support for attending symposia
- Financial support for educational programs
- Employment or consultation
- Support from a project sponsor
- Position on advisory board or board of directors or other type of management relationships
- Multiple affiliations
- Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)

- Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or personal beliefs that may influence your research.

The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found here:

The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest disclosure form(s).

See below examples of disclosures:

Funding: This study was funded by X (grant number X).

Conflict of Interest: Author A has received research grants from Company A. Author B has received a speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of committee Z.

If no conflict exists, the authors should state:

Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

## **ENGLISH LANGUAGE EDITING**

For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English you should consider:

- Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for clarity.
- Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing in English.
- Using a professional language editing service where editors will improve the English to ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service

and American Journal Experts. Springer authors are entitled to a 10% discount on their first submission to either of these services, simply follow the links below.

English language tutorial

Nature Research Editing Service American Journal Experts

Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before publication.