

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

**ANA PAULA DA SILVA BERTÃO**

Levantamento das passagens para peixes da bacia hidrográfica do rio Paraná e  
caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes

Toledo  
2018

**ANA PAULA DA SILVA BERTÃO**

Levantamento das passagens para peixes da bacia hidrográfica do rio Paraná e  
caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

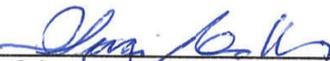
Orientador: Prof. Dr. Sergio Makrakis

Toledo  
2018

## ANA PAULA DA SILVA BERTÃO

Levantamento das passagens para peixes da bacia hidrográfica Paraná-Paraguai e caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, área de concentração Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, linha de pesquisa Manejo e Conservação de Recursos Pesqueiros de Águas Interiores, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

  
Orientador(a) – Sergio Makrakis

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Marechal Cândido Rondon  
(UNIOESTE)

  
Maristela Cavicchioli Makrakis

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - *Campus* de Toledo (UNIOESTE)

  
Elaine Antoniassi Luiz Kashiwaqui

Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul (UEMS)

Toledo, 5 de março de 2018.

Aprovada em:

Local de defesa: Auditório da Unioeste/*Campus* de Toledo.

Bertão, Ana Paula da Silva  
Levantamento das passagens para peixes da bacia hidrográfica do rio Paraná e caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes / Ana Paula da Silva Bertão; orientador(a), Sergio Makrakis, 2018.  
50 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Toledo, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2018.

1. Passagens para peixes. 2. Peixes migradores. 3. Conservação de bacias hidrográficas. 4. Comunidades aquáticas. I. Makrakis, Sergio . II. Título.

## **Levantamento das passagens para peixes da bacia hidrográfica do rio Paraná e caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes**

**Resumo.** Os ecossistemas aquáticos têm sido transformados pelos avanços de construções impactantes como barragens para usinas hidrelétricas e atividades agrícolas e pecuária extensiva. Estes impactos contribuem com a degradação da biodiversidade de florestas naturais e fragmentam os recursos hídricos. Esta pesquisa realizou o levantamento das passagens de peixes da bacia hidrográfica do rio Paraná e a caracterização do entorno dos sítios reprodutivos de peixes de quatro tributários do reservatório da usina de Porto Primavera. Para realização da pesquisa, foram utilizados para o levantamento, dados do Sistema e Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), como também pesquisas em artigo científicos, relatórios ambientais, por telefones, e-mails e em sites das empresas de energia. Para a caracterização do entorno dos sítios reprodutivos, utilizamos imagens de satélite do período de 2016 e 2017. Para a análise de classificação supervisionada, utilizamos o algoritmo de Máxima Verossimilhança e confirmada pela geoestatística com o índice *Kappa*. Foram identificados 362 empreendimentos em operação e apenas n=35; 8,8% com sistemas de passagens para peixes na bacia do rio Paraná, constituindo-se grande parte do tipo escada n=29; 85,2%. Na classificação verificou-se que a bacia hidrográfica do rio Verde, apresentou melhores condições de áreas de vegetação e as inundáveis indicando ser os locais escolhidos também entre as espécies de peixes. A bacia do rio Paraná está drasticamente desconectada evidenciado pelo elevado número de barragens hidrelétricas, que interrompem a viabilidade genéticas das espécies e que cerca de 90% dos empreendimentos não possuem STPs. As áreas de vegetação e as planícies inundáveis são habitats importantes com papel primordial na permanência e restauração das comunidades aquáticas, mantêm e conservam a diversidade aquática para as espécies de peixes migradores neotropicais.

**Palavras chaves adicionais-** Ictiofauna neotropical, Classificação do uso do solo; Máxima verossimilhança.

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Marine and Freshwater Research*. Disponível em: <<http://www.publish.csiro.au/mf/content>>

## Sumário

CAPÍTULO 1. CARACTERIZAÇÃO DAS PASSAGENS PARA PEIXES EM HIDRELÉTRICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANÁ .....	1
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
<i>Área de Estudo</i> .....	11
<i>Empreendimentos Hidrelétricos e Passagens para Peixes</i> .....	12
RESULTADOS .....	14
<i>Empreendimentos Hidrelétricos</i> .....	14
<i>Sistemas de Transposição Para Peixes</i> .....	14
DISCUSSÃO .....	17
REFERÊNCIAS .....	22
CAPÍTULO 2. INFLUÊNCIA DAS ÁREAS DE VEGETAÇÃO E PLANÍCIES INUNDÁVEIS PARA COMUNIDADE DE PEIXES EM QUATRO BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	9
INTRODUÇÃO.....	11
MATERIAL E MÉTODOS.....	12
<i>Área de Estudo</i> .....	12
<i>Materiais</i> .....	13
<i>Classificação Supervisionada</i> .....	14
RESULTADOS .....	15
DISCUSSÃO.....	18
REFERÊNCIAS .....	22

## **Capítulo 1. Caracterização das passagens para peixes em hidrelétricas na bacia hidrográfica do rio Paraná**

**Resumo.** Os ambientes aquáticos têm sido adversamente afetados por construções de barragens hidrelétricas. Estas construções, causam a interrupção dos rios e da conectividade dos fluxos genéticos de populações de peixes potamódromos. Os Sistemas de Transposição para Peixes (STPs) são utilizados para reestabelecer a conectividade da ictiofauna entre os ambientes afetados. Os STPs são estruturas consideradas facilitadoras das rotas dos peixes a ascenderem os obstáculos e completarem suas atividades reprodutivas ou alimentares. Este estudo realizou o levantamento dos empreendimentos hidrelétricos e a caracterização dos sistemas de transposição para peixes existentes na bacia do rio Paraná. Para realização da pesquisa, foram utilizados dados do Sistema e Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) dos empreendimentos em operação e em fase de licenciamento, como também a atualização e levantamento em artigo científico, relatórios ambientais, por telefones, email e nos sites das empresas de energia. Foram identificados 362 empreendimentos hidrelétricos em operação, verificou-se apenas 34 STPs na bacia do rio Paraná, constituindo-se grande parte do tipo escada (n=29; 85,2%). Este trabalho evidencia que a bacia do rio Paraná está drasticamente desconectada evidenciado pelo elevado número de barragens hidrelétricas que interrompem a viabilidade genéticas das espécies e que cerca de 90% dos empreendimentos não possuem STPs.

**Palavras chaves adicionais:** Peixes potamódromos; Migração de peixes; Sistemas de transposição para peixes.

**Abstract.** Aquatic environments have been adversely affected by hydroelectric dam constructions. These constructions cause the disruption of rivers and the connectivity of genetic flows of potamodromic fish populations. Fish Transposition Systems (STPs) are used to reestablish connectivity of the ichthyofauna between affected environments. STPs are structures considered to be facilitators of fish routes that ascend obstacles and complete their reproductive or feeding activities. This study carried out the survey of the hydroelectric projects and the characterization of the transposition systems for fish existing in the Paraná river basin. In order to carry out the research, data from the System and Geographic Information of the Electrical Sector (SIGEL), from the National Electric Energy Agency (ANEEL) were used for the projects in operation and in the licensing phase, as well as the updating and survey in a scientific article, reports environmental, telephone, e-mail and on the websites of energy companies. A total of 362 hydroelectric projects were identified in operation, only 34 STPs were found in the Paraná river basin, constituting a large part of the ladder type ( $n = 29$ , 85.2%). This work shows that the Paraná river basin is drastically disconnected, evidenced by the high number of hydroelectric dams that interrupt the genetic viability of the species and that about 90% of the enterprises do not have STPs.

Additional key words: Fish potamódromos; Fish migration; Transportation systems for fish.

## 1 **Introdução**

2  
3 As construções de usinas hidrelétricas no Brasil surgiram no final do século XIX, com o  
4 intuito de usufruir dos benefícios do uso múltiplo dos recursos hídricos, em especial a geração  
5 de energia (Agostinho *et al.* 2007a). A barragem hidrelétrica, é considerada um dos empreen-  
6 dimentos mais impactantes para as bacias hidrográficas (Anderson *et al.* 2014). Entre os im-  
7 pactos causados nas bacias, estão a regulação dos fluxos dos rios, a fragmentação do ecossis-  
8 tema e a mudanças na fisiologia (Agostinho *et al.* 2008). Além disso, as barragens causam  
9 alterações na biota aquática e o rompimento do equilíbrio longitudinal dos rios (Coelho, 2008),  
10 associam as perdas de biodiversidade, recursos biológicos e genéticos (Hilsdorf *et al.* 2006;  
11 Agostinho *et al.* 2007a; Barletta *et al.* 2010; Pelicice *et al.* 2014). Como também interferem na  
12 migração dos peixes, com o bloqueio da conectividade entre os habitats e os fluxos gênicos  
13 (Lucas & Baras, 2001; Carolsfeld *et al.* 2003; Dodd *et al.* 2017).

14 Este bloqueio prejudica a passagem de peixes migradores em águas continentais (pota-  
15 módromos) (Myers, 1949). Para reestabelecer a conectividade entre áreas a montante e a jusante  
16 da barragem, são construídos os sistemas de transposição para peixes (STPs) (Larinier, 2002;  
17 Bunt *et al.* 2012). Em sua definição básica STPs são estruturas para condução de água dissi-  
18 pando energia através de barragens, com a finalidade de fornecer passagem para os peixes sem  
19 estresse, atraso ou injúrias e, com baixo gasto energético (Clay, 1995; Larinier, 2002;  
20 Dvwk/Fao, 2002).

21 Em relação ao método de transposição dos peixes os STPs são divididos entre aqueles em  
22 que os peixes são conduzidos (eclusas e elevadores), e os mais comuns, em que os peixes pre-  
23 cisam utilizar esforço natatório para a transposição, como: canais seminaturais e escadas para  
24 peixes (Clay, 1995; Noonan *et al.* 2012). Canais seminaturais além de proporcionar a conecti-  
25 vidade para as espécies de peixes entre habitats de montante e jusante, também fornecem maior  
26 proximidade com o habitat natural com a presença invertebrados e macrófitas (Dvwk/Fao,  
27 2002; Calles & Greenberg, 2009; Gustafsson *et al.* 2013; Dodd *et al.* 2017). As escadas também  
28 fazem a conexão entre montante e jusante e possuem vários tipos, que variam em função do  
29 tipo de dissipador de energia (*weirs*). Consequentemente recebem diferentes nomenclaturas  
30 como: *pool & Weir* e *vertical slot* entre outras, mas são menos semelhantes ao habitat natural,  
31 em relação aos canais seminaturais.

32 Os grandes rios da América do Sul, foram amplamente fragmentados pelas barragens de  
33 hidrelétricas para atender à crescente demanda de energia. Inúmeras hidrelétricas foram pro-

34 postas, milhares delas construídas, outras em construção e várias em consideração, especial-  
35 mente na bacia do Rio Paraná (Agostinho & Gomes, 2007) e recentemente na região amazônica  
36 (Latrubesse *et al.* 2017).

37 As passagens construídas na América do Sul, seguem o mesmo princípio dos STPs para  
38 salmonídeos de regiões temperadas, tais como particularidades no dimensionamento, atributos  
39 hidráulicos e de declividade (Quirós & Cuch, 1989; Larinier, 2002a; Fernández, *et al.* 2007).  
40 No entanto, alguns destes aspectos diferem totalmente para espécies da região neotropical,  
41 como características ambientais, comportamentais e fisiológicas das espécies potamódromas  
42 (Martins, 2005). Estes aspectos, têm gerado sérios problemas para as espécies neotropicais, pois  
43 foram negligenciados na execução de projetos brasileiros (Martins, 2005).

44 No Brasil, são encontrados três tipos de STPs: os elevadores, o canal lateral e as escadas  
45 para peixes. A escada é mais comum, pois mantém livre a movimentação do fluxo (Makrakis  
46 *et al.* 2007). A implementação de escadas no Brasil é obrigatória, prevista em leis estaduais, em  
47 cursos hídricos interrompidos ou em barragens já construídas (Martins, 2005). O primeiro STP  
48 construído no Brasil, foi a escada para peixes no rio Atibaia em 1906, na barragem de Salto  
49 Grande-SP (Quirós, 1989; Martins, 2000). Posteriormente, outros projetos foram construídos,  
50 obrigatoriamente previstos pela lei estadual de São Paulo, nº 2.250, de 28/12/1927, no qual  
51 obrigava a construção de sistemas de passagens. No entanto não havia qualquer estudo ou ava-  
52 liação da comunidade íctica, para que os STPs fossem construídos de forma adequada (Martins,  
53 2000).

54 Logo, baseado em experiências Norte Americanas, houve estagnação das instalações das  
55 passagens, alegando que a fauna aquática neotropical não possuía comportamentos migratórios  
56 (Martins, 2000). No entanto, existe um Projeto de Lei federal nº 4630 de 1998, que se encontra  
57 arquivado, no qual estabelece a obrigatoriedade na implantação de passagens para peixes em  
58 barragens construídas em cursos d'água de domínio da União. Os projetos estaduais que pos-  
59 suem vigência são: o estado do Pará, nº 5.886 de 07/04/1995; Minas gerais nº 12.488, de  
60 09/04/1997; São Paulo nº 9.798 de 07/ 10/1997 (Silva, 2012) e Paraná nº 15.446 de 15/01/2007.

61 Para efetivar a implantação de STPs, existem vários atributos necessários para o funcio-  
62 namento do sistema, como reestabelecer a conexão entre os habitats fragmentados pelas barra-  
63 gens hidrelétricas e garantir a conectividade longitudinal dos fluxos gênicos das comunidades  
64 aquáticas (Jansson *et al.* 2000; Tummers *et al.* 2016; Dodd *et al.* 2017). Manter a integridade  
65 ecológica dos rios e da planície de inundação (Ward & Stanford, 1995). Assim como, conhecer

66 a biologia e comportamento das espécies migradoras, velocidades suportadas pelas espécies e  
67 condições hidráulicas (Santos, 2004; Makrakis, 2007a).

68 Vários estudos na região neotropical, têm mostrado que escada para peixes em operação  
69 em hidrelétricas tem cumprido a função de conectividade entre os fluxos genéticos, possibili-  
70 tando a movimentação longitudinal e lateral dos peixes de jusante para montante e vice-versa  
71 (Makrakis, *et al.* 2012a; Makrakis, *et al.* 2015). Exemplo desta premissa é a escada para peixes  
72 da UHE de Porto Primavera, com a espécie *Prochilodus lineatus*, que apresentou fluxo genético  
73 entre diversos tributários, em um longo trecho do rio Paraná (Ferreira *et al.* 2016), buscando  
74 tributários do reservatório daquela barragem, como locais preferenciais de desova (Silva *et al.*  
75 2015).

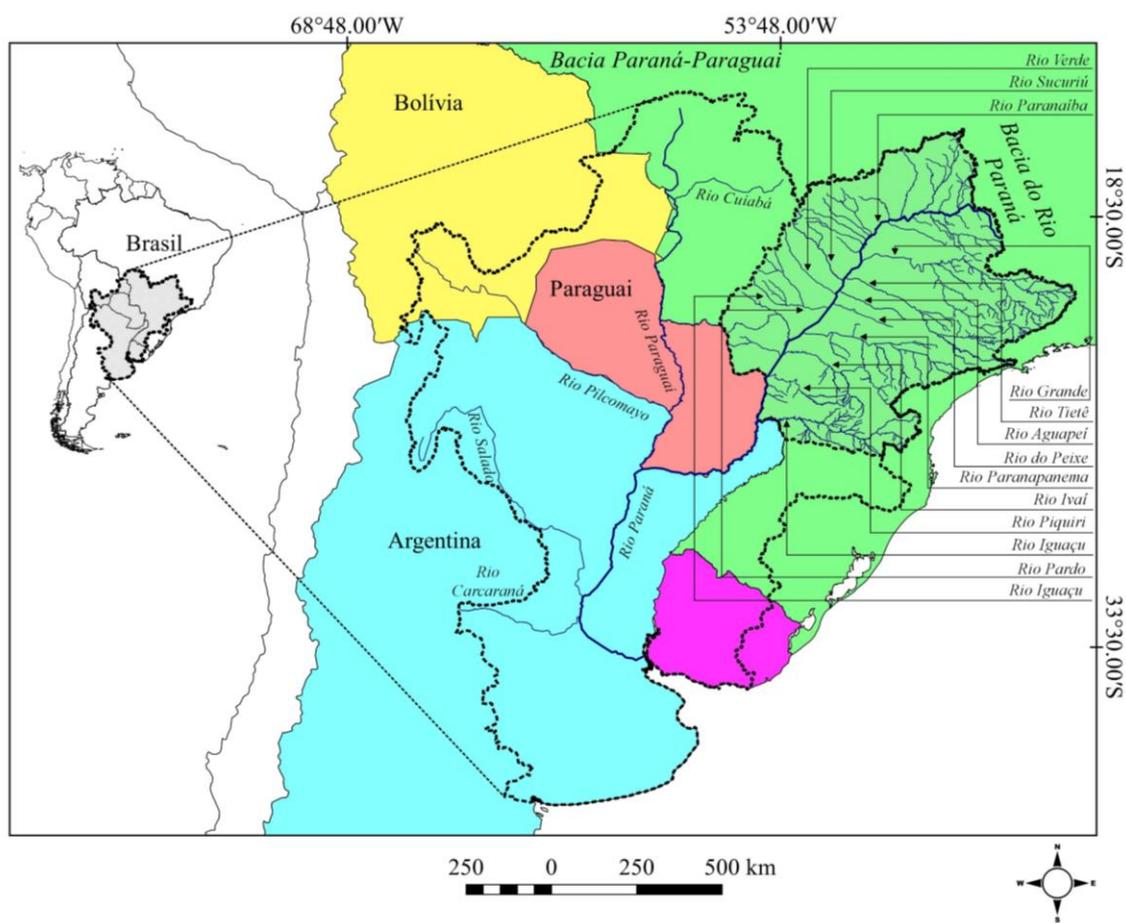
76 A existência e ampliação dos empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Paraná, como  
77 em outras grandes bacias na América do Sul (exemplo: bacia Amazônica) (Zarfl *et al.* 2015;  
78 Lira *et al.* 2017; Timpe & Kaplan, 2017) vem causando e ampliará perdas inestimáveis princi-  
79 palmente para as espécies de peixes migradoras. E, muito pouco se sabe sobre as quantidades,  
80 os tipos e dimensões dos STPs construídos que assegurem a conectividade para os peixes pota-  
81 módromos. A realização de diagnóstico sobre as características, bem como conhecer os empre-  
82 endimentos hidrelétricos que não possuem STPs em operação, são informações imprescindíveis  
83 no sentido de melhorar e restabelecer a conectividade dos rios, buscando viabilizar o fluxo ge-  
84 nético, para as espécies de peixes migradoras (Makrakis *et al.* 2015). Assim, este estudo reali-  
85 zou o levantamento dos empreendimentos de barragens das usinas hidrelétricas e a caracteriza-  
86 ção dos seus sistemas de transposição para peixes existentes na bacia do rio Paraná, a mais  
87 regulada da América do Sul, focando sobre a bacia do rio Paraná e seus principais tributários.

## 88 **Material e Métodos**

### 89 ***Área de Estudo***

90 A bacia do rio Paraná possui extensão de 330.445.869 hectares, compõe a segunda maior  
91 zona húmida da América do Sul (Reis *et al.* 2016) (Fig.1).  
92  
93  
94  
95  
96  
97

Fig 1. Mapa representando a área total da bacia hidrográfica do rio Paraná e em tracejado a parte brasileira.



98 O rio Paraná é formado pela confluência dos rios Paranaíba e Grande (Agostinho *et al.*  
 99 2007a), possui largura de 1 km (Garrone Neto *et al.* 2007) abriga tributários importantes como  
 100 s rios Grande, Paranaíba, Tietê, Paranapanema, Verde e Sucuriú (Souza, 2000). Este sistema  
 101 fluvial contempla áreas no Brasil, Paraguai, Bolívia, Argentina e Uruguai. A calha principal do  
 102 rio Paraná tem cerca de 4.000 km de comprimento e a carga anual de sedimentos superior a 150  
 103 milhões de toneladas (Orfeo & Stevaux, 2002).

104  
 105 ***Empreendimentos Hidrelétricos e Passagens para Peixes***  
 106

107 O levantamento das hidrelétricas existentes na bacia do rio Paraná foi realizado entre  
 108 maio a julho de 2017 a partir da coleta de dados na base do Sistema de Informações Geográficas  
 109 do Setor Elétrico (SIGEL), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no formato  
 110 Shapefile processado pelo Sistema de informação Geográfico (SIG) e KMZ (Jensen, 1996; Ne-  
 111 teler & Mitasova, 2008). Os dados para composição da área da bacia hidrográfica do rio Paraná  
 112 foram obtidos do *World Wildlife Fund* (WWF) e também proposto por Reis *et al.* (2016) na

113 qual destacamos a parte brasileira da área de estudo, por obter nelas a concentração das infor-  
114 mações sobre os empreendimentos hidrelétricos. Estes dados foram processados no QGIS para  
115 a composição dos mapas. Foi abordada a metodologia descritiva, na qual buscou pela observa-  
116 ção e registro dos dados, apresentando uma investigação descritiva dos fatos, fenômenos ou da  
117 realidade, como proposto por Prodanov e Freitas (2013).

118 As usinas hidrelétricas foram classificadas baseadas de acordo com no relatório da  
119 ANEEL de 2008, que determina se a usina é de pequeno, médio ou grande porte, respectiva-  
120 mente em: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) (igual ou inferior a 3 Megawatts MW de  
121 potência instalada<sup>1</sup>), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) (superior a 3 MW até 30 MW de  
122 potência instalada e com área inferior a 3 km<sup>2</sup>), e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE) (superior  
123 a 30 MW e área superior a 3 km<sup>2</sup>). Foram contabilizados empreendimentos em função da po-  
124 tência instalada, localização geográfica, idade média de construção e dimensões físicas das bar-  
125 ragens.

126 As informações quanto aos sistemas de transposição, existentes ou não, nas usinas hidre-  
127 létricas em operação foram obtidas por meio de contatos por telefone, e-mails, relatórios de  
128 monitoramento (Sanchez, 2006; Morgan, 2012), artigos científicos e pelo SIG (QGIS) (Jensen,  
129 1996). Das 362 hidrelétricas em operação, foi possível obter dados de 80 (22,1%) usinas, du-  
130 rante o período de junho a novembro de 2017.

131 Para a caracterização dos STPs em funcionamento, foi considerado o comprimento, pro-  
132 fundidade, largura, posição do sistema em relação a casa de força, áreas de descanso, vazão em  
133 m<sup>3</sup>/s, desnível entre montante e jusante. Para este levantamento utilizamos os empreendimentos  
134 que estavam em fase de operação. Para a descrição dos STPs, do tipo escadas, foi utilizado as  
135 seguintes recomendações: Escadas com soleira ou degrau ou *pool & Weir*, quando esta for em  
136 tanques em série ou escalonados em forma de degraus, na qual dispõem de orifício de fundo  
137 submersos ou na superfície (Dvwk/Fao, 2002; Larinier, 2002; Martins, 2005); Escada com  
138 fenda vertical ou *vertical slot*, quando baseada em canais retangulares com declives e com pa-  
139 redes transversais dispostas em fendas alternadas (Rajaratnam *et al.* 1986). Para as demais, na  
140 qual não foi possível verificar a categoria utilizamos apenas escadas.

141 Não foi possível detectar quaisquer resultados sobre os STPs, que possam estar localiza-  
142 dos nos empreendimentos na Argentina, Bolívia e Uruguai. Com as informações adquiridas,  
143 foram criadas bases de dados geográficos, posteriormente utilizados na confecção dos mapas

---

<sup>1</sup> A potência instalada determina o porte da usina geradora para fins de outorga, regulação e fiscalização, definida pelo somatório das potências elétricas ativas nominais das unidades geradoras (Aneel, 2017).

144 para as três classificações, representando a distribuição espacial dos empreendimentos, com e  
145 sem os STPs distribuídos na bacia hidrográfica do rio Paraná.

## 146 **Resultados**

### 147 ***Empreendimentos Hidrelétricos***

148 Um total de 362 (30,4%) usinas hidrelétricas em operação foram encontradas para a  
149 bacia do rio Paraná. Visto que 1.189 usinas está prevista na região, destas a maioria estão em  
150 estudos ou até mesmo autorizada a construção (n = 827; 69,6%). Para as futuras instalações, as  
151 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) lideram no crescimento, previsto um aumento de 7,0  
152 vezes sob as usinas já instaladas, que representaram 72 unidades em operação na região da bacia  
153 do rio Paraná (Tabela 1).  
154

**Tabela 1. Número de empreendimentos hidrelétricos em fase de operação e em estudos na bacia do rio Paraná.**

Empreendimentos	Operação	Estudos	Total
Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE)	86	86	172
Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)	72	526	598
Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH)	204	215	419
Total	362	827	1.189

155 Como parte da descrição das características físicas dos empreendimentos, as Usinas Hi-  
156 drelétricas (UHEs) se destacam com o maior comprimento e altura de barragem. A idade média  
157 do período de construção dos empreendimentos a PCH foi a mais representativa (Tabela 2).

**Tabela 2. Características físicas e anos de construção dos empreendimentos.**

	UHE		PCH		CGH	
	Comprimento	Altura	Comprimento	Altura	Comprimento	Altura
Máximo (m)	10.400,0	196,0	1.810,0	95,0	350,0	55,0
Média (m)	1.399,6	57,5	398,9	20,7	111,0	10,9
Mínimo (m)	23,0	2,0	50,0	2,1	12,3	1,0
Período médio de construção (anos)	40,0		52,5		39,0	

### 158 ***Sistemas de Transposição Para Peixes***

159 Em 32 usinas em operação (n=362; 30,4%), apresentaram 34(8,8%) STPs na bacia do  
160 rio Paraná, distribuídas entre os empreendimentos nas categorias UHE (n=14; 37,5%), PCH  
161 (n=16; 50,0%) e CGH (n=4; 12,5%). Os rios Paraná e Paranapanema representaram as maiores  
162 quantidades de STPs, juntos dispõem de 10 passagens para peixes, o que correspondem a 29,4%  
163 (Tabela 3). Os empreendimentos que possuem passagens estão presentes tanto nas calhas dos  
164 rios principais, constituído pelo rio Paraná, Paranapanema, Grande, Tietê e Piquiri, como nos  
165 tributários, sendo eles Sapucaí, Sorocaba e Pardo. Entre os Sistemas de passagens, as escadas  
166  
167

168 são as mais evidentes correspondendo a (n=29; 85,2%), seguidas pelos elevadores (n=4; 11,7%)  
 169 e o canal lateral (n=1; 2,1%). Entre as passagens do tipo escadas, (n=17; 58,6%) não foi possível  
 170 diferenciar a categoria. No entanto a degrau tanque representou (n=6;20,7%), seguida pelas de  
 171 orifício de fundo com 17,3% e orifício de fundo (n=1; 3,4%) (Tabela 3).

172

173 **Tabela 3. Tipos de STPs da bacia do rio Paraná, Escada (Es), Degrau-tanque (De), Fenda vertical (Ve),**  
 174 **Orifício (Or), Elevador (El) e Canal lateral (Ca).**

175

<b>Empreendimentos</b>	<b>Rios</b>	<b>STPs</b>	<b>Referências</b>
Itaipu	Paraná	Ca	Makrakis (2007b)
Governador Jayme Canet	Tibagi	De	Martins (2005)
Eng. Sergio Motta	Paraná	De	Martins (2005)
Funil	Grande	El	Martins (2005); Makrakis ( <i>et al.</i> 2012b)
Eng. Sergio Motta	Paraná	El	Martins (2005); Makrakis ( <i>et al.</i> 2012b)
Yacyretá	Paraná	El	Martins (2005); Oldani (2007)
Yacyretá	Paraná	El	Oldani (2007)
Paranapanema	Paranapanema	Es	Google Earth
Ourinhos	Paranapanema	Or	Martins (2005); Arcifa e Esguícero (2012)
Piraju	Paranapanema	Or	Martins (2005)
Canoas I	Paranapanema	Or	Agostinho ( <i>et al.</i> 2007a); Martins (2005)
Canoas II	Paranapanema	Or	Agostinho ( <i>et al.</i> 2007a); Martins (2005)
São Domingos	Verde	Or	Google Earth
Igarapava	Grande	Ve	Google Earth; Bizzoto (2006)
Gavião Peixoto	Jacaré-Açú	De	Martins (2005)
Dourados	Sapucaí-Mirím	De	Martins (2005)
Itaipava	Pardo	De	Martins (2005)
Salto Grande	Atibaia	De	Martins (2005)
Retiro	Sapucaí	Es	Google Earth; CTG Brasil
Anhanguera	Sapucaí	Es	Google Earth
Emas novas	Mogi-Guaçu	Es	Google Earth
San Juan	Sorocaba	Es	Google Earth
São Joaquim	Sapucaí	Es	Google Earth
Mogi-Guaçu	Mogi-Guaçu	Es	Google Earth
Palmeiras	Sapucaí-Mirím	Es	Souza ( <i>et al.</i> 2012)
São José	Jaguari-Mirím	Es	Google Earth
Cachoeira Poção Preto II	Itararé	Es	Google Earth
Jataí	Claro	Es	Google Earth
Cachoeira Poção Preto I	Itararé	Es	Google Earth
Ypê	Verdão	Es	Google Earth
Corumbataí	Corumbataí	Es	Google Earth
Luiz Queiroz	Piracicaba	Es	Google Earth
Quatiara	Do Peixe	Es	Google Earth
Salto Moraes	Tijuco	Es	Google Earth

176

177 A localização dos STPs é um dos requisitos que facilitam a orientação dos peixes a  
 178 encontrar a entrada da escada. Em nosso estudo apenas (n=8; 23,5%), dos STPs estão localiza-  
 179 dos na mesma margem, em que estão localizadas a casa de força da usina hidrelétrica. Em  
 180 relação ao comprimento (L) e largura (B) das escadas para peixes, as maiores dimensões foram  
 181 respectivamente L= 10.000 m e B= 5,0 m. A declividade máxima apresentada foi de 26,0 m e  
 182 a mínima de 7,0 m. O comprimento mínimo dos tanques de descanso corresponde a 16,0 m  
 183 (Tabela 4).

184 Cerca de 6 empreendimentos estão situados na calha do rio Paraná que é o canal principal,  
 185 destes em torno de (n=3; 50,0%) possuem sistemas. Nos principais tributários que compõe a  
 186 bacia, respectivamente os rios Grande, Paranaíba, Tietê, Iguaçu, Pardo, Aporé, Verde, Sucuruí,  
 187 Piquiri e Paranapanema, possuem um total de 48 empreendimentos, apenas (n=9;18,9%) pos-  
 188 suem passagens. De maneira geral, os sistemas estão localizados principalmente no estado de  
 189 São Paulo (SP) ou na fronteira estadual, o que pode estar associado com o maior período de  
 190 vigência da legislação correspondente aos STPs (Lei 9.789 de 07/10/1997), o que indica uma  
 191 maior atenção aos afluentes pertencentes a este território (Fig. 2).

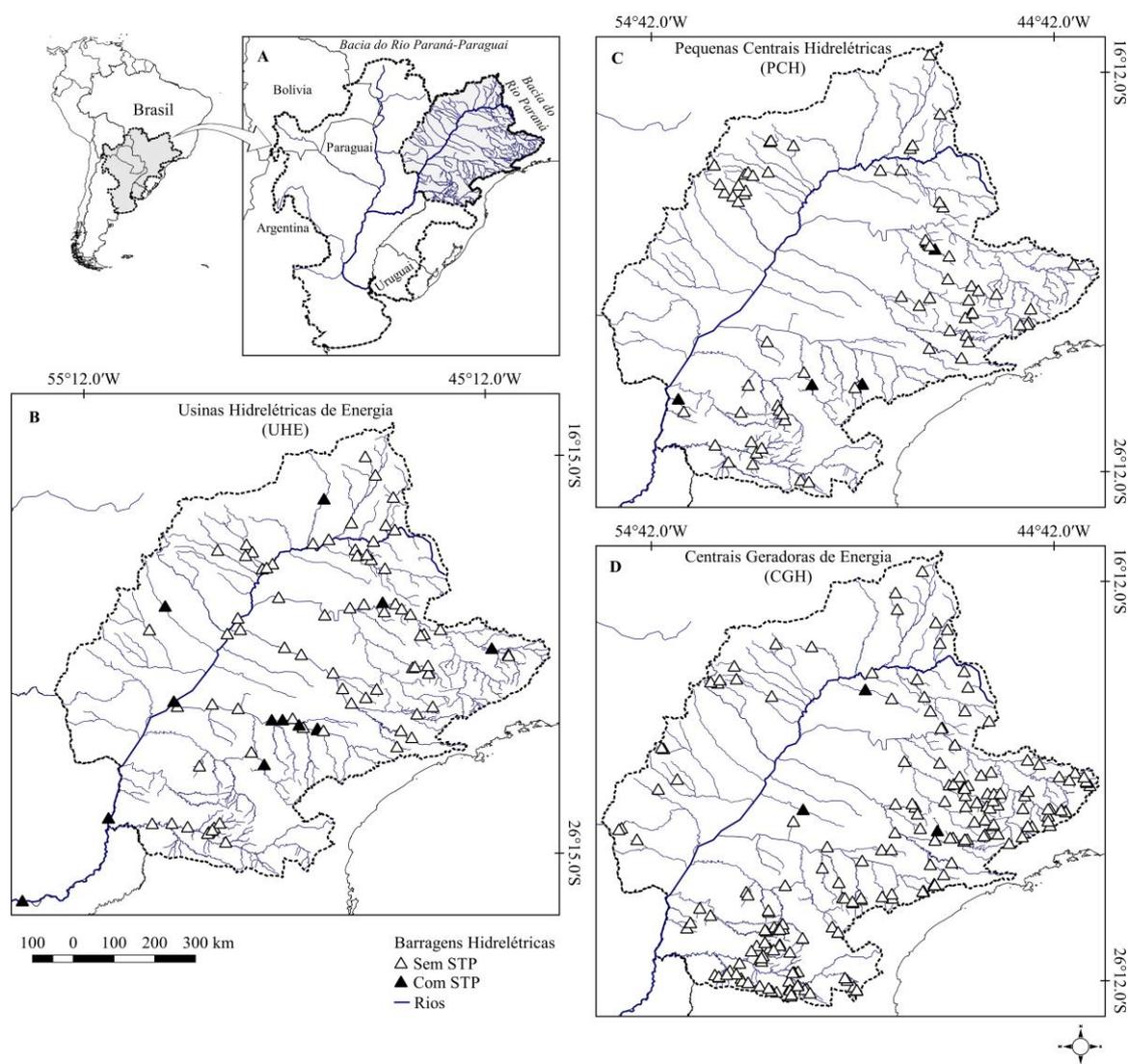
**Tabela 4. Descrição dos dimensionamentos dos STPs os quais foram possíveis obter informações, onde (L-Comprimento), (B-Largura), (h-Altura), (I-Declividade), (Q-Vazão), (N- Número de tanques), (b-Largura), (c x d-Orifício de fundo), (S\*-Superficial), (O\*-Orifício), (\*\*-Desativadas), (?-Não possui informação).**

Empreendimentos	STPs					Tanques		
	Posição em relação a casa de força	L x B x h (m)	I (m)	Q (m³/s)	N	Defletores b x c x d (m)	N	Descanso L x c x d (m)
Igarapava	Mesma margem	270,0x3,0x3,0	17,0	2,0 - 6,0	87	3,0x3,0x0,4	1	
Ourinhos	Oposto da margem	386,0x1,0x1,0	12,7				3	?x0,5x0,4;?x0,8x0,4;? x2,7x0,4
Piraju	Oposto da margem	?x3,5x1,0	26,0				3	?x0,5x0,4;?x0,8x0,3;? x2,7x0,2
Canoas I**	Mesma margem	210,5x3,5x1,0	23,0	1,1	57			
Canoas II**	Mesma margem	228,1x3,5x1,0	23,0	1,1	62			
São Domingos	Mesma margem	3,0x3,0x1,6		0,3		O*(0,5x0,5)	4	
UHE Eng. Sergio Motta	Oposto da margem	29,0x?x?		1,5 - 2,5				
Eng. Sergio Motta	Mesma margem	472,5x5,0x2,0	19,5	1,3 - 3,5	49	6,5-8,2x0,4 x0,4	3	16,0x5,0x0,4; 24,5x5,0x0,4; 18,1x5,0x0,4
Itaipu	Mesma margem	10.000x?x?						
Yacyretá		15m³/ 16 t/dia		0,3 - 2,4				
Yacyretá		15m³/ 16 t/dia						
Paranapanema Governador Jayme Canet Funil								
Retiro	Mesma margem	256,6x3,0x1,0	20,0		48	3,0x1,0x?		
Anhanguera	Mesma margem	243,0x3,0x1,2	17,0	0,5	38			
Dourados	Mesma margem		8,0					
Itaipava	Oposto da margem		7,0					
Palmeiras			16,4	1,8	46	3,0x?x?		
PCH Emas novas San Juan Gavião Peixoto São Joaquim Salto Grande Mogi-Guaçu São José Cachoeira Poção Preto II								

Empreendimentos	STPs				Tanques			
	Posição em relação a casa de força	L x B x h (m)	I (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	N	Defletores b x c x d (m)	N	Descanso L x c x d (m)
PCH	Cachoeira Poção							
	Preto I							
	Jataí							
	Ypê							
CGH	Quatiara	Oposto da margem		15,0				
	Corumbataí							
	Luiz de Queiroz							
	Salto Moraes							

192

**Fig. 2.** Mapa da bacia hidrográfica do rio Paraná: A) localização geral da bacia; B) Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE); C) Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH); e D) Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH).



193

## Discussão

194

O número de passagens para peixes na bacia do rio Paraná é insatisfatório, pois apenas

195

8,8% do total de usinas (n=362) em operação apresentam STPs. Este cenário pode evidenciar

196 ainda mais o impacto das barragens hidrelétricas sobre os ambientes fluviais e as comunidades  
197 aquáticas, causando a fragmentação dos fluxos genéticos (Junk *et al.* 1989; Makrakis *et al.*  
198 2012a). Considerando os raros casos de barragens, que previamente possuíam barreiras naturais  
199 próximas, como cachoeiras intransponíveis a sua jusante ou montante, ou talvez a passagem  
200 para peixes ser uma armadilha ecológica (Agostinho *et al.* 2008), situações em que são discu-  
201 tíveis quanto a implantação de STPs, a grande maioria das barragens demanda obrigatoriamente  
202 restabelecer a conectividade de fluxo genético por meio de um canal lateral seminatural ou uma  
203 escada para peixes.

204 O número de usinas hidrelétricas vem aumentando continuamente a nível mundial (Zarfl,  
205 2015). De acordo com dados do Banco de Informações de Geração (BIG), da ANEEL, a capa-  
206 cidade instalada total do sistema elétrico brasileiro, no final de 2014 era de aproximadamente,  
207 134 mil MW (EPE, 2015). A maior parte desses empreendimentos estão concentrados na região  
208 da bacia hidrográfica do rio Paraná, apresentando 1.189 usinas. Destas, 69,6% estão em fase de  
209 estudo, ou sendo autorizadas para a construção. Desta forma, caso esses futuros empreendimen-  
210 tos não disponibilizem a conectividade por meio de passagem para peixes, a bacia do rio Paraná  
211 irá potencializar, ainda mais a deriva genética e conseqüentemente a redução dos seus estoques  
212 pesqueiros (Makrakis *et al.* 2012c).

213 Os empreendimentos apresentaram média de altura de barragem para as categorias res-  
214 pectivamente, de 57,5 m (UHE), 20,6 m (PCH) e 10,8 m (CGH), estas proporções são conside-  
215 radas de grandes barragens, por atingirem alturas maiores que 10,0 m (Carolsfeld *et al.* 2003;  
216 Agostinho *et al.* 2007a). Diante desses valores, fica evidente que as barragens hidrelétricas são  
217 intransponíveis, quando não dispõem de passagens para peixes. Dos 34 STPs encontrados  
218 neste estudo, concentrados nos rios Paraná e Paranapanema em maior quantidade. Na América  
219 do Sul apresentam 16 STPs (Pompeu *et al.* 2012), Lira *et al.* (2017) em recente levantamento  
220 apontaram a existência de 25 STPs distribuídos em diversas bacias hidrográficas, destes, 13  
221 (52,0%) estão localizados na bacia do rio Paraná, e entre os sistemas instalados, a maioria é do  
222 tipo escada. No território brasileiro, há informação de 38 STPs (Martins, 2005).

223 A passagem do tipo escada foi mais representativa, dentre as identificadas (41,4%), a  
224 degrau ou soleira (*pool & weir*) foi a mais evidente (20,7%) e os menos representativos foram  
225 o canal lateral (*bypass channel*) (2,1%) e os elevadores (*fish lift*) (11,7%). A passagem do tipo  
226 degrau ou soleira é a mais encontrada entre os sistemas em todo o mundo (Clay, 1995; Kato-  
227 podis *et al.* 2005; Makrakis *et al.* 2007a; Noonan *et al.* 2012). Este sistema garante atratividade

228 por meio dos fluxos, beneficiando espécies potamódromas e diádromas (Bunt *et al.* 2012), po-  
229 dendo atribuir a possibilidade de diferenças nas condições do fluxo hídrico (Pratt *et al.* 2006;  
230 Naughton *et al.* 2007), o que favorece espécies com hábitos distintos, como as que possuem  
231 alta capacidade de natação e com limitações natatórias (Mcleod & Nemenyi, 1940; Katopois &  
232 Willians, 2012; Fuentes-Pérez, 2016).

233 O sistema categorizado como canal lateral foi designado como único na área de estudo.  
234 Apresenta a maior extensão dos sistemas de transposição para peixes no mundo (Makrakis *et*  
235 *al.*, 2007b), os canais seminaturais possuem características semelhantes as encontradas na na-  
236 tureza, facilitando a passagem dos peixes e fornecendo habitat para os organismos aquáticos  
237 (Pander *et al.* 2013), aumentando a integridade ecológica dos rios regulados (Gustafsson *et al.*  
238 2013). Os elevadores são menos comuns entre os sistemas de passagens (Quirós, 1998), por  
239 apresentarem baixa eficiência (Noonan *et al.* 2012), e geralmente a falha do sistema está na  
240 condição de fluxo, que provavelmente não é suficiente para atrair grandes peixes migradores  
241 (Oldani *et al.* 2007) e não estabelecem conexão de retorno das espécies (Croze *et al.* 2008).

242 A bacia do rio Paraná apresenta uma elevada diversidade de espécies, cerca de 924 espé-  
243 cies segundo Reis *et al.* (2016). Especificamente o alto Rio Paraná contém 310 espécies de  
244 peixes (Langeani *et al.* 2007). Dentre estas, 31 podem realizar migrações para fins de reprodu-  
245 ção (Agostinho *et al.* 2007b). Se houver perda de conectividade entre os tributários, esses indi-  
246 víduos sofreriam danos biológicos irreversíveis (Junk *et al.* 1989; Brito 2009; Dood *et al.* 2017).  
247 Estas perturbações são consideradas críticas, pois interferem na conservação da integridade  
248 ecológica dos rios e da planície de inundação (Ward & Stanford, 1995). Desta forma, passagens  
249 que possibilitem o fluxo bidirecional, ou seja de jusante a montante e vice-versa, como as es-  
250 cadas para peixes e os canais seminaturais, são os tipos de STPs recomendados para as espécies  
251 de peixes migradoras da bacia do rio Paraná (Makrakis *et al.* 2015).

252 Esta situação se agrava pelo fato de que os empreendimentos estão em todos os principais  
253 afluentes da bacia do rio Paraná, como também na calha principal. De maneira que a pressão  
254 negativa, exercida sobre as populações de peixes migradores, é maior quando a sucessão de  
255 reservatórios é estabelecida em cadeia/série, podendo causar a seletividade nas passagens e/ou  
256 atrasos no período reprodutivo (Britto, 2009; Wagner, *et al.* 2012). Como é o caso da calha  
257 principal do rio Paraná, que apresenta STPs em Yacyretá (elevadores), o Canal da Piracema em  
258 Itaipu Binacional e a escada para peixes na UHE de Porto Primavera. Ainda assim, os maiores  
259 tributários que compõe a bacia apresentam elevado número de empreendimentos com fluxos  
260 descontínuos, como os rios Grande (MG), Tietê (SP) e Paranapanema (SP), na qual possuem

261 respectivamente a quantidade de empreendimentos (13; 8; 11), desta forma, os que apresentam  
262 sistemas na ordem (0, 2, 3). Nesta conjuntura, a fragmentação de fluxo genético poderá agravar  
263 ainda mais nestas sub bacias.

264 Dos STPs encontrados, a predominância da localização dos sistemas foi na mesma mar-  
265 gem da casa de força do empreendimento (23,5%), ainda assim 17,6% não atendem estes re-  
266 quisitos e 58,8% não foi possível identificar pela ausência de informação. A localização do  
267 sistema próximo à casa de força é um dos critérios que melhoram a efetividade do sistema  
268 (Clay, 1995; Dood *et al.* 2017). Desta forma os peixes utilizam a vazão da usina para orientação  
269 de jusante/montante, desta forma, quanto mais próximo o STP for desta vazão, melhor para os  
270 peixes se direcionarem, devendo levar em consideração o fluxo da usina, para que não mascare  
271 a entrada da passagem para peixes (Dvwk/Fao, 2002).

272 As proporções das escadas diferenciaram, influenciados pela composição das espécies  
273 transpostas, configuração dos afluentes e proporção das usinas. Nossos dados sobre as dimen-  
274 sões das escadas variaram entre 78,0 m a 10.000 m. Noonan *et al.* (2012) verificaram dados de  
275 espécies Salmonídeos e não Salmonídeos, com comprimentos de escadas entre 190,3 a 202,9  
276 m e indicaram que a extensão das passagens é uma referência para a eficiência do sistema, pois  
277 está relacionado com o aumento do gasto energético das espécies migradoras. Silva *et al.* (2015)  
278 analisaram a efetividade de espécie potamódroma norte americana, com baixa capacidade na-  
279 tatória e obteve eficiência satisfatória com comprimento de 85 m.

280 A escada foi a passagem mais comum (85,2%), como as utilizadas pelas espécies de Sal-  
281 monídeos no Hemisfério Norte (Clay, 1995). Conforme nosso estudo, os comprimentos dos  
282 tanques, variaram de 8,2 m a 3,0 m, assim como a largura, 5,0 m a 1,0 m. A abertura mínima  
283 dos defletores foi de 0,4 m, profundidade mínima de 1,0 m e vazão mínima de 0,3 m<sup>3</sup>/s. As  
284 passagens utilizadas pelas espécies neotropicais, fornecem evidências de que as características  
285 biológicas e a engenharia dos sistemas, baseadas nos salmonídeos de clima temperado, prova-  
286 velmente não atendam aos requisitos daquelas espécies. Além disto, há poucas informações  
287 sobre o comportamento e capacidade natatória voltados a sistemas abertos, como escadas e  
288 canais, e estudos de longo prazo, que abordam a avaliação e o monitoramento das espécies  
289 migradoras potamódromas neotropicais nesses sistemas (Makrakis *et al.* 2007a; 2007b; Wagner  
290 *et al.* 2012).

291 Os tanques de descanso são áreas importantes de recuperação para os peixes, facilitando  
292 estes a superar os obstáculos durante a ascensão (Larinier *et al.* 2004; Martins, 2005). Apenas

293 5 STPs dispõem de tanques de descanso, essas áreas favorecem os peixes a superar os obstácu-  
294 los. O sucesso alcançado, não está relacionado apenas com o desempenho do salto ou da con-  
295 dição biológica de cada espécie, mas também possui forte relação com o design da estrutura, e  
296 as condições hidráulicas a jusante do barramento (Amaral *et al.* 2016). Para que a ictiofauna  
297 responda aos eventos de inundação, juntamente com o aumento do comportamento migratório,  
298 as condições de fluxo no curso de água devem acompanhar a dinâmica natural de vazão (Pander  
299 *et al.* 2013).

300 Sugere-se a instalação de passagem para peixes, quando houver áreas apropriadas a mon-  
301 tante para a criação e desenvolvimento de áreas de berçário de espécies migradoras, como tam-  
302 bém monitorar e avaliar o comportamento dos peixes nas passagens (Makrakis *et al.* 2007a).  
303 Relacionado a estas condições, as instalações de passagens devem atender alguns critérios e  
304 recomendações mínimas para serem instituídas. Esta deve ser considerada desde a fase de in-  
305 ventário do aproveitamento hidrelétrico e proceder de estudos ambientais (Makrakis *et al.*  
306 2015). Assim como analisar a ocorrência, ecologia, biologia e diversidade de espécies que rea-  
307 lizam migração reprodutiva nas áreas de influência dos empreendimentos, bem como os efeitos  
308 da implantação dos empreendimentos no acesso das populações aos ambientes de desova e de-  
309 senvolvimento inicial (Makrakis *et al.* 2015).

310 Este trabalho evidencia que a bacia do rio Paraná está drasticamente desconectada evi-  
311 denciado pelo elevado número de barragens hidrelétricas que interrompem a viabilidade gené-  
312 ticas das espécies e que cerca de 90% dos empreendimentos não possuem STPs. Além disso, o  
313 problema da falta de conectividade poderá ser agravado com a grande quantidade de empreen-  
314 dimentos em estudos ou em construção. Por outro lado, apenas a presença de um STP não re-  
315 presenta que os peixes possam alcançar áreas de reprodução, pois existem poucas informações  
316 sobre a performance dos STPs instalados, o que evidencia a necessidade de avaliação e moni-  
317 toramento desses sistemas no longo prazo. Desta forma, destacamos a urgência de restabelecer  
318 e efetivar pesquisas que verifiquem a necessidade de conectividade nos empreendimentos cons-  
319 truídos e em instalação.

320

321

322 **Referências**

- 323 Agostinho, A., Pelicice, F., Petry, A., Gomes, L., and Júlio Jr, H. (2007b) Fish diversity in the  
324 upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem*  
325 *Health & Management* **10**(2), 174-186.  
326 **URL:** 10.1080/14634980701341719
- 327
- 328 Agostinho, A.A., Gomes, L.C., and Pelicice, F.M. (2007a) Ecologia e manejo de recursos pesquei-  
329 ros em reservatórios do Brasil.  
330 **URL:** <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015040340>
- 331
- 332 Agostinho, A.A., Pelicice, F.M., and Gomes, L.C. (2008) Dams and the fish fauna of the Neotrop-  
333 ical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of*  
334 *Biology* **68**(4), 1119-1132.  
335 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842008000500019>
- 336
- 337 Amaral, S.D., Branco, P., da Silva, A.T., Katopodis, C., Viseu, T., Ferreira, M.T., Pinheiro, A.N.,  
338 and Santos, J.M. (2016) Upstream passage of potamodromous cyprinids over small weirs: the  
339 influence of key-hydraulic parameters. *Journal of Ecohydraulics* **1**(1-2), 79-89.  
340 **URL:** <https://doi.org/10.1080/24705357.2016.1237265>
- 341
- 342 Aneel, Agencia Nacional de Energia Elétrica (2016). Plano de Dados Abertos, **Informações Ge-**  
343 **renciais – Tópico: Geração.** Available at <http://www.aneel.gov.br/dados/geracao> [accessed 04  
344 December 2017].
- 345
- 346 Arcifa, M.S., and Esguicero, A.L.H. (2012) The fish fauna in the fish passage at the Ourinhos  
347 Dam, Paranapanema River. *Neotropical Ichthyology* **10**(4), 715-722.  
348 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252012000400004>
- 349
- 350 Barletta, M., Jaureguizar, A.J., Baigun, C., Fontoura, N.F., Agostinho, A.A., Almeida-Val,  
351 V.M.F.d., Val, A.L., Torres, R.A., Jimenes-Segura, L.F., Giarrizzo, T., and others (2010) Fish  
352 and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on  
353 neotropical systems. *Journal of fish biology* **76**(9), 2118-2176.  
354 **URL:** <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02684.x>
- 355
- 356 Brasil, CTG. (2011). Projeto PCH de retiro. desenho técnico.
- 357
- 358 Bizzotto, P.M. (2006) Trânsito de peixes na escada da UHE-Igarapava, rio Grande, alto Paraná.  
359 *Unpublished Master Thesis, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Hori-*  
360 *zonte. 52p.*  
361 **URL:** [http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Zoologia\\_BizzottoPM\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/Zoologia_BizzottoPM_1.pdf)
- 362
- 363 Brito, D. (2009) Análise de viabilidade de populações: uma ferramenta para a conservação da  
364 biodiversidade no Brasil. *Oecologia Australis* **13**(3), 452-469.  
365 **URL:** doi:10.4257/oeco.2009.1303.04
- 366
- 367 Britto, S.G.d.C. (2009) A estratégia reprodutiva dos peixes migradores frente às escadas do Com-  
368 plexo Canoas (Rio Paranapanema, Bacia do Alto Paraná).  
369 **URL:** [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106522/britto\\_sg\\_dr\\_botib.pdf?se-](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106522/britto_sg_dr_botib.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
370 [quence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106522/britto_sg_dr_botib.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- 371  
372 Bunt, C.M., Castro-Santos, T., and Haro, A. (2012) Performance of fish passage structures at up-  
373 stream barriers to migration. *River Research and Applications* **28**(4), 457-478.  
374 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1565/abstract>  
375
- 376 Calles, O., and Greenberg, L. (2009) Connectivity is a two-way street-the need for a holistic ap-  
377 proach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research and Applications* **25**(10),  
378 1268-1286.  
379 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1228/abstract>  
380
- 381 Capeleti, A.R., and Petrere Jr, M. (2006) Migration of the curimatá *Prochilodus lineatus* (Valen-  
382 ciennes, 1836) (Pisces, Prochilodontidae) at the waterfall "Cachoeira de Emas" of the Mogi-  
383 Guaçu river-São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* **66**(2B), 651-659.  
384 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842006000400009>  
385
- 386 Carolsfeld, J. (2003) 'Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation sta-  
387 tus.' (Idrc)  
388 **URL:** <http://documents.worldbank.org/curated/pt/607691468753260624/pdf/29828011552510114100Migratory0fish.pdf>  
389  
390
- 391 Clay, C.H. (1995) 'Design of fishways and other fish facilities.' (CRC Press)  
392 **URL:**<https://www.crcpress.com/Design-of-Fishways-and-Other-Fish-Facilities/Clay/p/book/9781566701112>  
393  
394
- 395 Coelho, A.L.N. (2008) Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens-Fluvial Geomor-  
396 phology Of Rivers Impacted From Dams. *Caminhos de Geografia* **9**(26).  
397 **URL:** <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15721>  
398
- 399 Croze, O., Bau, F., and Delmouly, L. (2008) Efficiency of a fish lift for returning Atlantic salmon  
400 at a large-scale hydroelectric complex in France. *Fisheries management and ecology* **15**(5-6),  
401 467-476.  
402 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2400.2008.00628.x/abstract>  
403
- 404 Dodd, J.R., Cowx, I.G., and Bolland, J.D. (2017) Efficiency of a nature-like bypass channel for  
405 restoring longitudinal connectivity for a river-resident population of brown trout. *Journal of*  
406 *environmental management* **204**, 318-326.  
407 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.004>  
408
- 409 Dvwnk, F.A.O. (2002) Fish Passes: Design, Dimensions, and Monitoring.  
410 **URL:** <http://www.fao.org/docrep/010/y4454e/y4454e00.htm>  
411
- 412 EMPRESA, D.P.E. Plano decenal de expansão de energia-2024. 2015.  
413 **URL:** <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/>  
414
- 415 Fernandez, D.R., Agostinho, A.A., Bini, L.M., and Pelicice, F.M. (2007) Diel variation in the as-  
416 cent of fishes up an experimental fish ladder at Itaipu Reservoir: fish size, reproductive stage  
417 and taxonomic group influences. *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 215-222.  
418 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200016>  
419
- 420 Ferreira, D.G., Souza-Shibatta, L., Shibatta, O.A., Sofia, S.H., Carlsson, J., Dias, J.H.P., Makrakis,

- 421 S., and Makrakis, M.C. (2016) Genetic structure and diversity of migratory freshwater fish in a  
422 fragmented Neotropical river system. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **27**(1), 209-231.  
423 **URL:** <https://citations.springer.com/item?doi=10.1007/s11160-016-9441-2>  
424
- 425 Fuentes-Pérez, J.F., Sanz-Ronda, F.J., de Azagra, A.M.i., and Garcia-Vega, A. (2016) Non-uni-  
426 form hydraulic behavior of pool-weir fishways: a tool to optimize its design and performance.  
427 *Ecological Engineering* **86**, 5-12.  
428 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.10.021>  
429
- 430 Garrone Neto, D., Haddad Junior, V., Vilela, M.J.A., and Uieda, V.i.S. (2007) Registro de ocor-  
431 rência de duas espécies de potamotrigonídeos na região do Alto Rio Paraná e algumas conside-  
432 rações sobre sua biologia.  
433 **URL:** <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n1/es/fullpaper?bn00707012007+pt>  
434
- 435 Gustafsson, S., Österling, M., Skurdal, J., Schneider, L.D., and Calles, O. (2013) Macroinverte-  
436 brate colonization of a nature-like fishway: the effects of adding habitat heterogeneity. *Ecolo-  
437 gical engineering* **61**, 345-353.  
438 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.023>  
439
- 440 Hilsdorf, A.W.S., de Resende, E.K., and Marques, D.K.S. (2006) Genética e conservação de esto-  
441 ques pesqueiros de águas continentais no Brasil: situação atual e perspectivas. *Embrapa Pan-  
442 tanal-Documentos* (INFOTECA-E).  
443 **URL:** [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/783991/genetica-e-conser-  
444 vacao-de-estoques-pesqueiros-de-aguas-continentais-no-brasil-situacao-atual-e-perspectivas](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/783991/genetica-e-conser-)  
445
- 446 Hoesinghaus, D.J., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M., Okada, E.K., Latini, J.D.,  
447 Kashiwaqui, E.A.L., and Winemiller, K.O. (2009) Effects of river impoundment on ecosystem  
448 services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Con-  
449 servation Biology* **23**(5), 1222-1231.  
450 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2009.01248.x/abstract>  
451
- 452 Jansson, R., Nilsson, C., and Renöfält, B. (2000) Fragmentation of riparian floras in rivers with  
453 multiple dams. *Ecology* **81**(4), 899-903.  
454 **URL:** [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0899:FOR-  
455 FIR\]2.0.CO;2/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/0012-9658(2000)081[0899:FOR-)  
456
- 457 Jensen, J.R. (1996) Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.  
458 **URL:** [https://www.researchgate.net/publication/44340005\\_Introductory\\_Digital\\_Image\\_Pro-  
459 cessing\\_A\\_Remote\\_Sensing\\_Prospective](https://www.researchgate.net/publication/44340005_Introductory_Digital_Image_Pro-)  
460
- 461 Katopodis, C. (1992) Introduction to fishway design. (Freshwater Institute, Central and Arctic Re-  
462 gion, Department of Fisheries and Oceans)  
463 **URL:** <http://eem.wra.gov.tw/public/Attachment/41110254871.pdf>  
464
- 465 Katopodis, C. (2005) Developing a toolkit for fish passage, ecological flow management and fish  
466 habitat works. *Journal of Hydraulic Research* **43**(5), 451-467.  
467 **URL:** <https://doi.org/10.1080/00221680509500144>  
468

- 469 Katopodis, C., and Williams, J.G. (2012) The development of fish passage research in a historical  
470 context. *Ecological Engineering* **48**, 8-18.  
471 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.07.004>  
472
- 473 Langeani, F., e Castro, R., Takeshi Oyakawa, O., Akio Shibatta, O., Simone Pavanelli, C., and  
474 Casatti, L. (2007) Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspecti-  
475 vas futuras. *Biota Neotropica* **7**(3).  
476 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300020>  
477
- 478 Larinier, M. (1998) Upstream and Downstream Fish Passage Experience in France. *Fish Migration*  
479 *and Fish Bypasses* **35**(November), 127-145.  
480 **URL:** [https://www.researchgate.net/publication/27335311\\_Upstream\\_and\\_down-](https://www.researchgate.net/publication/27335311_Upstream_and_downstream_fish_passage_experience_in_France)  
481 [stream\\_fish\\_passage\\_experience\\_in\\_France](https://www.researchgate.net/publication/27335311_Upstream_and_downstream_fish_passage_experience_in_France)  
482
- 483 Larinier, M. (2002) Baffle fishways. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*(364), 83-  
484 101. **URL:** <https://doi.org/10.1051/kmae/2002109>  
485
- 486 Larinier, M. (2002) Pool fishways, pre-barages and natural bypass channels. *BFPP-Connnaissance*  
487 *et Gestion du Patrimoine Aquatique* **364**.  
488 **URL:** <https://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/2002/04/kmae2002364s54.pdf>  
489
- 490 Larinier, M., Marmulla, G., and others Fish passes: types, principles and geographical distribution-  
491 -an overview. 2004, pp. 183-206  
492 **URL:** [https://www.researchgate.net/publication/27335284\\_Fish\\_passes\\_types\\_princi-](https://www.researchgate.net/publication/27335284_Fish_passes_types_principles_and_geographical_distribution_-_an_overview)  
493 [ples\\_and\\_geographical\\_distribution\\_-\\_an\\_overview](https://www.researchgate.net/publication/27335284_Fish_passes_types_principles_and_geographical_distribution_-_an_overview)  
494
- 495 Latrubesse, E.M., Arima, E.Y., Dunne, T., Park, E., Baker, V.R., d'Horta, F.M., Wight, C., Witt-  
496 mann, F., Zuanon, J., Baker, P.A., and others (2017) Damming the rivers of the Amazon basin.  
497 *Nature* **546**(7658), 363-363.  
498 **URL:** [doi:10.1038/nature22333](https://doi.org/10.1038/nature22333)  
499
- 500 Lira, N.A., Pompeu, P.S., Agostinho, C.S., Agostinho, A.A., Arcifa, M.S., and Pelicice, F.M.  
501 (2017) Fish passages in South America: an overview of studied facilities and research effort.  
502 *Neotropical Ichthyology* **15**.  
503 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20160139>  
504
- 505 Lucas, M.C., Baras, E. (2001) Migration of Freshwater Fishes Blackwell Science Ltd. (London)  
506 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470999653.fmatter/pdf>  
507
- 508 Makraki, S., Dias, J.H.P., Lopes, J.d.M., Junior, H.M.F., Godinho, A.L., Martinez, C.B., and  
509 Makrakis, M.C. (2014) Premissas e Critérios Mínimos para Implantação, Avaliação e Monito-  
510 ramento de Sistemas de Transposição para Peixes. *Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia*,  
511 16-23.  
512 **URL:** [http://www.sbi.bio.br/images/sbi/boletim-docs/2015/junho\\_114.pdf](http://www.sbi.bio.br/images/sbi/boletim-docs/2015/junho_114.pdf)  
513
- 514 Makrakis, M.C., da Silva, P.S., Makrakis, S., de Lima, A.F., de Assumpção, L., de Paula, S., Mi-  
515 randa, L.E., and Dias, J.H.P. (2012c) Spawning and nursery habitats of neotropical fish species  
516 in the tributaries of a regulated river.  
517 **URL:** [https://www.researchgate.net/publication/274835819\\_Spawning\\_and\\_nursery\\_habi-](https://www.researchgate.net/publication/274835819_Spawning_and_nursery_habitats_of_Neotropical_fish_species_in_the_tributaries_of_a_regulated_river/overview)  
518 [tats\\_of\\_Neotropical\\_fish\\_species\\_in\\_the\\_tributaries\\_of\\_a\\_regulated\\_river/overview](https://www.researchgate.net/publication/274835819_Spawning_and_nursery_habitats_of_Neotropical_fish_species_in_the_tributaries_of_a_regulated_river/overview)

519

520 Makrakis, M.C., Miranda, L.E., Makrakis, S., Fontes Júnior, H.M., Morlis, W.G., Dias, J.H.P.,  
521 and Garcia, J.O. (2012a) Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly  
522 regulated river basin. *Journal of Fish Biology* **81**(2), 866-881.  
523 **URL:** [http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Ju-](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Jupia/Manejo%20Pesqueiro%20e%20Limnologia/PMP%202012%20-%202013/Anexo%2013%20-%20Diversity%20in%20migratory%20pattern.pdf)  
524 [pia/Manejo%20Pesqueiro%20e%20Limnologia/PMP%202012%20-%202013/An-](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Jupia/Manejo%20Pesqueiro%20e%20Limnologia/PMP%202012%20-%202013/Anexo%2013%20-%20Diversity%20in%20migratory%20pattern.pdf)  
525 [exo%2013%20-%20Diversity%20in%20migratory%20pattern.pdf](http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidretricas/Jupia/Manejo%20Pesqueiro%20e%20Limnologia/PMP%202012%20-%202013/Anexo%2013%20-%20Diversity%20in%20migratory%20pattern.pdf)

526

527 Makrakis, S., Gomes, L.C., Makrakis, M.C., Fernandez, D.R., and Pavanelli, C.S. (2007b) The  
528 Canal da Piracema at Itaipu Dam as a fish pass system. *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 185-195.  
529 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200013>

530

531 Makrakis, S., and Makrakis, M.C. (2012b) Fish lifts in South America. *From sea to source: Inter-*  
532 *national guidance for the restoration of fish migration highwat*(January), 174-175. **URL:**  
533 [https://www.fromseatosource.com/download/download.php?file=from\\_sea\\_to\\_source.pdf](https://www.fromseatosource.com/download/download.php?file=from_sea_to_source.pdf)

534

535 Makrakis, S., Makrakis, M.C., Wagner, R.L., Dias, J.H.P., and Gomes, L.C. (2007a) Utilization  
536 of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating po-  
537 tamodromous species. *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 197-204.  
538 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200014>

539

540 Markus Neteler, H.M. (2008) 'Open source GIS: a GRASS GIS approach.' 3rd edn. (Springer)  
541 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200014>

542

543 Martins, S.L. (2000) Sistemas para a transposição de peixes.  
544 **URL:** DOI:10.11606/D.3.2000.tde-25072002-142649

545

546 Martins, S.L. (2005) Sistemas para a transposição de peixes neotropicais potamódromos.  
547 **URL:** DOI:10.11606/T.3.2005.tde-13092005-084816

548

549 McLeod, A.M., and Neményi, P. (1941) An investigation of fishways.  
550 **URL:** <http://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1024&context=uisie>

551

552 Morgan, R.K. (2012) Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment*  
553 *and Project Appraisal* **30**(1), 5-14.  
554 **URL:** <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>

555

556 Myers, G.S. (1949) Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. *Co-*  
557 *peia* **1949**(2), 89-97.  
558 **URL:** <http://www.jstor.org/stable/1438482>

559

560 Naiman, R.J., and Decamps, H. (1997) The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual review*  
561 *of Ecology and Systematics* **28**(1), 621-658.  
562 **URL:** <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

563

564 Naughton, G.P., Caudill, C.C., Peery, C.A., Clabough, T.S., Jepson, M.A., Bjornn, T.C., and  
565 Stuehrenberg, L.C. (2007) Experimental evaluation of fishway modifications on the passage  
566 behaviour of adult Chinook salmon and steelhead at Lower Granite Dam, Snake River, USA.  
567 *River Research and Applications* **23**(1), 99-111.  
568 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.957/abstract>

569

570 Noonan, M.J., Grant, J.W.A., and Jackson, C.D. (2012) A quantitative assessment of fish passage  
571 efficiency. *Fish and Fisheries* **13**(4), 450-464.  
572 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-2979.2011.00445.x/abstract>

573

574 Oldani, N.O., Baigún, C.R.M., Nestler, J.M., and Goodwin, R.A. (2007) Is fish passage technology  
575 saving fish resources in the lower La Plata River basin? *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 89-102.  
576 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200002>

577

578 Orfeo, O., and Stevaux, J. (2002) Hydraulic and morphological characteristics of middle and upper  
579 reaches of the Paraná River (Argentina and Brazil). *Geomorphology* **44**(3-4), 309-322. **URL:**  
580 <http://www.neotectonica.ufpr.br/geomorfologia/cursom.pdf>

581

582 Pander, J., Mueller, M., and Geist, J. (2013) Ecological functions of fish bypass channels in  
583 streams: migration corridor and habitat for rheophilic species. *River Research and Applications*  
584 **29**(4), 441-450.  
585 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1612/abstract>

586

587 Pelicice, F.M., Vitule, J.R.S., Lima Junior, D.P., Orsi, M.L., and Agostinho, A.A. (2014) A serious  
588 new threat to Brazilian freshwater ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree.  
589 *Conservation Letters* **7**(1), 55-60.  
590 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.12029/abstract>

591

592 Pompeu, P. S., Agostinho, A.A., and Pelicice, F.M. (2012) Existing and future challenges: the  
593 concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications* **28**(4),  
594 504-512.  
595 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1557/abstract>

596

597 Pompeu, P. S., and Martinez, C.B. Estabelecimento da Regra Operativa de um Mecanismo de  
598 Transposição de Peixes do Tipo Elevador com Caminhão-Tanque.  
599 **URL:** [https://www.researchgate.net/profile/Carlos\\_Martinez51/publication/242165670\\_Estabelecimento\\_da\\_Regra\\_Operativa\\_de\\_um\\_Mecanismo\\_de\\_Transposicao\\_de\\_Peixes\\_do\\_Tipo\\_Elevador\\_com\\_Caminhao-Tanque/links/00b4952fcc0f05a8db000000/Estabelecimento-da-Regra-Operativa-de-um-Mecanismo-de-Transposicao-de-Peixes-do-Tipo-Elevador-com-Caminhao-Tanque.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Martinez51/publication/242165670_Estabelecimento_da_Regra_Operativa_de_um_Mecanismo_de_Transposicao_de_Peixes_do_Tipo_Elevador_com_Caminhao-Tanque/links/00b4952fcc0f05a8db000000/Estabelecimento-da-Regra-Operativa-de-um-Mecanismo-de-Transposicao-de-Peixes-do-Tipo-Elevador-com-Caminhao-Tanque.pdf)

604

605 Pompeu, P.d.S., and Martinez, C.B. (2007) Efficiency and selectivity of a trap and truck fish pas-  
606 sage system in Brazil. *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 169-176.  
607 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200011>

608

609 Pratt, T.C., O'Connor, L.M., Hallett, A.G., McLaughlin, R.L., and Hayes, D.B. (2006) Evaluation  
610 of modifications to improve fishway performance: Project Completion Report.  
611 **URL:** [https://scholarworks.umass.edu/fishpassage\\_reports/189/](https://scholarworks.umass.edu/fishpassage_reports/189/)

612

613 Prodanov, C.C., and de Freitas, E.C. (2013) 'Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Téc-  
614 nicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico-2ª Edição.' (Editora Feevale)  
615 **URL:** <https://pt.scribd.com/document/206382842/Livro-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-metodos-e-tecnicas-de-pesquisa-e-do-trabalho-academico-2-ed-Prodanov-Freitas-2013>

617

- 618 Quirós, R. (1988) Structures Assisting Migrations of Fish Other than Salmonids: Latin America,  
619 FAO-COPESCAL Tech. (Doc)  
620 URL: <http://www.fao.org/docrep/008/t0138e/t0138e00.htm>  
621
- 622 Quirós, R., and Cuch, S. The fisheries and limnology of the lower Plata Basin. 1989, pp. 429-443  
623 URL: <https://www.agro.uba.ar/users/quiros/Rivers/QuirosCuch1989.pdf>  
624
- 625 Rajaratnam, N., der Vinne, G., and Katopodis, C. (1986) Hydraulics of vertical slot fishways.  
626 *Journal of Hydraulic Engineering* **112**(10), 909-927.  
627 URL: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1986\)112:10\(909\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1986)112:10(909))  
628
- 629 Reis, R.E., Albert, J.S., Di Dario, F., Mincarone, M.M., Petry, P., and Rocha, L.A. (2016) Fish  
630 biodiversity and conservation in South America. *Journal of fish biology* **89**(1), 12-47.  
631 URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfb.13016/full>  
632
- 633 Sanchez, L.E. (2006) Avaliação de impactos ambiental: Conceitos e Métodos. *Editora Oficina de*  
634 *Textos, São Paulo.*  
635 URL: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=469412&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22SANCHEZ,%20L.E.%22&qFacets=autoria:%22SANCHEZ,%20L.E.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>  
637
- 638
- 639 Santos, H.A. (2004) Metodologia de medição de velocidade prolongada crítica e de explosão das  
640 espécies de peixes migradoras do Brasil.  
641
- 642 Silva, A.T., Hatry, C., Thiem, J.D., Gutowsky, L.F.G., Hatin, D., Zhu, D.Z., Dawson, J.W., Kato-  
643 podis, C., and Cooke, S.J. (2015) Behaviour and locomotor activity of a migratory catostomid  
644 during fishway passage. *PLoS One* **10**(4), e0123051-e0123051.  
645 URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123051>  
646
- 647 Silva, A.T., Santos, J.M., Ferreira, M.T., Pinheiro, A.N., and Katopodis, C. (2012) Passage effi-  
648 ciency of offset and straight orifices for upstream movements of Iberian barbel in a pool-type  
649 fishway. *River Research and Applications* **28**(5), 529-542.  
650 URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.1465/abstract>  
651
- 652 Silva, P.S., Makrakis, M.C., Miranda, L.E., Makrakis, S., Assumpção, L., Paula, S., Dias, J.H.P.,  
653 and Marques, H. (2015) Importance of reservoir tributaries to spawning of migratory fish in the  
654 upper Paraná River. *River research and applications* **31**(3), 313-322.  
655 URL: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rra.2755/abstract>  
656
- 657 Souza, I.A. (2000) Geografia física do Rio Paraná, Brasil. *Geografia física do Rio Paraná, Brasil.*  
658
- 659 Tucci, C.E.M. (1997) Drenagem urbana. In. Hidrologia, ciência e aplicação. (Cap)  
660 URL: <https://pt.scribd.com/document/327007982/LIVRO-Hidrologia-cie-ncia-e-aplicac-a-o-Carlos-Tucci>  
661
- 662
- 663 Wagner, R.L., Makrakis, S., Castro-Santos, T., Makrakis, M.C., Dias, J.H.P., and Belmont, R.F.  
664 (2012) Passage performance of long-distance upstream migrants at a large dam on the Paraná  
665 River and the compounding effects of entry and ascent. *Neotropical Ichthyology* **10**(4), 785-  
666 795.  
667 URL: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252012000400011>

668

669 Ward, J.V., and Stanford, J.A. (1995) Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its  
670 disruption by flow regulation. *River Research and Applications* **11**(1), 105-119.

671 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/rrr.3450110109/abstract>

672

673 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. (2015) A global boom in  
674 hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* **77**(1), 161-170.

675 **URL:** <https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0>

676

## 1 **Capítulo 2. Influência das áreas de vegetação e planícies inundáveis para comunidade de** 2 **peixes em quatro bacias hidrográficas**

3  
4 **Resumo.** As florestas nativas compõem a zonas ripárias integrando as planícies inundáveis.  
5 Este ambiente dinâmico pode ser prejudicado principalmente pela regulação e alteração do ní-  
6 vel dos rios. As paisagens naturais brasileiras vêm sendo alteradas, principalmente pela substi-  
7 tuição destas áreas por agricultura, pecuária e barragens hidrelétricas. A pesquisa objetiva ca-  
8 racterizar e analisar a influência das áreas de vegetação e as planícies inundáveis como habitat  
9 de espécies de peixes migradores em quatro bacias hidrográficas, que deságuam no reservatório  
10 da usina de Porto Primavera. Para a identificação das áreas, foi executada a análise de classifi-  
11 cação supervisionada, com o algoritmo de Máxima Verossimilhança e confirmada pelo índice  
12 *Kappa*. Entre as maiores áreas de vegetação e planície inundáveis encontradas entre os quatro  
13 tributários, foi a bacia do rio Verde, com confiabilidade acima de 95%. A maior presença de  
14 vegetação e de áreas inundáveis provavelmente influenciou na escolha entre as espécies de pei-  
15 xes, pelo menos nove espécies migradoras preferiram como hábitat de reprodução, os locais  
16 com maior composição de área de vegetação preservada e planícies de inundaçã, dispondo de  
17 altas taxas de diversidades genéticas para o *Prochilodus lineatus*. As bacias analisadas, possuem  
18 áreas de vegetação e das planícies de inundaçã, de grande importância como ambientes essen-  
19 ciais para refúgio e reprodução das espécies migradoras de longa distância.

20  
21 **Palavras chaves adicionais:** Ictiofauna, Classificação do uso do solo; Áreas degradadas; Má-  
22 xima verossimilhança.

23 **Abstract.** The native forests make up riparian zones integrating the floodplains. This dynamic  
24 environment can be harmed mainly by regulation and alteration of river levels. Brazilian natural  
25 landscapes have been altered, mainly by the substitution of these areas for agriculture, livestock  
26 and hydroelectric dams. The objective of this research is to characterize and analyze the influ-  
27 ence of vegetation areas and floodplains as habitat for migratory fish species in four hydro-  
28 graphic basins that flow into the reservoir of the Porto Primavera plant. For the identification  
29 of the areas, we performed the supervisory classification analysis, with the Maximum Likeli-  
30 hood algorithm and confirmed by the Kappa index. Among the largest areas of vegetation and  
31 floodplain found among the four tributaries, was the Verde River basin, with reliability above  
32 95%. The greater presence of vegetation and flooded areas probably influenced the choice be-  
33 tween fish species, at least nine migratory species preferred as breeding habitat, sites with  
34 greater composition of preserved vegetation area and flood plains, having high rates of genetic  
35 diversity for *Prochilodus lineatus*. The analyzed basins have areas of vegetation and floodplains,  
36 which are of great importance as essential environments for refuge and reproduction of migra-  
37 tory species of long distance.

38 **Additional key words:** Ichthyofauna neotropical, Classification of land use; Degraded areas;  
39 Maximum Likelihood.

## 40 **Introdução**

41 As paisagens naturais brasileiras vêm sendo substituídas por atividades agrícolas e pecu-  
42 ária extensiva, de maneira que as maiores taxas de desmatamentos coincidem com as fronteiras  
43 agrícolas (Santos *et al.* 2015). Esta expansão resulta em impactos que determinam a fragmen-  
44 tação e perda de área, como também a erosão do solo, eutrofização dos cursos d'água, sobre-  
45 exploração de espécies nativas, introdução de espécies invasoras e infere diretamente sobre a  
46 habitats biológicos importantes (Pimm 2000; Foley *et al.* 2005). Ocasionalmente em pequenas  
47 faixas de florestas nativas ou com alto grau de degradação ambiental (Fahrig *et al.* 2011; Ellis,  
48 2013; Villard & Metzger, 2014).

49 A conservação de áreas de florestas nativas possui alta relevância ecológica, pois interli-  
50 gam os habitats terrestres e aquáticos, tornando imprescindível a presença das zonas ripárias  
51 preservadas (Junk *et al.* 1989; Naiman & Décamps, 1997). Esta condição apresenta elementos  
52 estruturais e funcionais que contribuem para a dinâmica, refúgio e reprodução de muitas espé-  
53 cies nativas (Ward *et al.* 1999). Sustentando a integridade da floresta, dos recursos hídricos e  
54 garantindo a biodiversidade deste ecossistema (Gregory *et al.* 1991; Naiman & Décamps,  
55 1997), tornando-a um componente integral das estratégias de gestão para a conservação da bi-  
56 odiversidade (Naiman & Décamps, 1997).

57 A composição de florestas preservadas em conjunto com as áreas inundáveis, interage e  
58 integra ao sistema de planície de inundação, que é a principal força responsável pela produtivi-  
59 dade e interações da biota (Junk *et al.* 1989). Estes habitats inundáveis são utilizados como  
60 estratégias de sobrevivência da comunidade aquática, para a alimentação, refúgio e desenvol-  
61 vimento de larvas e juvenis (Paiva, 1982; Agostinho *et al.* 2007; Makrakis *et al.* 2012).

62 Estas áreas são regidas e alteradas durante o ciclo anual, condicionadas pela precipitação  
63 e descargas dos rios, que possuem alta plasticidade no fornecimento de habitats importantes  
64 para as espécies aquáticas adaptadas a esta dinâmica (Junk *et al.* 1989). Estas condições ade-  
65 quadas que estes ambientes fornecem, são prejudicadas por alguns fatores adversos, como o  
66 avanço de áreas agrícolas, desmatamentos e barragens hidrelétricas que interferem no ambiente,  
67 danificando os habitats e a dinâmica dos recursos hídricos (Casatti *et al.* 2006; Corbi *et al.* 2006;  
68 Riseng *et al.* 2011). Como também interferem na abundância da comunidade aquática (Lam-  
69 mert & Allan, 1999) e na extinção de habitats (Bojsen & Barrig, 2002).

70 A dinâmica e composição da planície de inundação da bacia do rio Paraná, vem sendo  
71 modificada pelas atividades agropecuárias e construção de usinas hidrelétricas, principalmente  
72 nas últimas décadas (Agostinho *et al.* 2007).

73 Como consequência evidente do barramento, há interferência nas rotas migratórias dos  
74 peixes, fragmentação dos ambientes e mudança na condição hidráulica dos rios de lóaticas para  
75 lânticas (Makrakis *et al.* 2007). Podendo reduzir as populações de peixes potamódromos e pos-  
76 teriormente, extinguir as espécies nos locais acima das barreiras. Como também impedir vias  
77 de acesso a reprodução, alimentação e refúgio de espécies migradoras, atingindo diretamente o  
78 desenvolvimento de ovos e larvas destas espécies (Makrakis *et al.* 2012; Silva *et al.* 2015).

79 Estas alterações na dinâmica aquática têm implicações diretas sob as espécies residentes,  
80 como na conservação destes ambientes. Para compreender melhor estas adversidades, são uti-  
81 lizadas algumas tecnologias que facilitam perceber estas transformações, auxiliadas por Siste-  
82 mas de Informação Geográfica (SIG) computacionais. Permitindo analisar e manipular uma  
83 variedade de dados espaciais de diversas áreas do conhecimento (Dias *et al.* 2011). Estas técni-  
84 cas podem ser utilizadas em locais com acesso dificultado, utilizadas para mapeamento, uso e  
85 cobertura do solo. Estas bases são obtidas de dados de sensoriamento remoto através de imagens  
86 de satélites (Zhu & Blumberg, 2002; Francelino *et al.* 2003). A partir da coleta destas informa-  
87 ções, é possível estudar e classificar áreas extensas e possuir resultados precisos (Nascimento,  
88 1997).

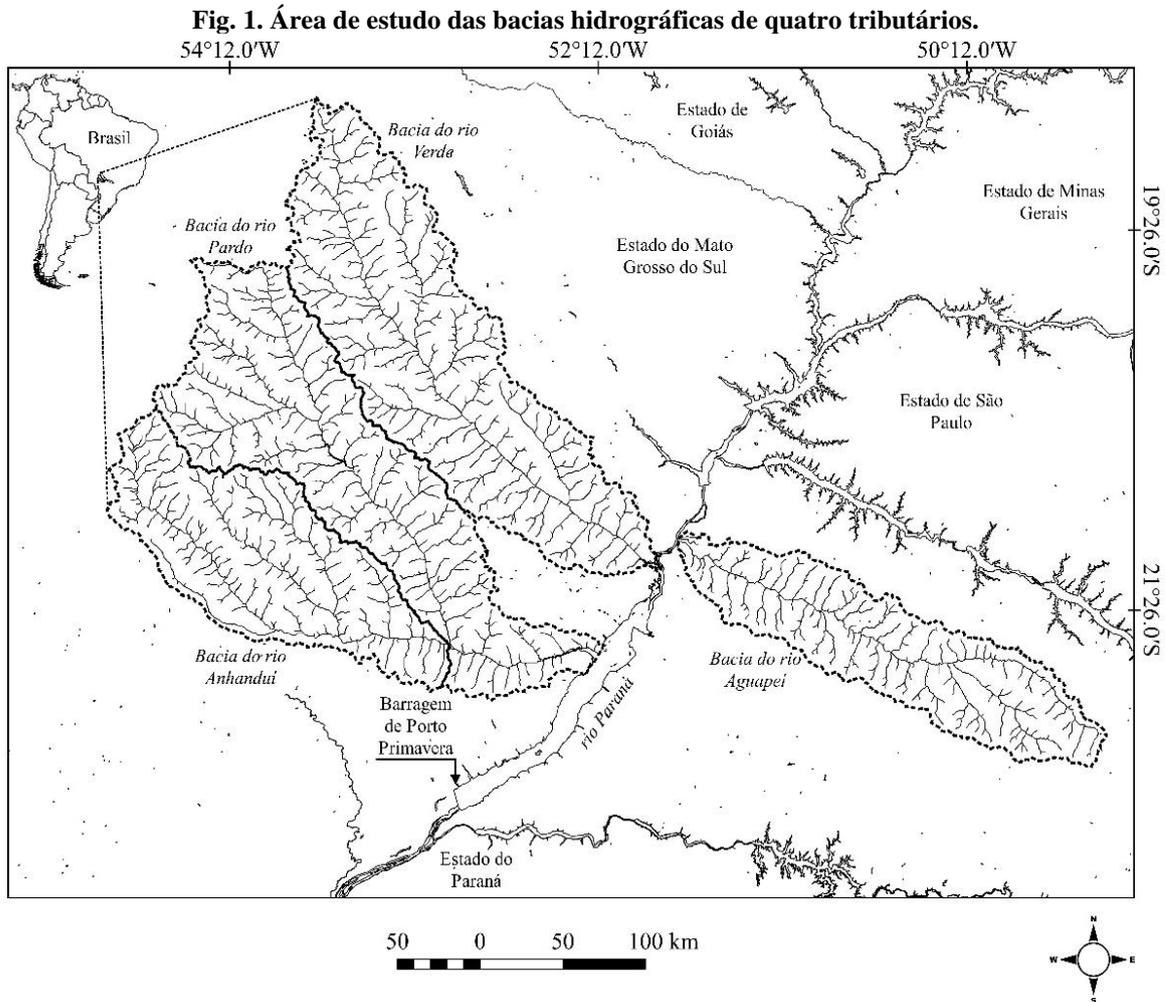
89 Esta técnica pode ser empregada para investigar e monitorar os habitats aquáticos, envol-  
90 vendo as áreas de vegetação e de planícies inundáveis. Como condição para estes estudos de  
91 conservação e de manejo aquático, são avaliados os ambientes com influência direta de usinas  
92 hidrelétricas. Os objetivos desta pesquisa foram caracterizar as áreas de vegetação e planícies  
93 de inundação nas bacias hidrográficas de quatro bacias dos tributários do reservatório da usina  
94 hidrelétrica de Porto Primavera e sua relação com a presença de larvas de espécies de peixes  
95 migradoras presentes na região, além de representar as principais diferenças e semelhanças en-  
96 tre as bacias estudadas.

## 97 **Material e Métodos**

### 98 ***Área de Estudo***

100

101 A área de estudo contempla as bacias hidrográficas dos tributários: Verde, Aguapeí, Pardo  
102 e Anhanduí, sendo esta última uma sub-bacia do Rio Pardo. Os tributários estão localizados a  
103 montante do reservatório de Porto Primavera-Engenheiro Sergio Motta, localizada entre os es-  
104 tados de São Paulo (SP) e Mato Grosso do Sul (MS), (Fig. 1).



## 105 **Materiais**

106 Foram utilizadas as bandas (4 - red, 3 - green e 2 - blue) de 25 imagens do sensor *Mul-*  
107 *tiSpectral Instrument (MSI) Sentinel-2A*, obtida pela *European Space Agency (ESA)*, com re-  
108 solução espacial de 10 m. Para o recorte das quatro bacias, foram utilizados arquivos vetoriais  
109 da Agência Nacional de Águas (ANA). Utilizamos os Softwares QGIS 2.18.14 e o *MultiSpec*  
110 3.4 (Biehl & Landgrebe, 2002), no processamento dos dados. As imagens utilizadas foram do  
111 período de 2016 a 2017 com características espectrais semelhantes do espectro visível.  
112

113 Após a obtenção dos dados, foi utilizado o programa *Primer* versão 6 para realizar o  
114 agrupamento hierárquico utilizando os dados de porcentagem de áreas obtidos na classificação.

115 Posteriormente, as informações foram relacionadas com os dados de espécies obtidos de Silva  
116 *et al.* (2015) e Makrakis *et al.* (2012).

### 117 ***Classificação Supervisionada***

118  
119  
120 Foram realizadas análises de pré-processamento para a preparação das imagens, elabora-  
121 ção do mosaico com o QGIS 2.18.14 e a composição de bandas do espectro visível. Posterior-  
122 mente, foram extraídas amostras de áreas de interesse das quatro bacias. O Sistema de Referên-  
123 cia de Coordenadas (SRC) World Geographical System 1984 (WGS 84) plano (UTM 22S) foi  
124 utilizado para análise.

125 Existem dois tipos de classificação, a supervisionada e a não supervisionada (Faceli *et al.*  
126 2011). Na qual a primeira necessita de um especialista que, ao identificar uma entrada de infor-  
127 mação no classificador, possui total controle sobre as classes coletadas e assumidas na análise.  
128 Para a classificação não supervisionada, o algoritmo é responsável por verificar padrões nas  
129 amostras (Faceli *et al.* 2011). Para este estudo, foi adotado o método de classificação supervi-  
130 sionada, na qual se avaliou a variância e a covariância das categorias de padrões de resposta  
131 espectral, a partir destes parâmetros foi possível calcular a probabilidade estatística de um dado  
132 valor de *pixel*, pertencer a uma classe particular de cobertura da terra (Lillesand *et al.* 1994).

133 Primeiramente, foi realizada a amostragem aleatória estratificada das áreas de interesse  
134 em todas as bacias. Essas áreas foram agrupadas em 3 classes, para representar os objetos da  
135 superfície terrestre, sendo as duas primeiras a vegetação preservada e a área inundável. A ter-  
136 ceira classe abrangeu todos os objetos da superfície terrestres restantes, que participaram da  
137 análise, mas foram separados para a formatação dos resultados.

138 Na identificação das classes, foram utilizados o *Software MultiSpec* e o classificador (*Ma-*  
139 *ximum-Likelihood Estimation-MAXVER*), também conhecido como máxima verossimilhança  
140 (Jensen, 2000), empregado na estimativa de parâmetros de um modelo estatístico, a partir de  
141 um conjunto de dados que estimou valores para os diferentes parâmetros do modelo (Camps-  
142 Valls *et al.* 2014). Após este procedimento, foi realizado o processamento para determinar o  
143 uso do solo, gerando as áreas de vegetação e as áreas inundáveis, resultando nos dados de por-  
144 centagem e os índices de acurácia (Rezende, 2003; Tan *et al.* 2006). Entre esses índices, foi  
145 utilizado o método de validação cruzada. Este método é uma análise estatística que testa inter-  
146 namente a performance dos resultados da classificação para cada bacia (Tan *et al.* 2011).

147 Usando este método, foi possível localizar amostras não convenientes com o grupo es-  
148pectral amostrado e corrigir esses valores, realizando novas amostragens, para melhoria da pre-  
149cisão na classificação. Também foi possível obter o índice *Kappa*, utilizado para testar a acurá-  
150cia do usuário, na qual foi considerada precisa estatisticamente quando obtém valores acima de  
1510,80, representando uma classificação quase perfeita (Landis & Koch, 1977). O procedimento  
152final foi a realização dos mapas e tabelas para caracterizar os locais e sua quantificação.

### 153 **Análise de Agrupamento**

154  
155 Para realizar a análise do agrupamento hierárquico, foi utilizado o *cluster group average*,  
156na qual a distância entre os clusters, foi dada pela distância entre seus centroides (Linden, 2009),  
157para normalizar os dados, foi utilizado o método *normalise* (Legendre & Legendre, 2012), para  
158atender os pressupostos, mantendo o mesmo padrão de medidas nas amostras (Vicini, 2005).

159  
160 A maneira matematicamente mais simples para agrupar os pares de pontos que estão mais  
161próximos, empregamos para a medida de dissimilaridade à distância euclidiana, cujo objetivo  
162foi encontrar e separar os grupos similares (Bussab *et al.* 1990). Para o agrupamento hierárquico  
163utilizamos os dados de porcentagem de vegetação e áreas inundáveis de cada bacia hidrográfica.  
164A representatividade foi realizada por meio do dendograma (Neto & Moita, 1997), no qual a  
165proximidade dos grupos é definida a partir da distância entre eles, para este procedimento uti-  
166lizamos o *software Primer* versão 6.

### 167 **Resultados**

168  
169 A área total explorada foi de 1.263.871,42 hectares (ha), a classe vegetação apresentou  
170área total de 152.730,00 ha, e a planície inundável exibiu 24.045.667 ha. A área total de cada  
171bacia está descrita na tabela 1. A classificação revelou que a vegetação da bacia do rio Verde  
172foi a mais representativa com 14,76%, seguido pela bacia do rio Pardo com 12,78%, no total a  
173vegetação correspondeu 43,68% das bacias hidrográficas. Esta condição apresentada pelos am-  
174bientes de vegetação e áreas inundáveis presumi que estas áreas possam estar com nível de  
175degradação acentuado ou perturbação da qualidade ambiental (Tabela 1).

176  
177 A amostra de planície de inundação também foi maior para a bacia do rio Verde 12,49%,  
178seguida pela bacia do rio Pardo 11,90%, referindo num total de 31,80%. Entre as bacias, a do  
179rio Verde apresenta a maior área (ha) (Tabela 1). Existem uma grande diversidade de espécies  
180de peixes presentes nestes tributários, representadas por 56 espécies com amostrados por  
181Makrakis *et al.* 2012 e Silva *et al.* 2014.

Estas espécies possuem diversas estratégias reprodutivas e comportamentais, dentre elas as migradoras de longa distância perfazendo 17% do total (Makrakis *et al.* 2012). Os locais amostrados das larvas de espécies migradoras coincidiram com as maiores áreas de vegetação e de planície inundável. Esta relação demonstra que provavelmente estas áreas são ambientes utilizados pelas espécies migradoras como habitat de refúgio e de reprodução. A composição das espécies variou entre os locais amostrados, visto que peixes adultos preferem ambientes específicos como habitat para reprodução. O rio Verde possui as maiores áreas de vegetação e de planície inundáveis, sendo o local com presença marcante das espécies migradoras. As bacias do rio Anhanduí e do Aguapeí apresentaram ser a menor preferência pelas espécies, provavelmente devido a menores valores presentes de vegetação e área inundável (Tabela 1).

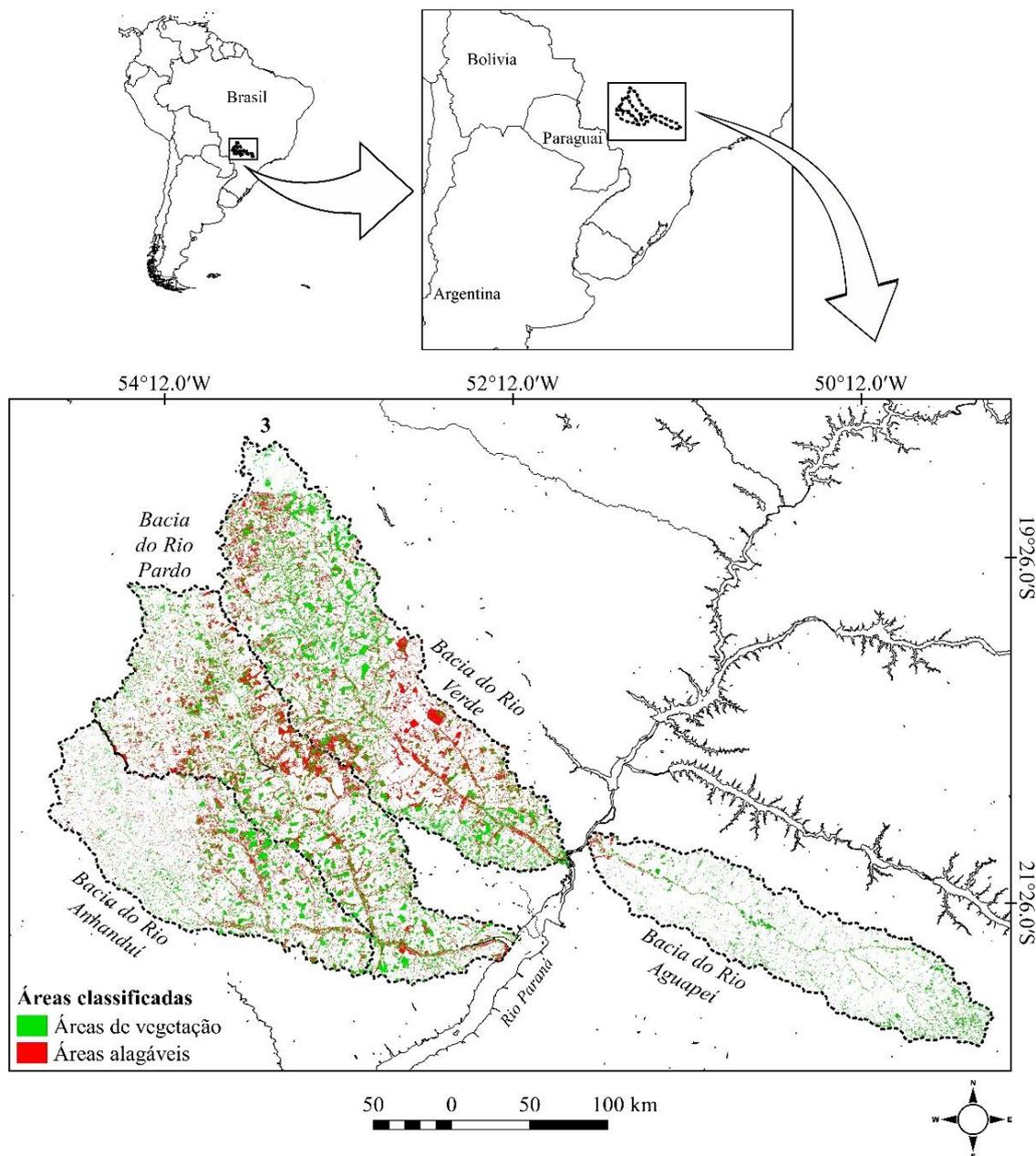
O coeficiente *Kappa* utilizado para verificar a precisão da categorização, apresentou valores de acurácia acima de 95% em todas as bacias (Tabela 1).

**Tabela 1. Classificação das áreas de vegetação e planície inundáveis das bacias hidrográficas, \* Makrakis *et al.* (2012); Silva *et al.* (2015).**

Bacias	Vegetação	Planície Inundáveis	Total da bacia (há)	Kappa (%)	Espécies migradoras*	
Verde	ha	82.861,85	70.114,80	561.264,07	99,6	<i>Zungaro jahu</i> , <i>Hemisorubim platyrhynchus</i> / <i>Pseudoplatystoma Corruscans</i> , <i>Brycom orbignyianus</i> .
	%	14,76	12,49			
Pardo	ha	28.457,06	26.483,23	222.625,94	99,3	<i>Pimelodus maculatus</i> , <i>Rhaphiodon vulpinus</i> , <i>Sorubim lima</i> .
	%	12,78	11,90			
Anhanduí	ha	32.277,56	23.948.420	345.370,51	97,5	<i>Pimelodus maculatus</i> .
	%	9,35	6,93			
Aguapeí	ha	9.133,53	649,13	134.610,90	97,2	<i>Prochilodus lineatus</i> .
	%	6,79	0,48			

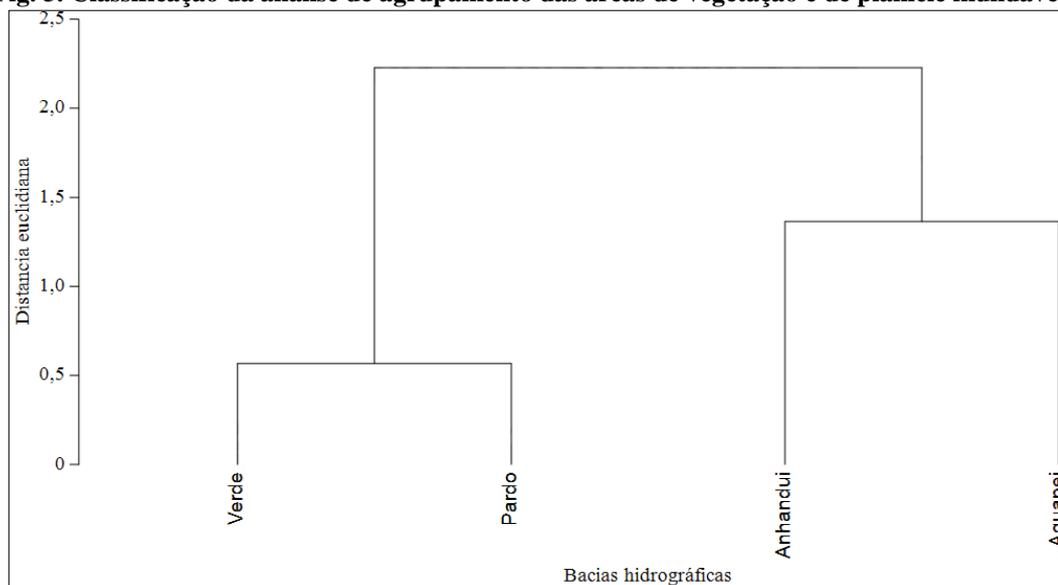
Os resultados mostraram que as áreas de vegetação possuem grandes áreas sem florestas nativas. Além disso, as pequenas faixas de vegetação estão restritas nas proximidades dos recursos hídricos distribuídos ao longo da bacia. Nos afluentes Pardo e Verde os locais de áreas inundáveis foram observados tanto nas extremidades, como próximos a cabeceira e na região da foz, como também na parte média das bacias. No Anhanduí as áreas inundáveis foram presentes nas regiões média da bacia até a foz. O Aguapeí apresentou a menor área de vegetação, a planície inundável foi inferior entre as bacias e somente próximo a foz (Fig. 2).

**Fig. 2. Mapa da classificação das áreas de vegetação e planícies inundáveis das bacias hidrográficas.**



207 No agrupamento, referente a área de vegetação, foram criados 2 grupos entre as bacias,  
 208 sendo o grupo 1 formado pelas bacias do rio Verde e Pardo e o grupo 2 formado pelas bacias  
 209 dos rios Anhanduí e Aguapeí. Esses dois grupos são significativamente distantes um do outro,  
 210 devido às grandes diferenças em relação a porcentagem de vegetação e de área de planície  
 211 inundável presente nessas bacias (Fig. 3). A maior distância encontrada entre as bacias, foi  
 212 relacionada com a menor presença de vegetação e de áreas inundáveis, como também com a  
 213 quantidade mínima de espécies amostradas nos estudos de Makrakis *et al.* (2012;) e Silva *et al.*  
 214 (2015).

216

**Fig. 3. Classificação da análise de agrupamento das áreas de vegetação e de planície inundáveis.**

217

## Discussão

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

A classificação das imagens alcançou valores de confiabilidade acima de 95%, pelo algoritmo MAXVER indicando valores de confiança aceitáveis (Muller & Dalmolin, 1999), como os recomendados por Landis e Koch (1977). Este método estatístico é o mais comum em estudos desta natureza, além de apresentar bom desempenho em amostras como as analisadas (Bolstad & Lillesand, 1990). No estudo de Reis e Nishyama (2017), utilizando o mesmo classificador, foram obtidos bons resultados na análise de fragmentos de vegetação nativa. A integração do geoprocessamento e da ecologia de paisagens, foi uma ferramenta importante para auxiliar na compreensão de padrões espaciais ecológicos das amostras, assim como encontrado em nossa pesquisa (Reis & Nishyama, 2017).

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

A realização da classificação nas amostragens de vegetação, foi possível por apresentar em seu comprimento de onda a cor correspondente ao verde escuro. Para coleta das áreas de planície inundável, foi utilizada a localização nas proximidades dos recursos hídricos como auxílio. As áreas de planície de inundação são caracterizadas pela presença e composição de matéria orgânica que são acumuladas durante os picos de cheia, como também condicionada pela topográfica da região. As amostras de vegetação apresentaram algumas dificuldades na classificação, por apresentarem semelhanças de valor espectral no intervalo do verde, com as áreas de plantação de eucalipto. Principalmente na bacia do Anhanduí e do Verde, onde é encontrada uma das maiores áreas de plantio de eucalipto na região do Mato Grosso do Sul, que é inserido como um dos produtos agrícolas da região (Berezuk *et al.* 2017), no qual se sobressai

239 na área de interesse das amostragens. No entanto, foi possível realizar boas coletas, na qual  
240 atingimos os objetivos propostos com resultado satisfatórios.

241 A dimensão das bacias classificadas condicionou um padrão das áreas de vegetação e de  
242 planície de inundação, nas maiores áreas, houve também incremento das áreas de vegetação e  
243 de planície. A quantidade da presença de vegetação demonstrou que as áreas das bacias possuem  
244 perturbação ambiental, correspondendo a (56,32%) de amostras com ausência de vegetação. Os  
245 fragmentos de vegetação localizados próximos aos recursos hídricos, são áreas escassas de Área  
246 de Preservação Permanente-APP. Estas regiões pela legislação do código florestal, são definas  
247 com a presença ou não de vegetação nativa, possuem atributo de conservação com a função  
248 ambiental de preservar os recursos hídricos, biodiversidade e de proteção dos fluxos gênicos de  
249 fauna e flora (Brasil, 2012). Em relação a extensão da zona ripária, alguns estudos propõem que  
250 as áreas de preservação devem possuir 18 m de largura (Barton *et al.* 1985), segundo Clinnick  
251 (1985) 30 m, ou 50 m em cada margem (Kasyak, 2001). Para que seja garantido, uma condição  
252 mínima de proteção e conservação biológica nestas áreas (Casatti, *et al.* 2010). Conforme a  
253 legislação brasileira, a área mínima de florestas para rios com 10 a 50 m de largura, são de 50  
254 m de florestas; para os rios que possuem de 50 a 200 m de largura, deveriam abranger uma área  
255 de 100 m de florestas (Brasil, 2012).

256 Em nosso estudo, os rios principais possuem largura aproximadamente de 30 a 60 m  
257 (Makrakis *et al.* 2012), o que deveriam atender no mínimo as configurações de vegetação pre-  
258 servada, conforme a legislação. Estas áreas de vegetação compõem as zonas ripárias, que são  
259 consideradas corredores ecológicos (Gregory *et al.* 1991; Jansson *et al.* 2000), com porções de  
260 ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação possibilitando o fluxo  
261 genético e o movimento biológico nestas áreas (Brasil, 2000). Estes ambientes são ricos em  
262 diversidade de alimentos e nutrientes para diversas comunidades aquáticas, principalmente os  
263 peixes migradores que utilizam estes ambientes para o ciclo de vida, como áreas estratégicas  
264 de refúgio e de reprodução (Casatti *et al.* 2006; Makrakis *et al.* 2012). Estas áreas de proteção  
265 são vulneráveis aos impactos ambientais e frequentemente tem sido alvo das barragens hidre-  
266 létricas. No estudo de Jansson *et al.* (2000), é relatado estes impactos sobre a ictiofauna, na qual  
267 as áreas de vegetação foram fragmentadas, com danos na conectividade, interrupção da disper-  
268 são e perturbação de muitas espécies nativas.

269 A composição de vegetação ripária ocupa uma das áreas mais dinâmicas da paisagem  
270 (Gregory *et al.* 1991), isto condiciona o desenvolvimento de espécies de animais, vegetais e

271 habitat das comunidades de aquáticas (Casatti *et al.* 2010). Como por exemplo, os peixes de-  
272 pendem da temperatura do ambiente externo para manter o equilíbrio térmico. As temperaturas  
273 do meio se elevam com a retirada das florestas ripárias, o que expõe o meio aquático e interfere  
274 no controle metabólico dos organismos ectotérmicos (Pusey & Arthington, 2003). Estas regiões  
275 também mantem e suportam grandes variações hidrológicas, como as enchentes e secas, o que  
276 configura uma maior diversidade estrutural e composicional nestes habitats (Junk *et al.* 1989;  
277 Sedell *et al.* 1990).

278 As áreas inundáveis foram maiores conforme a extensão entre as bacias, este padrão pode  
279 ser condicionado pela precipitação regional que geram inundações previsíveis, como também  
280 mantido pela inclinação em que o relevo apresenta (Junk *et al.* 1989; Richey *et al.* 1989; Hess  
281 *et al.* 2003). Geralmente este padrão diminui com a área da bacia (Junk *et al.* 1989) como evi-  
282 denciada em nosso estudo. Também pode ser negativamente influenciada pela regulação dos  
283 rios com a presença de barragens hidrelétrica (Jansson *et al.* 2000), que provocam transforma-  
284 ções na morfologia da planície de inundação (Lasne *et al.* 2007; Downs & Gregory, 2014).  
285 Estas alterações no regime natural hidrológico têm ocasionado resultados desfavoráveis para a  
286 adaptação da vida biológica as novas condições (Thomaz *et al.* 2004).

287 A área de vegetação e de planície inundável mais evidente foi na bacia do rio Verde, esta  
288 ocorrência pode ser entendida como um ciclo da planície, pois quando o evento das cheias  
289 ocorre, há uma forte influência dos níveis fluviométricos sobre a vegetação, à medida que os  
290 níveis aumentam a vegetação diminui (Fragal *et al.* 2013). Após a recessão da cheia, as áreas  
291 cobertas pelas águas apresentam solo exposto (porém férteis com a carga de nutrientes oriundos  
292 da inundação) sobre o qual é iniciado o processo de sucessão da vegetação responsável pela  
293 rápida recolonização da planície (Fragal *et al.* 2013).

294 Para representação destes dados de vegetação e planície inundável, agrupamos as infor-  
295 mações em hierarquias para a visualização das distâncias euclidianas entre as bacias, na qual  
296 quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras (Neto & Moita,  
297 1997). Em nosso estudo verificamos que as maiores distancias exibiu relação com as menores  
298 áreas de vegetação e planície inundáveis, como também influenciadas pela quantidade mínima  
299 de espécies migradores presentes nestas regiões.

300 As áreas dos tributários parecem ser escolha de algumas espécies para a reprodução e  
301 alimentação como parte do ciclo de vida. Pois no estudo de Makrakis (*et al.* 2012) estes locais  
302 apresentam alta densidades de larvas de 21 famílias de peixes, representadas 17,2% por espécies  
303 migradoras de longas distâncias. Indicando estes ambientes como habitats de desova, visto que

304 as lagoas marginais presentes nas planícies de inundação, compõem as áreas de alimentação  
305 para as larvas e as cabeceiras dos rios presentes as áreas de vegetação, como locais de reprodu-  
306 ção, principalmente realizadas pelas espécies migratórias (Makrakis *et al.* 2012). Silva (*et al.*  
307 2015) também avaliou estes tributários e confirmou a presença de 9 espécies migradoras de  
308 longa distância. Assim, confirma a existência de indivíduos adultos que possam estar utilizando  
309 a passagem de Porto Primavera para a transposição, o que pode ser indicado como uma forte  
310 relação da composição das larvas amostrados. A alta diversidade de genes encontrados nos  
311 afluentes por Ferreira (*et al.* 2016) acima do reservatório de Porto Primavera, indica ser possi-  
312 velmente uma área de influência da passagem, o que justifica a conectividade entre estes habi-  
313 tats.

314 O que difere dos argumentos de Pompeu (*et al.* 2012) sobre o conceito de eficiência de  
315 passagem para peixes da América do Sul, para manter populações viáveis. Sobre não existir  
316 movimentos de larvas, ovos e peixes adulto, a montante dos empreendimentos que possuem  
317 passagem, inclusive a de Porto Primavera. Como também, não podemos descartar a existência  
318 da possibilidade destes indivíduos acessarem as turbinas como forma de passagem. O mesmo  
319 autor destaca que a maioria das passagens não fornecem subsídios para o recrutamento dos  
320 peixes migradores e que estas não podem ser utilizadas como ferramentas de gerenciamento e  
321 de conservação. Estes tributários compreendem um dos principais habitats para a sobrevivência  
322 das comunidades aquáticas. Possuindo uma das mais altas diversidades genéticas do *P. lineatus*  
323 encontradas na região, comprovada pela variedade da população que demonstram ser uma es-  
324 pécie com alta taxa de migração (Ferreira *et al.* 2016).

325 Dentre os trechos amostrados o rio Verde apresentou ser o local com maior diversidade  
326 genética para o *P. lineatus* seguido pelo rio Pardo (Ferreira *et al.* 2016). O que respalda os  
327 valores encontrados de áreas de vegetação e de planícies inundável nestes tributários. O que  
328 torna evidencias de preferencias destes habitats importantes pelas espécies migradoras de longa  
329 distância. Verificamos que as bacias hidrográficas possuem perturbação ou estão degradadas,  
330 com alteração da condição ambiental em relação a presença de vegetação. Os tributários mesmo  
331 sob influência de barragens hidrelétricas e com poucas áreas de vegetação, são condicionantes  
332 estratégicos de conservação para a ictiofauna. Estes habitats possuem papel primordial na per-  
333 manência e restauração das comunidades ícticas, mantêm e conservam a diversidade aquática  
334 para as espécies de peixes migradores neotropicais.

335  
336

## 337 Referências

- 338  
339 Agência Nacional de Águas - ANA. Delimitação de bacias hidrográficas.  
340 **URL:** <https://sosgisbr.com/2011/07/14/ottobacias-shapefiles-para-download/>  
341
- 342 Agostinho, A., Pelicice, F., Petry, A., Gomes, L., and Júlio Jr, H. (2007) Fish diversity in the upper  
343 Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem*  
344 *Health & Management* **10**(2), 174-186.  
345 **URL:** <https://doi.org/10.1080/14634980701341719>  
346
- 347 Brasil. Lei 5.886 de 7 de abril de 1995. Dispõe sobre a proteção e indenização aos ocupantes de  
348 áreas atingidas por projetos de construção de barragens, usinas hidrelétricas e dá outras provi-  
349 dências.  
350 **URL:** [https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro66296/docu-](https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro66296/documento%201.pdf)  
351 [mento%201.pdf](https://sogi8.sogi.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro66296/documento%201.pdf)  
352
- 353 Brasil. Lei 15446 de 15 de janeiro de 2007. Torna obrigatória a construção de canais apropriados  
354 para facilitar a piracema nos reservatórios das usinas geradoras de eletricidade de propriedade  
355 do Governo do Estado do Paraná.  
356 **URL:** [http://www.leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-15446-2007-parana-torna-obrigatoria-](http://www.leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-15446-2007-parana-torna-obrigatoria-a-construcao-de-canais-apropriados-para-facilitar-a-piracema-nos-reservatorios-das-usinas-geradoras-de-eletricidade-de-propriedade-do-governo-do-estado-do-parana)  
357 [a-construcao-de-canais-apropriados-para-facilitar-a-piracema-nos-reservatorios-das-usinas-](http://www.leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-15446-2007-parana-torna-obrigatoria-a-construcao-de-canais-apropriados-para-facilitar-a-piracema-nos-reservatorios-das-usinas-geradoras-de-eletricidade-de-propriedade-do-governo-do-estado-do-parana)  
358 [geradoras-de-eletricidade-de-propriedade-do-governo-do-estado-do-parana](http://www.leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-15446-2007-parana-torna-obrigatoria-a-construcao-de-canais-apropriados-para-facilitar-a-piracema-nos-reservatorios-das-usinas-geradoras-de-eletricidade-de-propriedade-do-governo-do-estado-do-parana)  
359
- 360 Brasil. Lei 12.488, de 09 de abril de 1997. Torna obrigatória a construção de escadas para peixes  
361 de piracema em barragem edificada no Estado.  
362 **URL:** [http://www.ctpeixes.ufmg.br/html/conteudo/lei\\_12488.htm](http://www.ctpeixes.ufmg.br/html/conteudo/lei_12488.htm)  
363
- 364 Brasil. Lei 9.798 de 07 de outubro de 1997. Dispõe sobre a construção de escadas para peixes em  
365 barragens edificadas em cursos de água de domínio do Estado.  
366 **URL:** [http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Lei/1997/lei\\_9798\\_1997\\_esca-](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Lei/1997/lei_9798_1997_escadasparapeixesbarragens_sp.pdf)  
367 [dasparapeixesbarragens\\_sp.pdf](http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Lei/1997/lei_9798_1997_escadasparapeixesbarragens_sp.pdf)  
368
- 369 Barton, D.R., Taylor, W.D., and Biette, R.M. (1985) Dimensions of riparian buffer strips required  
370 to maintain trout habitat in southern Ontario streams. *North American Journal of Fisheries*  
371 *Management* **5**(3A), 364-378.  
372 **URL:** DOI: 10.1577/1548-8659(1985)5<364:DORBSR>2.0.CO;2  
373
- 374 Berezuk, A.G., Silva, C.A.d., Lamoso, L.P., and Schneider, H. (2017) Climate and Production:  
375 The Case of the Administrative Region of Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Cli-*  
376 *mate* **5**(3), 49-49.  
377 **URL:** <https://doi.org/10.3390/cli5030049>  
378
- 379 Biehl, L., and Landgrebe, D. (2002) MultiSpec: A Tool for Multispectral--hyperspectral Image  
380 Data Analysis. *Comput. Geosci.* **28**(10), 1153-1159.  
381 **URL:** [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00033-X)  
382
- 383 Bolstad, P., and Lillesand, T.M. (1991) Rapid maximum likelihood classification. *Photogrammet-*  
384 *ric Engineering and Remote Sensing* **57**(1), 67-74.  
385 **URL:** [https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025925636&part-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025925636&partnerID=40&md5=ca604b8610b9b5206c5becb489ff45c4)  
386 [nerID=40&md5=ca604b8610b9b5206c5becb489ff45c4](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0025925636&partnerID=40&md5=ca604b8610b9b5206c5becb489ff45c4)

387

388 Brasil L. M. (1989) Decreto nº 97.632, de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do  
389 Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.  
390 *Diário [da] República Federativa do Brasil*.

391

392 Brasil, L. N (2000) 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e  
393 VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natu-  
394 reza e dá outras providências. In 'Congresso Nacional, Brasília', 2000.

395

396 Brasil, L. N (2001) 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981. *Dispõe sobre a Política Nacional do*  
397 *Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.*  
398 *Disponível em: www.planalto.gov.br. Acessado em 14.*

399

400 Brasil L. N (2012) 12.727/2012, de 17 de outubro de 2012 Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio  
401 de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de  
402 agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e  
403 revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida  
404 Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no  
405 6.015, de 31 de dezembro de 1973, eo § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012.  
406 *Diário Oficial da União 1.*

407

408 Bunn, S.E., and Arthington, A.H. (2002) Basic principles and ecological consequences of altered  
409 flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental management* **30**(4), 492-507.

410 **URL:** <https://doi.org/10.1007/s00267-002-2737-0>

411

412 Bussab, W.d.O. (1990) 'Introdução à análise de agrupamentos.' (ABE, 1990. 105 p.)

413 **URL:** <https://pt.scribd.com/doc/4567031/Livro-de-Analise-de-Agrupamento>

414

415 Camps-Valls, G., Tuia, D., Bruzzone, L., and Benediktsson, J.A. (2014) Advances in hyperspectral  
416 image classification: Earth monitoring with statistical learning methods. *IEEE signal pro-*  
417 *cessing magazine* **31**(1), 45-54.

418 **URL:** <https://doi.org/10.1109/MSP.2013.2279179>

419

420 Casatti, L. (2010) Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ic-  
421 tiofauna/Changes in the Brazilian Forest Code: potential impacts on the ichthyofauna. *Biota*  
422 *Neotropica* **10**(4), 31-31.

423 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400002>

424

425 Casatti, L., Langeani, F., and Ferreira, C.P. (2006) Effects of physical habitat degradation on the  
426 stream fish assemblage structure in a pasture region. *Environmental management* **38**(6), 974-  
427 974.

428 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-005-0212-4>

429

430 Christofolletti, A. (1980) Geomorfologia.

431 **URL:** <https://pt.scribd.com/document/318672614/Geomorfologia-Antonio-Christofolletti-pdf>

432

433 Clinnick, P.F. (1985) Buffer strip management in forest operations: a review. *Australian Forestry*  
434 **48**(1), 34-45.

435 **URL:** <https://doi.org/10.1080/00049158.1985.10674421>

436

- 437 Colwell, R.N. (1983) Manual of remote sensing, American Society of Photogrammetry. *Falls*  
438 *Church, VA.*
- 439
- 440 Corbi, J.J., Strixino, S.T., Santos, A.d., and Del Grande, M. (2006) Environmental diagnostic of  
441 metals and organochlorinated compounds in streams near sugar cane plantations activity (São  
442 Paulo State, Brazil). *Química Nova* **29**(1), 61-65.
- 443 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100013>
- 444
- 445 Dias, D.C.d.S., Silva, N.C.d., Alberti, H.L.C., and Guerrero, E.T.Z. (2011) The importance of ge-  
446 oprocessing tools in radiometric monitoring of large areas.
- 447 **URL:** [http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/42/109/42109438.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/109/42109438.pdf)
- 448
- 449
- 450 Downs, P., and Gregory, K. (2014) 'River channel management: towards sustainable catchment  
451 hydrosystems.' (Routledge)
- 452 **URL:** [https://books.google.com.br/books/about/River\\_Channel\\_Manage-](https://books.google.com.br/books/about/River_Channel_Management.html?id=AVNjQgAACAAJ&redir_esc=y)  
453 [ment.html?id=AVNjQgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/River_Channel_Management.html?id=AVNjQgAACAAJ&redir_esc=y)
- 454
- 455 Ellis, E.C. (2013) Sustaining biodiversity and people in the world's anthropogenic biomes. *Current*  
456 *Opinion in Environmental Sustainability* **5**(3-4), 368-372.
- 457 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.07.002>
- 458
- 459 Faceli, K., Lorena, A.C., Gama, J., and Carvalho, A. (2011) Inteligência Artificial: Uma aborda-  
460 gem de aprendizado de máquina. *Rio de Janeiro: LTC* **2**, 192-192.
- 461 **URL:** [http://bdpi.usp.br/single.php?\\_id=002208293](http://bdpi.usp.br/single.php?_id=002208293)
- 462
- 463 Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L.i., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena,  
464 G.M., and Martin, J.-L. (2011) Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in  
465 agricultural landscapes. *Ecology letters* **14**(2), 101-112.
- 466 **URL:** <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x>
- 467
- 468 Ferreira, D.G., Souza-Shibatta, L., Shibatta, O.A., Sofia, S.H., Carlsson, J., Dias, J.H.P., Makrakis,  
469 S., and Makrakis, M.C. (2016) Genetic structure and diversity of migratory freshwater fish in a  
470 fragmented Neotropical river system. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **27**(1), 209-231.
- 471 **URL:** [http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1111/j.1095-](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1111/j.1095-8649.2012.03346.x)  
472 [8649.2012.03346.x](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1111/j.1095-8649.2012.03346.x)
- 473
- 474 Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe,  
475 M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., and others (2005) Global consequences of land use. *science*  
476 **309**(5734), 570-574.
- 477 **URL:** DOI: 10.1126/science.1111772
- 478
- 479 Fragal, E.H., Alves, F.C., and de Souza Filho, E.E. (2013) A influência da inundação na dinâmica  
480 da vegetação da planície fluvial do Alto rio Paraná em 2007. *Revista Brasileira de Geomorfo-*  
481 *logia* **13**(3).
- 482 **URL:** DOI10.20502/rbg.v13i3.229
- 483
- 484 Francelino, M.R., Filho, E.I.F., Schimith, R.S., and Vieira, E.M. (2003) Utilização de imagem  
485 ASTER na determinação de classes de uso do solo no Município de Viçosa, MG. *Simpósio*  
486 *Brasileiro de Sensoriamento Remoto* **11**, 1297-1301.

487 **URL:** <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.00/doc/3747.pdf>  
488

489 Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., and Cummins, K.W. (1991) An ecosystem perspec-  
490 tive of riparian zones. *BioScience* **41**(8), 540-551.  
491 **URL:** <http://oregonstate.edu/instruction/fw580/pdf/1.%20Riparian%20Zones.pdf>  
492

493 Hess, L.L., Melack, J.M., Novo, E.M.L.M., Barbosa, C.C.F., and Gastil, M. (2003) Dual-season  
494 mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. *Remote sensing*  
495 *of environment* **87**(4), 404-428.  
496 **URL:** DOI:10.1016/j.rse.2003.04.001  
497

498 Jansson, R., Nilsson, C., and Renöfält, B. (2000) Fragmentation of riparian floras in rivers with  
499 multiple dams. *Ecology* **81**(4), 899-903.  
500 **URL:** [http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1890/0012-](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1890/0012-9658(2000)081[0899:FORFIR]2.0.CO;2)  
501 [9658\(2000\)081\[0899:FORFIR\]2.0.CO;2](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1890/0012-9658(2000)081[0899:FORFIR]2.0.CO;2)  
502

503 Jensen, J.R. (1996) Introductory digital image processing. *A Remote Sensing Perspective*, 197-  
504 256.  
505

506 Junk, W.J., P.B. Bayley, R.E. Sparks. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems.  
507 pp. 110-127  
508 **URL:** [https://www.nrem.iastate.edu/class/assets/aecl518/Discussion%20Read-](https://www.nrem.iastate.edu/class/assets/aecl518/Discussion%20Readings/Junk_et_al._1989.pdf)  
509 [ings/Junk\\_et\\_al.\\_1989.pdf](https://www.nrem.iastate.edu/class/assets/aecl518/Discussion%20Readings/Junk_et_al._1989.pdf)  
510

511 Kazyak, P.F. (2001) Maryland biological stream survey sampling manual. Maryland Department  
512 of Natural Resources, Annapolis, MD.  
513 **URL:** <https://doi.org/10.1007/s002679900184>  
514

515 Lammert, M., and Allan, J.D. (1999) Assessing biotic integrity of streams: effects of scale in meas-  
516 uring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates. *En-*  
517 *vironmental management* **23**(2), 257-270.  
518 **URL:** <https://doi.org/10.1007/s002679900184>  
519

520 Landis, J.R., and Koch, G.G. (1977) The measurement of observer agreement for categorical data.  
521 *biometrics*, 159-174.  
522 **URL:** <http://www.jstor.org/stable/2529310>  
523

524 Lasne, E., Lek, S., and Laffaille, P. (2007) Patterns in fish assemblages in the Loire floodplain: the  
525 role of hydrological connectivity and implications for conservation. *Biological Conservation*  
526 **139**(3-4), 258-268.  
527 **URL:** <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.002>  
528

529 Legendre, P., and Legendre, L.F.J. (2012) 'Numerical ecology.' (Elsevier)  
530 **URL:** ISBN: 9780444538697  
531

532 Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., and others (1994) Remote sensing and image interpretation. *Remote*  
533 *sensing and image interpretation*.(Ed. 3).  
534 **URL:** ISBN-10: 0131453610  
535

536 Linden, R. (2009) Técnicas de agrupamento. *Revista de Sistemas de Informação da FSMA* **4**, 18-

537 36.

538 **URL:** [http://www.fsma.edu.br/si/edicao4/FSMA\\_SI\\_2009\\_2\\_Tutorial\\_en.html](http://www.fsma.edu.br/si/edicao4/FSMA_SI_2009_2_Tutorial_en.html)

539

540 Lorion, C.M., and Kennedy, B.P. (2009) Riparian forest buffers mitigate the effects of deforestation on fish assemblages in tropical headwater streams. *Ecological Applications* **19**(2), 468-479.

542 **URL:** DOI:10.1890/08-0050.1

544

545 Lucas, M.C., and Baras, E. (2001) Migration of Freshwater Fishes Blackwell Science Ltd. (London)

546 **URL:** ISBN - 978-0-632-05754-2

548

549 Makrakis, M.C., da Silva, P.S., Makrakis, S., de Lima, A.F., de Assumpção, L., de Paula, S., Miranda, L.E., and Dias, J.H.P. (2012) Spawning and nursery habitats of neotropical fish species in the tributaries of a regulated river.

550 **URL:** [https://www.researchgate.net/publication/274835819\\_Spawning\\_and\\_nursery\\_habitats\\_of\\_Neotropical\\_fish\\_species\\_in\\_the\\_tributaries\\_of\\_a\\_regulated\\_river/overview](https://www.researchgate.net/publication/274835819_Spawning_and_nursery_habitats_of_Neotropical_fish_species_in_the_tributaries_of_a_regulated_river/overview)

554

555 Makrakis, S., Makrakis, M.C., Wagner, R.L., Dias, J.H.P., and Gomes, L.C. (2007) Utilization of the fish ladder at the Engenheiro Sergio Motta Dam, Brazil, by long distance migrating potamodromous species. *Neotropical Ichthyology* **5**(2), 197-204.

556 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252007000200014>

559

560 Markus Neteler, H.M. (2008) 'Open source GIS: a GRASS GIS approach.' 3rd edn. (Springer)

561 **URL:** DOI - 10.1007/978-0-387-68574-8

562

563 Müller, S.I.M.G., Dalmolin, Q., and Araki, H. (1999) Comparação entre os métodos de máxima verossimilhança, distância mínima e o método de Fisher para reconhecimento de padrões em imagens coloridas. *Boletim de Ciências Geodésicas* **4**(1).

564 **URL:** <http://revistas.ufpr.br/bcg/article/download/1496/1250>

567

568 Naiman, R.J., and Decamps, H. (1997) The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual review of Ecology and Systematics* **28**(1), 621-658.

569 **URL:** <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>

571

572 Nascimento, P.S.R. (1997) Avaliação de técnicas de segmentação e classificação em imagens Landsat-TM visando o mapeamento de unidades de paisagem na Amazônia. *São José dos Campos. Dissertação (Mestrado)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE.*

573 **URL:** <http://www.scielo.br/pdf/aa/v28n1/1809-4392-aa-28-1-0041.pdf>

576

577 Paiva, M.i.P. (1982) Grandes represas do Brasil. (Editerra)

578

579 Pander, J., Mueller, M., and Geist, J. (2013) Ecological functions of fish bypass channels in streams: migration corridor and habitat for rheophilic species. *River Research and Applications* **29**(4), 441-450.

580 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/rra.1612>

583

584 Pimm, S.L., and Raven, P. (2000) Biodiversity: extinction by numbers. *Nature* **403**(6772), 843-843.

585 **URL:** DOI – 10.1038/35002708

586

587

588 Pompeu, P.d.S., Agostinho, A.A., and Pelicice, F.M. (2012) Existing and future challenges: the  
589 concept of successful fish passage in South America. *River Research and Applications* **28**(4),  
590 504-512.

591 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/rra.1557>

592

593 Pusey, B.J., and Arthington, A.H. (2003) Importance of the riparian zone to the conservation and  
594 management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research* **54**(1), 1-16.

595 **URL:** <https://doi.org/10.1071/MF02041>

596

597 Reis, L.i.N.G., and Nishiyama, L. (2017) A estrutura espacial dos fragmentos de vegetação nativa  
598 da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari em Minas Gerais. *Geosul* **32**(65), 30-48.

599 **URL:** <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2017v32n65p30>

600

601 Richey, J.E., Nobre, C., and Deser, C. (1989) Amazon River discharge and climate variability:  
602 1903 to 1985. *Science* **246**(4926), 101-103.

603 **URL:** <https://doi.org/10.1126/science.246.4926.101>

604

605 Riseng, C.M., Wiley, M.J., Black, R.W., and Munn, M.D. (2011) Impacts of agricultural land use  
606 on biological integrity: a causal analysis. *Ecological Applications* **21**(8), 3128-3146.

607 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1890/11-0077.1>

608

609 Santos, F.B., Ferreira, F.C., and Esteves, K.E. (2015) Assessing the importance of the riparian  
610 zone for stream fish communities in a sugarcane dominated landscape (Piracicaba River Basin,  
611 Southeast Brazil). *Environmental Biology of Fishes* **98**(8), 1895-1912.

612 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1007/s10641-015-0406-4>

613

614 Santos, H.A. (2004) Metodologia de medição de velocidade prolongada crítica e de explosão das  
615 espécies de peixes migradoras do Brasil.

616

617 Sedell, J.R., and Froggatt, J.L. (1984) Importance of streamside forests to large rivers: The isola-  
618 tion of the Willamette River, Oregon, USA, from its floodplain by snagging and streamside  
619 forest removal: With 2 figures and 1 table in the text. *Internationale Vereinigung für theo-  
620 retische und angewandte Limnologie: Verhandlungen* **22**(3), 1828-1834.

621 **URL:** <https://doi.org/10.1080/03680770.1983.11897581>

622

623 Silva, P.S., Makrakis, M.C., Miranda, L.E., Makrakis, S., Assumpção, L., Paula, S., Dias, J.H.P.,  
624 and Marques, H. (2015) Importance of reservoir tributaries to spawning of migratory fish in the  
625 upper Paraná River. *River research and applications* **31**(3), 313-322.

626 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/rra.2755>

627

628 Tan, P.N., Steinbach, M., and Kumar, V. (2007) Introduction to Data Mining: Pearson Education  
629 , India. *Chapter 9*, 624-624.

630 **URL:** ISBN-13 - 9780321335654

631

632 Thomaz, S.M., Agostinho, A.A., and Hahn, N.S. (2004) 'The Upper Paraná River and its flood-  
633 plain: physical aspects, ecology and conservation.' (Backhuys Publishers)

634 **URL:** <https://searchworks.stanford.edu/view/5814880>

635

636 Vanzela, L., Hernandez, F.B.T., Franco, R.A.M., and others (2010) Influência do uso e ocupação

- 637 do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de En-*  
638 *genharia Agrícola e Ambiental-Agriambi* **14**(1).
- 639 **URL:** <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>
- 640
- 641 Vicini, L., and Souza, A.M. (2005) Análise multivariada da teoria à prática. *Santa Maria: UFSM,*  
642 *CCNE.*
- 643 **URL:** [http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LI-](http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LI-VRO%20FINAL%201.pdf)  
644 [VRO%20FINAL%201.pdf](http://w3.ufsm.br/adriano/livro/Caderno%20dedatico%20multivariada%20-%20LI-VRO%20FINAL%201.pdf)
- 645
- 646 Villard, M.-A., and Metzger, J.P. (2014) Beyond the fragmentation debate: a conceptual model to  
647 predict when habitat configuration really matters. *Journal of Applied Ecology* **51**(2), 309-318.
- 648 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1111/1365-2664.12190>
- 649
- 650 Ward, J.V., and Stanford, J.A. (1995) Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its  
651 disruption by flow regulation. *River Research and Applications* **11**(1), 105-119.
- 652 **URL:** <http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/rrr.3450110109>
- 653
- 654 Ward, J.W., and Stanford, J.A. (1983) Intermediate-disturbance hypothesis: an explanation for  
655 biotic diversity patterns in lotic ecosystems. *Dynamics of Lotic Systems, Ann Arbor Science,*  
656 *Ann Arbor MI. 1983. 347-356 p, 2 fig, 35 ref.*
- 657
- 658 Ward, J., Tockner, K., and Schiemer, F. (1999) Biodiversity of floodplain river ecosystems: eco-  
659 tones and connectivity. *Regulated rivers: research & management* **15**(1), 125-139.
- 660 **URL:** [http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/\(SICI\)1099-](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3%3C125::AID-RRR523%3E3.0.CO;2-E)  
661 [1646\(199901/06\)15:1/3%3C125::AID-RRR523%3E3.0.CO;2-E](http://onlinelibrary.wiley.com/enhanced/exportCitation/doi/10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3%3C125::AID-RRR523%3E3.0.CO;2-E)
- 662
- 663 Zhu, G., and Blumberg, D.G. (2002) Classification using ASTER data and SVM algorithms; The  
664 case study of Beer Sheva, Israel. *Remote sensing of Environment* **80**(2), 233-240.
- 665 **URL:** [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00305-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00305-4)