



Universidade Federal do Oeste do Pará
Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-graduação e Inovação Tecnológica
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA
Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos

**ESTRUTURA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NA
VÁRZEA DO BAIXO RIO AMAZONAS**

POLIANE BATISTA DA SILVA

Santarém, Pará
Fevereiro, 2019

POLIANE BATISTA DA SILVA

**ESTRUTURA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NA
VÁRZEA DO BAIXO RIO AMAZONAS**

ORIENTADOR: DR. FRANK RAYNNER VASCONCELOS RIBEIRO

CO-ORIENTADORA: DRA. CAROLINE CHAVES ARANTES

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para
obtenção do título de mestre em Recursos Aquáticos
Continental Amazônicos pela Universidade Federal do
Oeste do Pará

Santarém, Pará
Fevereiro, 2019

**ESTRUTURA TAXONÔMICA E FUNCIONAL DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NA
VÁRZEA DO BAIXO RIO AMAZONAS**

POLIANE BATISTA DA SILVA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos - PPG-RACAM como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos, com ênfase em conservação e biodiversidade. A comissão examinadora abaixo considera a discente APROVADA.

Orientador:



Frank Raynner Vasconcelos Ribeiro

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Banca examinadora:




Prof. Dra. Sheyla Regina Marques Couceiro

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA



Prof. Dra. Andrea Pontes Viana – UFOPA

Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA



Prof. Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas

Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

S586e Silva, Poliane Batista da
Estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes na várzea do
Baixo rio Amazonas / Poliane Batista da Silva. - Santarém, 2019.
73 f. : il. color.

Orientador: Dr. Frank Raynner Vasconcelos Ribeiro; Coorientadora: Dra.
Caroline Chaves Arantes.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto
de Ciências e Tecnologia das Águas, Programa de Pós-graduação em Re-
cursos Aquáticos Continentais Amazônicos.

1. Biodiversidade. 2. Planícies de alagação. 3. Amazônia. 4. Ictiofauna. I.
Ribeiro, Frank Raynner Vasconcelos, orient. II. Arantes, Caroline Chaves, co-
orient. III. Título.

CDD: 23. ed. 578.76

Sinopse:

Investigou-se as relações entre a variação hidrológica e tipos de habitats com a estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes na várzea do baixo rio Amazonas.

Palavras-chaves: Biodiversidade; Planícies de alagação; Amazônia; Ictiofauna

AGRADECIMENTOS

A Deus pela proteção e companhia constante;

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos (PPG-RACAM) e a Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) por toda infraestrutura concedida, e todos os docentes e colegas do RACAM pela contribuição na minha formação;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Frank Raynner por me aceitar como orientanda e por ter sido um excelente orientador, dando sugestões e conselhos pertinentes durante o desenvolvimento desse trabalho.

A minha amiga e co-orientadora Dra. Caroline Arantes, que desde o dia que a conheci vem proporcionando diversas experiências profissionais importantes na minha vida. E mais uma vez no meu mestrado ofereceu todo suporte para desenvolvimento da dissertação. Sou muito grata e te admiro demais, Carol!

Ao Prof. Ms. André Canto por todo auxílio durante o período que eu frequentei a coleção ictiológica e também pela supervisão no estágio de docência, seus ensinamentos foram valiosos.

Aos meus pais Marise e Paulo, que são os maiores apoiadores de todos os meus projetos de vida. Obrigada pelos princípios, cuidados e amor oferecidos a mim. Meu irmão Paulo Wagner e minha irmã Regiane, que sempre vibram com minhas realizações. Minha vó Zila, que até hoje com seus 94 anos é sempre tão amorosa e preocupada comigo. Meus sobrinhos, Guilherme e Miguel (a caminho), que são minhas gotinhas de inspiração. Minha cunhada Jéssica, uma pessoa que chegou nas nossas vidas para trazer mais alegria. Obrigada, família!

Ao meu amado Raphael pelo seu amor, companheirismo e pelas “dicas científicas”.

Aos meus colegas da SAPOPEMA Toby, Socorro, Antônio, Wandicleia, Fábio, Alessandro e Nalinda, por apoiarem meu sonho do mestrado e me proporcionarem o privilégio de atuar profissionalmente na várzea, um dos lugares que eu mais amo estar.

Aos colegas da coleção ictiológica Hugo, Thaís, Jordson, Alberto, Marcos, Raianny e Cláudia pelas suas contribuições nas minhas atividades e pela convivência harmoniosa e descontraída;

Às amigas cultivadas ao longo dessa vida Karen, Pauli, Neide, Nádia, Sabrine, Dayana, Adriane, Michelle, Michiane, Jamile, Andressa, Rafaella, Orlanda (dinda), Aline, Priscila, Manuele e Clara, que sempre estiveram na torcida pelo meu sucesso;

E a todos que ajudaram de alguma forma para realização desse trabalho e não foram citados aqui, MUITO OBRIGADA!!!

*“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar
novas paisagens, e sim em ter novos olhos”*

MARCEL PROUST

RESUMO

A heterogeneidade espacial e dinâmica sazonal da várzea do rio Amazonas sustenta sua alta diversidade e produtividade de peixes. Neste estudo foi investigado as relações entre as variações hidrológicas e os tipos de habitats com a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes na várzea do baixo rio Amazonas. Amostragens de peixes foram realizadas em áreas de 440 habitats distribuídos entre lagos, canais, florestas e campos herbáceos durante os períodos de águas altas, vazante, águas baixas e enchente. A Cota do nível do rio, variáveis ambientais locais e características da paisagem também foram coletadas para analisar suas relações com a estrutura das assembleias. Foram coletados 16.053 indivíduos distribuídos entre 194 espécies, 118 gêneros, 34 famílias e nove ordens. Análises de redundância indicaram que a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes foram associadas à cota do rio, bem como com condições ambientais locais, da paisagem e espacial. Piscívoros, planctívoros e onívoros, assim como espécies com história de vida periódica e intermediária, foram mais fortemente associados com níveis altos da água. Durante níveis mais baixos da água, os herbívoros, invertívoros e detritívoros foram os grupos mais representativos, assim como espécies de tamanho corporal grande com história de vida de equilíbrio. As análises de NMDS e de dissimilaridade demonstraram diferenças entre as composições tróficas dos habitats durante o período de águas altas, sendo que lagos e canais foram mais similares entre si e dissimilares de habitats de florestas e campos. Valores médios de biomassa em termos de CPUE de invertívoros, onívoros e piscívoros foram maiores na floresta, enquanto que de detritívoros e planctívoros em lagos, e herbívoros em campos. Os resultados sugerem que alterações no regime hidrológico natural e a degradação de habitats possivelmente impactam negativamente a estrutura taxonômica e funcional e a distribuição da biomassa da fauna ictica na várzea. Desta forma, a manutenção dos regimes hidrológicos naturais e preservação dos mosaicos de habitats são essenciais para conservação da diversidade taxonômica e funcional dos peixes nesse ecossistema.

Palavras-chaves: Biodiversidade, Planícies de inundação, Amazônia, Ictiofauna

ABSTRACT

The spatial heterogeneity and seasonal dynamics of the floodplain of the Amazon River support its high fish diversity and productivity. This study investigated relationships between hydrological variations and habitat types with the taxonomic and functional composition and structure of lowland floodplain fish assemblages. Fishes were sampled in areas of 440 habitats distributed among lakes, channels, forests and herbaceous during periods of low, rising, high, and falling-water. The river level quota, local environmental variables and landscape characteristics were also collected to analyze their relationships with the assemblage structure. A total of 16,053 individuals were collected from 194 species, 118 genera, 34 families and nine species. Redundancy analyzes indicated that the taxonomic and functional composition and structure of the fish assemblages were associated with water levels, as well as with local environmental, landscape and spatial variables. Piscivores, planktivores and omnivores as well as species with periodic and intermediate life history. were more strongly associated with high water levels. During low water levels, herbivores, invertivores and detritivores as well as species of large body size with equilibrium life history were the most representative groups. NMDS and dissimilarity analyzes showed differences between the trophic compositions of the habitats during the high water period, with lakes and channels being more similar to each other and dissimilar to forest and herbaceous habitats. Mean values of biomass in terms of CPUE of invertivores, omnivores and piscivores were higher in the forest, while of detritivores and planktivores in lakes, and herbivores in herbaceous. These results suggest that changes in the natural hydrological regime and the degradation of habitats are likely to negatively impact the abundance and biomass levels and the taxonomic and functional structure of the tropical lowland fish fauna. Therefore, to conserve the productivity and taxonomic and functional diversity of fishes in the Amazonian floodplain it is necessary to conserve natural hydrological regimes as well as mosaics of habitat types within the ecosystem.

Key words: Biodiversity, Floodplains, Amazônia, Ichthyofauna

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
Capítulo 01. Silva, P.S., Arantes, C.C., Ribeiro, F.R.V. Efeitos da hidrologia na estrutura das assembleias de peixes na várzea do baixo rio Amazonas. Manuscrito em preparação para revista “ <i>Ecology of Freshwater Fish</i> ”	15
Introdução	16
Materiais e métodos	17
Área de estudo	17
Coleta de dados	19
Classificação funcional	20
Análises de dados	21
Resultados	22
Discussão	27
Referências	32
Material suplementar	37
Capítulo 02. Silva, P.S., Arantes, C.C., Ribeiro, F.R.V. Distribuição de guildas tróficas de peixes em habitats da várzea do baixo Amazonas durante o período de inundação. Manuscrito em preparação para revista “ <i>Neotropical Ichthyology</i> ”	39
Introdução	40
Materiais e métodos	41
Área de estudo	41
Coleta de dados	42
Análises de dados	42
Resultados	43
Discussão	48
Referências	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (INTRODUÇÃO GERAL)	55
ANEXO A: Instrução para publicação na revista “ <i>Ecology of Freshwater Fish</i> ”	60
ANEXO A: Instrução para publicação na revista “ <i>Neotropical Ichthyology</i> ”	64

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 01

TABELA 1 Valores médios e desvio padrão (entre parênteses) da cota do nível do rio, das variáveis ambientais locais e da paisagem da várzea do baixo rio Amazonas.....21

TABELA 2 Auto-vetores das variáveis ambientais locais e da paisagem para os dois primeiros componentes principais.....24

TABELA 3 Resultados das análises de redundância (RDA) baseado nos grupos taxonômicos das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. PC1_ambiental representa gradientes de profundidade, transparência e oxigênio dissolvido; PC2_ambiental os gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido; PC1_paisagem os gradientes de floresta e vegetação herbácea; PC2_paisagem os gradientes de água aberta; PCNM1 e PCNM2 representam as distâncias espaciais entre os habitats.....26

Tabela 4 Resultados das análises de redundância (RDA) baseada em grupos funcionais das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. PC1_ambiental representa gradientes de profundidade, transparência e oxigênio dissolvido; PC2_ambiental os gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido; PC1_paisagem os gradientes de floresta e vegetação herbácea; PC2_paisagem os gradientes de água aberta; PCNM1 e PCNM2 representam as distâncias espaciais entre os habitats.....26

TABELA 5 Classificação taxonômica, história de vida e trófica. RDA1 e RDA2 = valores dos scores dos dois primeiros eixos da RDA para análise considerando a composição das espécies.....27

TABELA S1 Matriz de correlação entre as variáveis explicativas: Cota = cota do rio, Flore. = Cobertura florestal, V.Herb. = vegetação herbácea, A.Aber. = água aberta, Prof. = profundidade, Trans. = transparência, Temp. = temperatura, Oxig. = oxigênio dissolvido. Valores em negrito correspondem às correlações fortes (0,7 a 0,9) ou moderadas (0,4 a 0,6).....38

CAPÍTULO 02

Tab. 1. Valores médios e desvio padrão da abundância total (CPUE_n), biomassa total (CPUE_b) e biomassa de detritívoros, herbívoros, invertívoros, onívoros, piscívoros e planctívoros nos habitats de campo, canal, floresta e lago da várzea do baixo rio Amazonas.....46

Tab. 2. Biomassa relativa em termos de CPUE para os habitats de canal, campo, floresta e lagos estudados durante o período de águas altas na várzea do baixo rio Amazonas.....47

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 02

FIGURA 1 Área de estudo: a várzea na região do baixo rio Amazonas, com indicação dos 20 sistemas de lagos amostrados.....19

FIGURA 2 Cotas do nível do rio medidas no município de Santarém entre abril de 2012 e maio de 2014. As setas indicam os períodos de coleta: águas altas (junho de 2012), vazante (final agosto e início de setembro de 2014), águas baixas (novembro) e enchente (final de fevereiro e início de março de 2014). Fonte ANA 2018.....19

FIGURA 3 Análises de Redundância (RDA) mostrando as associações entre variáveis estatisticamente significantes e as assembleias de peixes em termos de composição das espécies (a) e famílias (b) e com grupos funcionais de história de vida (c) e tróficos (d). Os nomes das espécies da imagem (a) foram removidos para melhor legibilidade. Seus *scores* dos dois primeiros eixos são disponibilizados na Tabela 5. Na imagem b, as abreviações correspondem as seguintes famílias: Acest = Acestrorhynchidae, Anost = Anostomidae, Auche = Auchenipteridae, Bryco = Bryconidae, Calli = Callichthyidae, Cichl = Cichlidae, Curim = Curimatidae, Cynod = Cynodontidae, Dorad = Doradidae, Engra = Engraulidae, Eryth = Erythrinidae, Hemio = Hemiodontidae, Loric = Loricariidae, Osteo = Osteoglossidae, Pimel = Pimelodidae, Prist = Pristigasteridae, Proch = Prochilodontidae, Sciae = Sciaenidae, Serra = Serrasalminae, Tripo = Triportheidae.....25

FIGURA S1 Análises de Componente Principais (PC1 e PC2) baseada as variáveis ambientais locais dos habitats na várzea do baixo rio Amazonas. Prof = profundidade, Trans = transparência, Temp=temperatura, Oxig=oxigênio dissolvido.....38

FIGURA S1 Análises de Componente Principais (PC1 e PC2) baseada na cobertura da paisagem (Floresta, Vegetação herbácea e água aberta) dos sistemas de lagos amostrados na várzea do baixo rio Amazonas.....39

CAPÍTULO 02

Fig. 1. Área de estudo: a várzea na região do baixo rio Amazonas, com indicação dos 17 sistemas de lagos amostrados.....43

Fig. 2. Médias e desvio padrão da biomassa (a) e abundância (b) em termos de CPUE em habitats de campo, canal, floresta e lago estudados na várzea do baixo rio Amazonas.....45

Fig. 3. Médias e desvio padrão da biomassa em termos de CPUE de piscívoros (a), onívoros (b), herbívoros (c), detritívoros (d), invertívoros (e) e planctívoros (f) nos habitats de campo, canal, floresta e lago da várzea do baixo rio Amazonas. Para melhor visualização os dados foram log transformados (\log_{10}).....45

Fig. 4. Ordenação multidimensional não-métrica (NMDS) obtida com os registros dos grupos tróficos coletados durante o período de águas altas nos habitats da várzea do baixo rio Amazonas utilizando-se o índice de Bray-Curtis (Stress = 0.1972). (■) Lago, (●) Canal, (◇) Floresta e (x) Campo.....47

Fig. 5. Contribuição de cada guilda trófica para dissimilaridade da composição das assembleias entre os habitats da várzea do baixo rio Amazonas de acordo com os resultados da análise SIMPER.....47

INTRODUÇÃO GERAL

O grupo dos peixes é o mais numeroso entre os vertebrados, com mais de 32.000 espécies válidas, representando mais da metade dos vertebrados conhecidos (Pough *et al.*, 2008; Nelson, 2016). Desse total de espécies de peixes, cerca de 43% habitam estritamente ambientes de água doce (Nelson, 2016). A maior parte dessa diversificada ictiofauna ocorre na região Neotropical, com registro de aproximadamente 5.400 espécies válidas (Reis *et al.*, 2016). No entanto, a totalidade da riqueza de espécies de peixes ainda não é plenamente conhecida, pois muitos habitats disponíveis não foram adequadamente amostrados e, até mesmo em áreas bem estudadas, muitas espécies estão sendo descritas (Pough *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2016). Estimativas demonstram que, em média, são descritas anualmente 100 novas espécies de peixes de águas doces continentais na América do Sul (Reis *et al.*, 2016).

A Bacia Amazônica contribui expressivamente para a diversificada ictiofauna de peixes de água doce, com cerca de 2.400 espécies válidas, das quais 1.089 (45%) são exclusivas da Bacia (Reis *et al.*, 2016). Muitas dessas espécies também possuem importância comercial (Batista *et al.*, 2002; Batista e Petrere Jr., 2003). Assim, a pesca na região amazônica tem considerável relevância social e econômica, provendo uma das principais fontes de renda e proteína animal consumida pelas populações ribeirinhas (Batista *et al.*, 2000; McGrath *et al.*, 2010) e parte considerável da proteína consumida pelas populações urbanas (Batista *et al.*, 2004; Isaac *et al.*, 2004; Cardoso e Freitas, 2008).

O elevado potencial pesqueiro e a alta riqueza de espécies de peixes da Bacia Amazônica, pelo menos em parte, pode ser atribuído a sua história paleohidrológica, heterogeneidade e diversidade de habitats e extensão de seu sistema fluvial. A rede hidrográfica da Bacia Amazônica representa a maior do planeta, com uma área de aproximadamente 6.869.000 km², abrangendo o território de sete países da América do Sul, mas contida em cerca de 60 % em território brasileiro (Hoorn *et al.*, 1995; Lundberg *et al.*, 1998; Neill *et al.*, 2006).

Dentre os ecossistemas da Bacia Amazônica que se destacam pela elevada biodiversidade e produtividade biológicas estão as planícies de inundação (Junk *et al.*, 2000). Estimativas indicam uma área alagável ao longo da Bacia de cerca de 800.000 km² (Melack e Hess, 2010). Especificamente, as áreas inundadas por ciclos anuais regulares de rios de água branca, como os rios Amazonas e Madeira, são denominadas de várzea (Sioli, 1951; Prance 1980). O ambiente da várzea amazônica é composto por uma variedade de habitats, como florestas, campos herbáceos, canais e lagos, que periodicamente são alagados pelo

transbordamento lateral dos rios, resultante principalmente do somatório das chuvas de toda a bacia de drenagem e do degelo nos Andes (Junk *et al.*, 1989; Marengo, 2006). Esse fenômeno, denominado de pulso de inundação, é o principal fator natural que controla a biota na várzea (Junk *et al.*, 1989).

Nos sistemas fluviais tropicais ou subtropicais com grandes bacias hidrográficas, tipicamente ocorre apenas um pico de inundação pronunciado por ano (Junk *et al.*, 1989). Por exemplo, o rio Solimões na Amazônia Central apresenta uma elevação máxima no nível da água de 10 a 12 metros entre os meses junho-julho e um período de vazão mínima em outubro-novembro (Ayres, 1995; Queiroz, 2007; Ramalho *et al.*, 2009). Assim, um ciclo hidrológico completo pode ser delimitado em quatro períodos: águas baixas, enchente, águas altas e vazante (Bittencourt e Amadio, 2007). Cada período assume características distintas e exerce notável influência na paisagem e na dinâmica do ecossistema, que, ao longo desse ciclo, apresenta diferentes graus de conectividade entre os habitats da várzea e o canal principal do rio (Junk *et al.*, 1989). É durante o período de inundação que as várzeas recebem as maiores quantidades de nutrientes e quando há maior diversidade de habitats acessíveis para os organismos aquáticos (Junk *et al.*, 1989; Thomaz *et al.*, 2007; Correa e Winemiller, 2014). Por isso, esse também é o principal período de desova e crescimento para a maioria das espécies de peixes (Lowe-McConnell, 1999; Benedito-Cecilio e Araujo-Lima, 2002, Lujan *et al.*, 2011).

Durante as águas baixas, a retração da área aquática limita o espaço, por isso nesse período os peixes habitam especialmente os lagos e canais permanentes da várzea (Lowe-McConnell, 1999; Castello, 2008). Quando o nível da água começa a subir, os diversos habitats começam a se conectar e os peixes podem migrar para fora dos lagos e dos canais e usar outros habitats, como as florestas inundadas (Goulding, 1980; Fernandez, 1997; Araujo-Lima e Ruffino *et al.*, 2003; Castello, 2008). Quando o nível da água atinge seus níveis mais altos, quase toda várzea está alagada e interconectada com o canal principal do rio, somente poucos habitats não alagam, como as restingas mais altas. Entretanto, o grau de dependência e a relação das espécies com uma determinada planície de inundação dependerá do seu ciclo de vida (Winemiller e Jepsen, 1998; Barthem e Fabr e, 2004; Castello, 2008; Makrakis *et al.*, 2012; Hud *et al.* 2016). Pois enquanto espécies mais sedentárias habitam a várzea durante todo o seu ciclo de vida, espécies migradoras utilizam esses habitats somente durante parte de seu ciclo de vida e migram para fora do sistema de várzea quando ela se conecta ao canal principal do rio (Winemiller 1992; Barthem e Fabr e 2004).

A dinâmica sazonal na várzea amazônica tem sido reconhecida como fator estruturante das assembleias de peixes. Por exemplo, o estudo de Saint-Paul *et al.* (2000), realizado na Amazônia Central, apontou diferenças na composição das comunidades de peixes em lagos de água branca e preta, frente a mudanças sazonais. Freitas e Garcez (2004) e Sousa e Freitas (2008) indicaram que a variação no nível da água e o fluxo do rio como fatores estruturantes das comunidades de peixes em canais da planície de inundação do rio Solimões. De forma similar, os estudos de Freitas *et al.* (2010) e Bevilaqua e Soares (2015) realizados, respectivamente, no sistema de lago Pucu-purupuru na ilha do Risco e em lagos na ilha da Paciência, na Amazônia Central, atribuíram à variação do nível da água e a conectividade com rio como os principais fatores que influenciaram a composição das assembleias de peixes.

Variáveis ambientais locais, da paisagem e espaciais também são apontadas como responsáveis pela estruturação das assembleias de peixes em ambientes de várzea. Petry *et al.* (2003) demonstraram que a organização das assembleias de peixes na Ilha de Marchantaria, a primeira ilha no rio Solimões a montante de sua confluência com o rio Negro, foi explicada pela profundidade, transparência, oxigênio dissolvido, macrófitas aquáticas e complexidade do habitat, sugerindo que as assembleias de peixes na planície de inundação da Amazônia não são associações aleatórias de espécies. Resultados de Correa *et al.* (2008) ao compararem as assembleias de peixes de macrófitas flutuantes e florestas inundadas em uma área de várzea no alto rio Amazonas demonstraram diferenças significativas na composição de espécies entre esses dois ambientes, e uma maior abundância e riqueza de espécies em florestas inundadas, a qual foi atribuída a complexidade estrutural do habitat.

Em planícies de inundação localizadas próxima à confluência dos rios Solimões e Negro, no médio rio Amazonas, foram verificadas diferenças na composição de espécies entre os períodos hidrológicos (águas altas e baixas) e os tipos de habitats (águas abertas, florestas inundadas e bancos de macrófitas) (Siqueira-Souza *et al.*, 2016). Nessa mesma região, no Lago Catalão, foram registradas mudanças na estrutura das assembleias de peixes frente à inundação anual (Ropke *et al.*, 2015) e interanual (Ropke *et al.*, 2017). Especificamente, o estudo de Ropke *et al.* (2017) demonstrou que a assembleia do lago assumiu uma composição e estrutura taxonômica e funcional diferente após uma seca intensa, sendo que os declínios em abundância foram mais pronunciados para espécies de história de vida de equilíbrio (caracterizadas pela baixa fecundidade e cuidado parental), espécie de grande porte de história de vida periódica (caracterizadas pela alta fecundidade e sem cuidado parental) e para todos os níveis tróficos, exceto consumidores primários.

No baixo rio Amazonas, embora não haja registros na literatura de estudos nessa região direcionando o conhecimento da influência de variações sazonais sobre as assembleias de peixes, é reconhecido que sua produção pesqueira varia sazonalmente, uma vez que a captura de espécies é dependente das flutuações naturais no nível do rio (Castello *et al.*, 2015; Isaac *et al.*, 2016). Também com base em dados de pesca do baixo rio Amazonas, foi encontrada forte associação de determinadas espécies com habitats específicos (Martello *et al.* 2008). Porém, embora esses resultados possam dar indicativos sobre requisitos ecológicos das espécies exploradas comercialmente, esses resultados não estão relacionados diretamente com estrutura das assembleias de peixes, porque são sujeitos, por exemplo, a mudanças nas estratégias e esforço de pesca aplicado pelos pescadores.

O único estudo desenvolvido no baixo rio Amazonas que considerou de fato a estrutura das assembleias de peixes, demonstrou que a cobertura florestal, bem como condições ambientais locais ligadas a gradientes de paisagem, estão fortemente associados à composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias e a padrões espaciais de biodiversidade de peixes da várzea (Arantes *et al.*, 2017). Em uma vertente similar, entretanto desenvolvida em lagos na planície da Amazônia Central ao longo do médio e baixo rio Solimões, Freitas *et al.* (2018) demonstraram que as assembleias de peixes respondem a mudanças na extensão espacial dos componentes da paisagem e que essas respostas são dependentes de estratégias ecológicas das espécies e do período hidrológico.

Todos estes estudos ajudaram a esclarecer o papel de variáveis ambientais na estruturação das assembleias de peixes da várzea. Contudo, existem muitas lacunas no conhecimento integrado das relações entre a variação do nível da água, os fatores abióticos, as características da paisagem e a estrutura da ictiofauna.

Ainda, crescentes ameaças antropogênicas têm afetado a ictiofauna das planícies de inundação, como a sobrepesca (Batista *et al.*, 1998; Batista *et al.*, 2000; Campos *et al.*, 2015) o desmatamento (Lobón-Cervia *et al.*, 2015; Castello *et al.*, 2017; Arantes *et al.*, 2017) e a construção de represas para produção de energia hidrelétrica, que estão alterando o regime hidrológico natural dos rios (Lees *et al.*, 2016; Winemiller *et al.*, 2016; Forsberg *et al.*, 2017). Portanto, ampliar o conhecimento sobre as relações entre a variação do nível da água, fatores abióticos e características da paisagem sobre a composição taxonômica e estrutura funcional das assembleias de peixes é essencial para melhorar o entendimento ecológico e subsidiar ações de conservação, uso sustentável e manutenção da diversidade da ictiofauna nos ecossistemas de várzea.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- Examinar a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes na várzea do baixo rio Amazonas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o efeito da variação do nível da água, de variáveis ambientais locais, da paisagem e de componentes espaciais na composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes;
- Analisar a similaridade da composição trófica de peixes em diferentes habitats (campo, canal, floresta e lago) durante o período de águas altas;
- Comparar a abundância e biomassa de peixes em termos de CPUE entre diferentes habitats (campo, canal, floresta e lago) durante o período de águas altas.

Capítulo 01. Silva, P.S., Arantes, C.C., Ribeiro, F.R.V. Efeitos da hidrologia na estrutura das assembleias de peixes na várzea do baixo rio Amazonas. Manuscrito em preparação para revista “*Ecology of Freshwater Fish*”

EFEITOS DA HIDROLOGIA NA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NA VÁRZEA DO BAIXO RIO AMAZONAS

Poliane B. Silva¹, Caroline C. Arantes², Frank R. V. Ribeiro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil

²Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, Michigan, USA

Resumo - A dinâmica sazonal do nível da água é reconhecida como reguladora do funcionamento ecológico da biota da várzea, mas efeitos acumulativos de mudanças climáticas e construção de represas para produção de energia hidrelétrica têm alterado os regimes hidrológicos naturais. Neste estudo foi investigado como a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas respondem a variações hidrológicas. Amostragens de peixes foram realizadas em áreas 440 habitats da várzea e dados hidrológicos foram obtidos através do sistema hidroweb da Agência Nacional de Águas do Brasil. Além disso, foram coletadas variáveis ambientais locais e da paisagem conhecidas por estruturar as assembleias de peixes em planícies de inundação. As Análises de Redundância indicaram que a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes estiveram associadas à cota do rio, bem como a condições ambientais locais, da paisagem e espacial. Piscívoros, planctívoros e onívoros, assim como espécies com história de vida periódica e intermediária, foram fortemente associados com níveis altos da água. Durante níveis mais baixos da água, os herbívoros, invertívoros e detritívoros foram os grupos mais representativos, assim como espécies de tamanho corporal grande com história de vida de equilíbrio. Esses resultados permitem prever que possivelmente alterações hidrológicas anômalas devem impactar a estrutura da ictiofauna na várzea. Assim, a manutenção da dinâmica naturais dos rios é essenciais para conservação da diversidade taxonômica e funcional dos peixes desse ecossistema.

Palavras-chaves: pulso de inundação, bacia Amazônica, ictiofauna, história de vida, guildas tróficas, taxonomia

Abstract - The seasonal dynamics of the water level is recognized as the main factor regulating the ecological functioning of the várzea biota, however, cumulative effects of climate change and construction of dams for generating hydroelectric power have altered natural hydrological regimes. This study investigated how the taxonomic and functional structure and composition of fish assemblages of the lower Amazon river floodplain respond to hydrological variations. Fish were sampled in 440 floodplain habitats and hydrometric data were obtained through the hydroweb system of the National Water Agency of Brazil. In addition, local environmental and landscape variables were collected because these variables have been shown to structure fish assemblages on floodplains. Redundancy analyzes indicated that the taxonomic and functional composition and structure of the fish assemblages were associated with the water levels as well as local environmental, landscape and spatial variables. Piscivores, planktivores and omnivores as well as species with periodic and intermediate life history. were more strongly associated

with high water levels. During low water levels, herbivores, invertivores and detritivores as well as species of large body size with equilibrium life history were the most representative groups. These results suggest that anomalous hydrological changes may have an impact on the structure of the ichthyofauna in the floodplain. Thus, the maintenance of the natural dynamics of the rivers is essential for the conservation of the taxonomic and functional diversity of the fish of this ecosystem.

Key words: flood pulse, Amazon basin, ichthyofauna, life history, trophic guilds, taxonomy

Introdução

O pulso de inundação é o principal fator natural que regula o funcionamento ecológico da biota das planícies alagáveis da Amazônia, a várzea (Junk *et al.*, 1989; Bunn & Arthington, 2002). Para os peixes, as flutuações no nível da água influenciam seus padrões de migração, distribuição e abundância (Junk *et al.*, 1989; Fernandes, 1997; Saint-Paul *et al.*, 2000; Ropke *et al.*, 2015). Durante o período de águas altas, muitas espécies migram e/ou colonizam os diversos habitats da várzea (Goulding, 1980; Welcomme, 1985; Fernandes, 1997; Lowe-McConnell, 1999). Quando o nível da águas começam descer, os peixes migram para o canal do rio (e.g., *Pellona* spp.) ou para os lagos e canais permanentes da várzea (e.g., *Arapaima* spp.) (Goulding, 1980; Fernandes, 1997; Castello, 2008; Arantes *et al.*, 2013; Ropke *et al.*, 2015). Esses comportamentos migratórios dos peixes vinculados as mudanças no nível das águas estão associados à alimentação, reprodução, busca por abrigo e/ou outros fatores bióticos e abióticos, como a predação e variações na concentração de oxigênio dissolvido da água (Junk *et al.*, 1983; Saint-Paul & Soares 1987; Rodriguez & Lewis 1997; Fernandes, 1997; Winemiller & Jepsen, 1998; Lowe-McConnell, 1999; Barthem & Fabré, 2004; Junk *et al.*, 2007; Castello, 2008; Makrakis *et al.*, 2012).

Efeitos cumulativos de mudanças climáticas (Gloor *et al.*, 2013; Satyamurty *et al.*, 2013) e a construção de represas para produção de energia hidrelétrica (Lees *et al.*, 2016; Winemiller *et al.*, 2016; Forsberg *et al.*, 2017) têm alterado os regimes hidrológicos naturais e, conseqüentemente, afetado os peixes dependentes das dinâmicas de flutuação do nível da água. Essas alterações hidrológicas podem provocar a redução da duração e magnitude dos pulsos de inundação, com conseqüente intensificação de secas, o que limita o acesso de algumas espécies de peixes a habitats da várzea essenciais para seus ciclos de vida (Freitas *et al.*, 2012; Winemiller *et al.*, 2016; Ropke *et al.*, 2017). As conseqüências desses eventos anômalos também podem comprometer importantes serviços ecossistêmicos que os peixes provêm,

como a pesca (Castello *et al.*, 2015, Isaac *et al.*, 2016; Castello *et al.*, 2016) e potencialmente a regulação do fluxo de energia (Taylor, 2006; Castello *et al.*, 2016).

Embora estudos indiquem que composição taxonômica das assembleias de peixes da várzea amazônica respondem de forma consistente a variação do nível da água, as relações entre estrutura funcional das assembleias e flutuações hidrológicas tem sido pouca estudada (Saint-Paul *et al.*, 2000; Freitas & Garcez, 2004; Sousa & Freitas, 2008; Freitas *et al.*, 2010; Bevilaqua & Soares, 2014; Ropke *et al.*, 2015). A pouca informação existente demonstra que certas características ecológicas das espécies facilitam ou dificultam sua resiliência em determinadas condições hidrológicas (Ropke *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018). Por exemplo, Ropke *et al.* (2017) demonstraram que após uma seca intensa os declínios na abundância foram mais pronunciados em espécies de história de vida de equilíbrio (caracterizadas pela baixa fecundidade e cuidado parental), espécie de grande porte de história de vida periódica (caracterizadas pela alta fecundidade e sem cuidado parental) e para todos os níveis tróficos, exceto consumidores primários. Assim, dada a crescente ameaça aos regimes hidrológicos naturais e a pouca informação dos padrões da estrutura funcionais das assembleias de peixes da várzea em resposta a flutuação do nível da água, ampliar o conhecimento sobre esse componente é essencial para prever os possíveis efeitos de mudanças hidrológicas anômalas.

Neste estudo foi investigado a resposta das assembleias de peixes a variações hidrológicas na várzea do baixo rio Amazonas, testando a hipótese de que sua composição e estrutura taxonômica e funcional estão relacionadas a variação no nível da água, com determinadas espécies e grupos funcionais mais fortemente associados com diferentes períodos hidrológicos, dependendo de suas estratégias ecológicas. Por exemplo, espera-se que traços da história de vida das espécies expliquem, pelo menos em parte, as variações sazonais das assembleias de peixes. Espécies que realizam migração reprodutivas longitudinais ou laterais (como os estrategistas periódicos) devem estar mais fortemente associados a várzea durante determinados períodos. Por outro lado, espécies que geralmente habitam a várzea durante todo seu ciclo de vida (como os estrategistas de equilíbrio) possivelmente apresentam relações menos marcantes com períodos específicos. Além disso, certas estratégias tróficas devem estar associadas a determinados períodos hidrológicos que favorecem sua alimentação na várzea.

Materiais e métodos

Área de estudo

Este estudo foi realizado na várzea do baixo rio Amazonas, em uma área com aproximadamente 17.673 km², localizada no oeste do Estado do Pará, Brasil (Figura 1). Essa região apresenta inundação unimodal anual, com o nível máximo de água em maio-junho e mínimo em outubro-novembro (Figura 2). Para este estudo, foram amostradas unidades espaciais da várzea definidas como sistemas de lagos, os quais contêm uma diversidade habitats, como lagos, canais, florestas e campos herbáceos, que permanecem hidrologicamente conectadas durante cerca de seis a nove meses por ano e que são separados pelo canal principal do rio ou por grandes canais secundários e/ou diques naturais (áreas de alta elevação) (Arantes *et al.*, 2017; Castello *et al.*; 2017). Com base em observações de imagens de satélite durante diferentes períodos hidrológicos foram identificados cerca de 68 sistemas de lagos na várzea do baixo rio Amazonas (Castello *et al.*, 2017), sendo que 20 deles foram amostrados para este estudo (Figura 1).

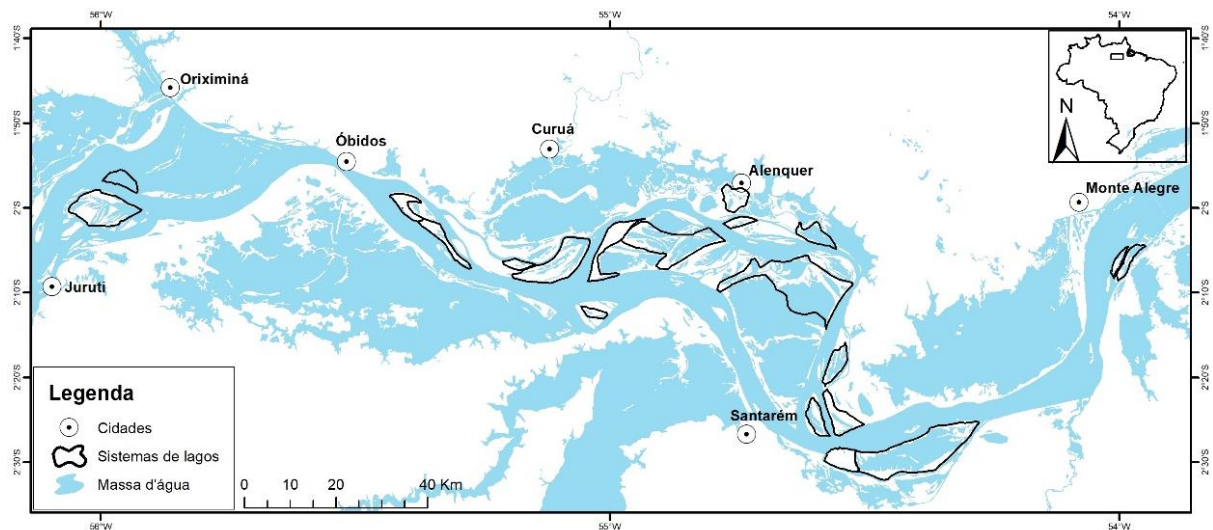


FIGURA 1 Área de estudo: a várzea na região do baixo rio Amazonas, com indicação dos 20 sistemas de lagos amostrados

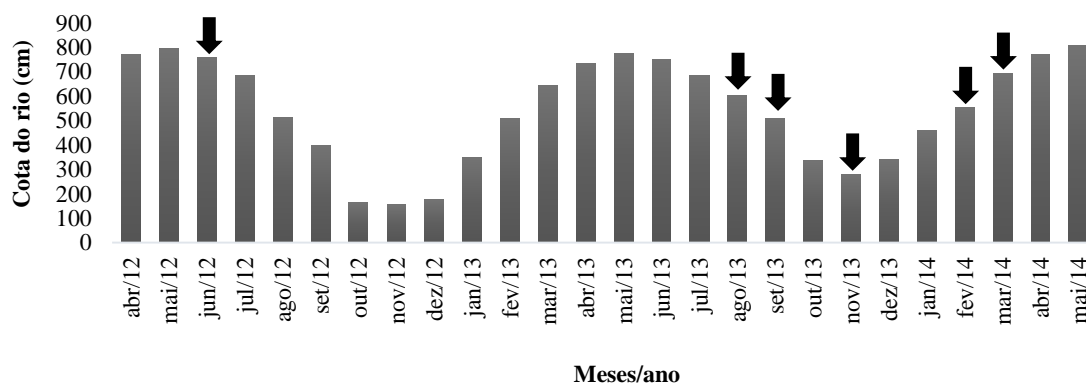


FIGURA 2 Cotas do nível do rio medidas no município de Santarém entre abril de 2012 e maio de 2014. As setas indicam os períodos de coleta: águas altas (junho de 2012), vazante (final agosto e início de setembro de 2014), águas baixas (novembro) e enchente (final de fevereiro e início de março de 2014). Fonte ANA 2018

Coleta de dados

Foram realizadas coletas em áreas de 440 habitats distribuídos entre lagos, canais, florestas inundadas e campos herbáceos inundados, localizados nos 20 sistemas de lagos (Figura 1). 125 habitats foram amostrados no período de águas altas de 2012, 125 na vazante de 2013, 62 em águas baixas de 2013 e 124 na enchente de 2014. O número reduzido de habitats amostrados em águas baixas se deve ao fato de somente os lagos e canais permanentes possuem água durante esse período. Em cada habitat foram coletados peixes utilizando 11 malhadeiras medindo 25 metros de comprimento e dois metros de altura cada, com tamanhos de malha de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 e 130 mm, e uma malhadeira de 100 metros de comprimento e três metros de altura, com malha de 180 mm. As malhadeiras amostraram cada local durante aproximadamente duas horas do período diurno. Todos os espécimes coletados foram pesados e identificados até menor nível taxonômico possível.

Dados hidrológicos para cada dia de coleta foram obtidos através do sistema hidroweb da Agência Nacional de Águas do Brasil - ANA, respectivo às cotas registrada no município de Santarém. Durante as coletas no período de águas altas, vazante, águas baixas e enchente foram registradas médias de 772, 529, 282 e 625 cm, respectivamente (Figura 2 e Tabela 1). Além dos dados hidrométricos, foram coletadas variáveis ambientais locais e da paisagem (Tabela 1) reconhecidas como estruturantes das assembleias de peixes em planícies de inundação (Rodriguez & Lewis, 1997; Tejerina-Garro *et al.*, 1998; Petry *et al.*, 2003; Freitas *et al.*, 2013; Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.* 2018). Em cada habitat amostrado foram mensuradas as variáveis ambientais locais de profundidade (cm), transparência (cm), temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L), obtidas em três pontos próximos aos locais de disposição das malhadeiras. Os valores de profundidade foram obtidos utilizando fita métrica, a transparência usando disco de Secchi, e a temperatura e o oxigênio dissolvido com medidor multiparâmetro (YSI Pro1020) no estrato superficial, meio e fundo da coluna da água.

Para caracterização da paisagem foram utilizados dados derivados de Arantes *et al.* (2017), obtidos através de mapeamentos a 30 metros de resolução usando o Landsat Thematic Mapper durante o período de águas baixas. A partir das imagens de detecção remota foram estimados os percentuais de cobertura florestal, vegetação herbácea e água aberta em cada um dos 20 sistemas de lagos amostrados (Figura 1 e Tabela 1). Conforme a descrição de Arantes *et al.* (2017) a cobertura florestal é caracterizada por árvores de grande e médio porte, incluindo arbustos, semi-arbustos e *Montrichardia arborescens* (aningal); a vegetação herbácea é

caracterizada por áreas da planície onde predomina gramíneas e o solo com sedimento; e a água aberta compreende lagos e canais, excluindo o canal principal do rio Amazonas.

TABELA 1. Valores médios e desvio padrão (entre parênteses) da cota do nível do rio, das variáveis ambientais locais e da paisagem da várzea do baixo rio Amazonas

Variáveis	Águas baixas	Enchente	Águas altas	Vazante
Cota do rio (cm)	282,5 (13)	624,8 (26)	771,7 (7,9)	529,5 (25,8)
Ambientais locais				
Profundidade (cm)	123,0 (51,3)	263,8 (95,1)	325,8 (106)	184,2 (77,5)
Transparência (cm)	24,7 (15,2)	48,8 (24,23)	56,4 (19,8)	50,1 (21,5)
Temperatura (°C)	31,4 (1,1)	28,8 (0,5)	30,1 (0,7)	30,3 (0,8)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	3,7 (1,1)	2,1 (1,5)	2,3 (1,0)	2,0 (1,4)
Paisagem				
Floresta (%)	30,0 (21,0)	-	-	-
Herbácea (%)	59,2 (19,9)	-	-	-
Água aberta (%)	9,2 (6,1)	-	-	-

Classificação funcional

As espécies foram categorizadas em grupos funcionais relativos às suas estratégias de história de vida e alimentação. A classificação quanto à história de vida considerou cinco estratégias baseadas no tamanho corporal máximo, tamanho na maturação, fecundidade e cuidado parental da prole, seguindo Winemiller & Rose (1992), Röpke *et al.* (2017) e Arantes *et al.* (2017). Três espécies foram classificadas como estrategistas de equilíbrio com maturação em tamanho pequeno (<120 mm de comprimento padrão, CP), com baixa fecundidade (<3.000), ovócitos grandes, com diâmetro 1,5-12 mm, cuidados parentais bem desenvolvidos e tamanho máximo entre 97-269 mm CP. Cinco espécies foram classificadas como estrategistas de equilíbrio com maturação em tamanho grande (>170 mm CP), com baixa fecundidade (<3.000), ovócitos grandes (diâmetro 1,5-12 mm), cuidados parentais bem desenvolvidos e tamanho máximo >400 mm. Vinte e duas espécies foram classificadas como estrategistas periódicos com maturação em tamanho pequeno (entre 63-148 mm CP), com fecundidade entre 6.762 e 74.227 ovócitos pequenos (diâmetro de 0,5-1,3 mm), tamanho máximo entre 137-410 mm. Dezenove espécies foram classificadas como estrategistas periódicos com maturação de tamanho grande (>164 mm CP), com fecundidade entre 1.000 e 202.960 ovócitos pequenos (diâmetro 0,7-1,6 mm), nenhum cuidado parental e tamanho máximo >253 mm. Onze espécies foram classificadas como estrategistas intermediários com fecundidade entre 1.000 e 9.000 ovócitos relativamente grandes (diâmetro 1,4-2 mm) e desenvolvimento intermediário de cuidado parental (Tabela 5).

As espécies foram classificadas em seis grupos tróficos, baseado em Ferreira *et al.* (1998), Barbarino & Winemiller (2003), Pouilly *et al.* (2003), Mérona & Rankin-de-Mérona (2004), Santos *et al.* (2008), Shibuya & Zuanon (2013), Röpke *et al.* (2013), Correia & Winemiller (2014), Lopes *et al.* (2009), Röpke *et al.* (2017) e Arantes *et al.* (2017). Sete espécies foram classificadas como herbívoras, que se alimentam predominantemente de material vegetal C3 ou C4 (sementes, frutos ou folhas) e de algas filamentosas. Nove espécies foram determinadas como onívoras, que ingerem combinações de material vegetal, detritos e invertebrados. Onze espécies foram classificadas como detritívoras, que se alimentam predominantemente de matéria orgânica particulada fina e algas e macrófitas. Seis espécies foram classificadas como invertívoras, que ingerem frações variáveis de insetos aquáticos e terrestres, microcrustáceos, aranhas, camarões e moluscos. Três espécies foram classificadas como planctívoras, que ingerem fitoplâncton, zooplâncton e ocasionalmente pequenas quantidades de material vegetal e detritos. Vinte e quatro espécies foram consideradas piscívoras, que se alimentam de peixes em qualquer fase de desenvolvimento ontogenético, inteiros ou em pedaços, incluindo escamas e nadadeiras.

Análises de dados

Os dados de biomassa das espécies foram padronizados como captura por unidade de esforço (CPUE = biomassa de peixes capturados dividido por horas de rede na água). Espécies que ocorreram em <3% dos habitats amostrados e habitats onde nenhum peixe foi capturado foram removidos do conjunto de dados. Esse critério foi utilizado porque espécies com baixa representatividade em termos de abundância numérica ou biomassa apresentam baixa contribuição na estrutura das assembleias e podem enviesar os resultados das análises de ordenação (Grime, 1998; Cao *et al.*, 2001; Leitão *et al.*, 2016).

Uma matriz de correlação de Person foi utilizada para verificar a presença de colinearidade entre cota do rio, temperatura, oxigênio dissolvido, transparência, profundidade, cobertura florestal, vegetação herbácea e água aberta. Como foram encontradas correlações altas e moderadas entre algumas dessas variáveis explicativas (Tabela S1), elas foram ordenadas por meio de uma Análise de Componentes Principais (PCA). A PCA foi empregada para ordenar os habitats em função das variáveis ambientais locais (temperatura, oxigênio dissolvido, transparência e profundidade) e da paisagem (cobertura florestal, vegetação herbácea e água aberta). Todas as variáveis foram log transformadas antes da análise de PCA para assegurar uma distribuição normal.

Para avaliar os fatores influenciando a composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes foram utilizadas Análises de Redundância (RDA). Especificamente, foram avaliadas as relações entre a CPUE das espécies, famílias e grupos funcionais (história de vida e trófico) com a cota do rio, variáveis ambientais locais (eixos da PCA), paisagem (eixos da PCA) e espaciais. O componente espacial foi incluído nas RDAs porque muitos dados ecológicos mostram correlação espacial (e.g., Nekola & White, 1999; Fernandes *et al.*, 2010; Rosindell *et al.*, 2011), sendo necessário testar as relações entre a estrutura espacial e das assembleias. Para isso foram utilizadas Coordenadas Principais de Matrizes Vizinhas (PCNM) que transformam distâncias espaciais (latitude e longitude) em dados retangulares adequados para ordenação ou regressão (Borcard & Legendre, 2002).

Nas análises de RDAs foram utilizados os dois primeiros eixos da PCNM, os quais explicaram 54% da variabilidade da distância espacial, e os dois primeiros eixos das PCAs de variáveis ambientais locais e da paisagem (que explicaram 71,62 % e 95,96 % da variância total, respectivamente). Para desenvolver as RDAs, os valores de CPUE de cada taxon e grupos funcional foram Hellinger transformados e a cota do rio foi log transformada. Para testar a significância entre a estrutura das assembleias de peixes e as variáveis foram usados testes de permutação para Análise de Redundância (999 permutações). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R versão 3.4.3., utilizando o pacote Vegan (Oksanen *et al.*, 2013).

Resultados

Foram coletados 16.053 indivíduos distribuídos entre 194 espécies, 118 gêneros, 34 famílias e nove ordens. Os peixes foram coletados em 427 dos 440 habitats amostrados. Sessenta espécies ocorreram em mais de 3% dos habitats (Tabela 5). Characiformes e Siluriformes foram as ordens mais representativas, com 93 e 59 espécies, respectivamente, e juntas representaram mais de 78% das espécies amostradas. As famílias com maior número de espécies foram Serrasalminidae (20 spp.), seguido por Curimatidae (18 spp.), Doradidae (18 spp.), Cichlidae (17 spp.), Pimelodidae (17 spp.) e Anostomidae (13 spp.). A espécie mais representativa foi *Pygocentrus nattereri*, correspondendo a 23,95% da biomassa e 18,25% da abundância total.

As variáveis ambientais locais que mais contribuíram para explicar os 46,88% da variância total do componente principal 1 (PC1_ambiental) foram a profundidade, a transparência e o oxigênio dissolvido. Os 24,74% da variância total do componente principal 2

(PC2_ambiental) foram explicadas principalmente pela temperatura e pelo oxigênio dissolvido (Tabela 2). A ordenação multivariada das variáveis da paisagem demonstrou os gradientes de cobertura florestal e vegetação herbácea associados ao componente principal 1 (PCA1_paisagem) e o gradiente de água aberta relacionada ao componente principal 2 (PCA2_paisagem), os quais explicaram 64,17% e 31,79% da variância, respectivamente (Tabela 2 e Figura S1).

TABELA 2 Auto-vetores das variáveis ambientais locais e da paisagem para os dois primeiros componentes principais

Variáveis	PC1	PC2
Ambientais locais		
Profundidade	-0,500	-0,432
Transparência	-0,604	0,313
Oxigênio Dissolvido	0,499	0,499
Temperatura	0,366	0,654
Paisagem		
Cobertura florestal	-0,696	0,068
Vegetação herbácea	0,664	-0,315
Água aberta	0,271	0,946

O gradiente de cota do rio foi fortemente associado ao primeiro eixo das RDAs para composição e estrutura taxonômica e funcional das assembleias de peixes (média dos *scores* da cota no eixo 1 = 0,747) (Figura 3 e Tabelas 3-4). Habitats amostrados no período de águas altas tiveram predominantemente *scores* negativos e os em águas baixas principalmente *scores* positivos em RDA1. Os períodos de enchente e vazante foram mais relacionados ao segundo eixo das RDAs. As famílias Pristigasteridae (*Pellona castelnaeana*), Triportheidae (*Triportheus auritus*) e Engraulidae (*Lycengraulis batesii*) mostraram os maiores *scores* negativos em RDA1, portanto foram principalmente associados ao período de águas altas. Por outro lado, Osteoglossidae (*Osteoglossum bicirrhosum*), Acestrorhynchidae (*Acestrorhynchus falcatus* e *A. abbreviatus*), Loricariidae (*Pterygoplichthys pardalis*), Sciaenidae (*Plagioscion squamosissimus*) e Erythrinidae (*Hoplias malabaricus*) apresentaram os maiores *scores* positivos em RDA1, portanto, foram fortemente associados ao período de águas baixas. Os grupos taxonômicos que foram mais relacionados com os períodos hidrométricos intermediários (maiores *scores* em RDA2) foram Serrasalminidae e Auchenipteridae (Figura 3a-b).

A estrutura funcional das assembleias com base na história de vida das espécies mostrou uma forte associação dos estrategistas de equilíbrio de tamanho grande (por exemplo, *O. bicirrhosum* e *P. pardalis*) com as águas baixas (maiores *scores* positivos em RDA1). Os

estrategistas intermediários (como diversas espécies da família Serrasalmidae) e estrategistas periódicos de tamanho grande (por exemplo, *Pellona* spp., *Rhytiodus* spp. e *Hypophthalmus marginatus*) estiveram associados principalmente a águas altas (maiores scores negativos em RDA1), assim como com os períodos de enchente e vazante (Figura 3c). A estrutura trófica das assembleias também mostrou variações sazonais, indicando uma maior associação de detritívoros, herbívoros e invertívoros com níveis baixas de água, e de piscívoros, planctívoros e onívoros com níveis de água mais elevados (Figura 3d).

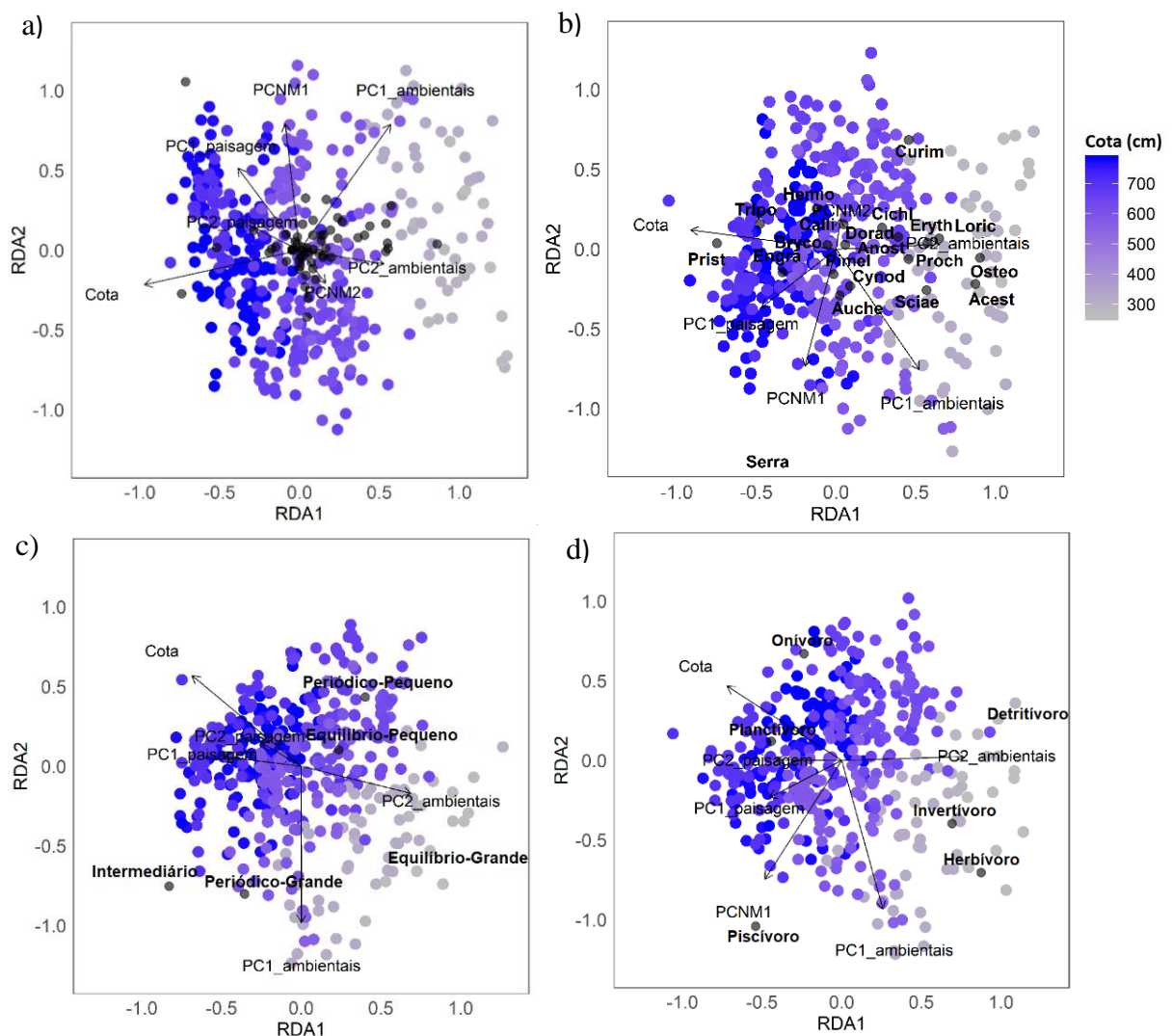


FIGURA 3 Análises de Redundância (RDA) mostrando as associações entre variáveis estatisticamente significativas e as assembleias de peixes em termos de composição das espécies (a) e famílias (b) e com grupos funcionais de história de vida (c) e tróficos (d). Os nomes das espécies da imagem (a) foram removidos para melhor legibilidade. Seus *scores* dos dois primeiros eixos são disponibilizados na Tabela 5. Na imagem b, as abreviações correspondem as seguintes famílias: Acest = Acestrorhynchidae, Anost = Anostomidae, Auche = Auchenipteridae, Bryco = Bryconidae, Calli = Callichthyidae, Cichl = Cichlidae, Curim = Curimatidae, Cynod = Cynodontidae, Dorad = Doradidae, Engra = Engraulidae, Eryth = Erythrinidae, Hemio = Hemiodontidae, Loric = Loricariidae, Osteo = Osteoglossidae, Pimel = Pimelodidae, Prist = Pristigasteridae, Proch = Prochilodontidae, Sciae = Scaenidae, Serra = Serrasalmidae, Tripo = Triportheidae

Além da cota do rio, a composição e estrutura taxonômica das assembleias baseada nas espécies foi significativamente relacionada com os gradientes de profundidade, transparência, temperatura e oxigênio dissolvido (PC1_ambiental e PC2_ambiental); cobertura florestal e vegetação herbácea (PC1_paisagem); água aberta (PC2_paisagem) e ainda com as distâncias espaciais entre os habitats (PCNMs) (Tabela 3). A composição e estrutura considerando as famílias mostrou associação significativa com todos os gradientes ambientais, exceto com a PC2_ambiental (gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido). Quanto aos grupos funcionais, a estruturação das assembleias com base na história de vida das espécies não foi significativamente associada apenas com as distâncias espaciais, e a estrutura das assembleias baseada nas estratégias tróficas não apresentou relação significativa apenas com a PCNM2 (Tabela 4).

TABELA 3 Resultados das análises de redundância (RDA) baseado nos grupos taxonômicos das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. PC1_ambiental representa gradientes de profundidade, transparência e oxigênio dissolvido; PC2_ambiental os gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido; PC1_paisagem os gradientes de floresta e vegetação herbácea; PC2_paisagem os gradientes de água aberta; PCNM1 e PCNM2 representam as distâncias espaciais entre os habitats

Variáveis	Espécies					Famílias				
	Scores RDA1	Scores RDA2	Variância	F	Pr (>F)	Scores RDA1	Scores RDA2	Variância	F	Pr (>F)
Cota	-0,884	-0,196	0,016	9,44	0,001*	-0,828	-0,110	0,012	9,44	0,001*
PC1_ambiental	0,518	0,717	0,017	11,16	0,001*	0,476	0,687	0,016	12,62	0,001*
PC2_ambiental	0,481	0,077	0,014	6,36	0,001*	0,590	-0,027	0,013	10,32	0,001*
PC1_paisagem	-0,351	0,468	0,009	6,30	0,001*	-0,424	0,331	0,008	6,28	0,001*
PC2_paisagem	-0,258	0,129	0,004	2,83	0,001*	-0,189	0,068	0,001	1,27	0,219
PCNM1	-0,081	0,720	0,005	3,39	0,001*	-0,177	0,665	0,004	3,28	0,001*
PCNM2	-0,148	-0,188	0,003	1,88	0,010*	0,025	0,174	0,002	2,11	0,024*
Residual			0,680					0,530		

*estatisticamente significativo ($p < 0,05$)

Tabela 4 Resultados das análises de redundância (RDA) baseada em grupos funcionais das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. PC1_ambiental representa gradientes de profundidade, transparência e oxigênio dissolvido; PC2_ambiental os gradientes de temperatura e oxigênio dissolvido; PC1_paisagem os gradientes de floresta e vegetação herbácea; PC2_paisagem os gradientes de água aberta; PCNM1 e PCNM2 representam as distâncias espaciais entre os habitats.

Variáveis	História de vida					Grupo trófico				
	Scores RDA1	Scores RDA2	Variância	F	Pr (>F)	Scores RDA1	Scores RDA2	Variância	F	Pr (>F)
Cota	-0,623	0,518	0,006	9,32	0,001*	-0,654	0,423	8,139	8,14	0,001*
PC1_ambiental	0,626	-0,892	0,006	10,39	0,001*	0,235	-0,849	12,920	12,91	0,001*
PC2_ambiental	0,001	-0,154	0,006	9,94	0,001*	0,694	0,021	10,161	10,16	0,001*
PC1_paisagem	-0,442	0,055	0,003	5,26	0,001*	-0,414	-0,212	5,652	5,90	0,001*
PC2_paisagem	-0,229	0,136	0,001	2,74	0,032*	-0,376	0,002	4,135	4,13	0,001*
PCNM1	-0,474	-0,380	0,001	2,37	0,055	-0,438	-0,678	5,652	5,65	0,001*
PCNM2	0,148	-0,033	0,001	2,21	0,084	0,168	-0,024	2,197	2,19	0,060
Residual			0,279					0,323		

*estatisticamente significativo ($p < 0,05$)

TABELA 5 Classificação taxonômica, história de vida e trófica. RDA1 e RDA2 = valores dos scores dos dois primeiros eixos da RDA para análise considerando a composição das espécies.

Família Espécie	História de vida	Grupo trófico	Scores RDA1	Scores RDA2
Acestrorhynchidae				
<i>Acestrorhynchus abbreviatus</i>	Periódico-Pequeno	Piscívoro	0,106	0,071
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	Periódico-Pequeno	Piscívoro	0,220	0,017
<i>Acestrorhynchus nasutus</i>	Periódico-Pequeno	Piscívoro	0,047	-0,006
Anostomidae				
<i>Leporinus trifasciatus</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	0,004	-0,013
<i>Rhytiodus argenteofuscus</i>	Periódico-Grande	Herbívoro	-0,076	-0,005
<i>Rhytiodus microlepis</i>	Periódico-Grande	Herbívoro	0,021	-0,120
<i>Schizodon fasciatus</i>	Periódico-Pequeno	Herbívoro	0,217	0,066
Auchenipteridae				
<i>Ageneiosus dentatus</i>	Intermediário	Piscívoro	-0,014	0,130
<i>Ageneiosus inermis</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,004	0,033
<i>Parauchenipterus porosus</i>	Intermediário	Invertívoro	0,077	0,050
Callichthyidae				
<i>Hoplosternum littorale</i>	Intermediário	Invertívoro	0,016	-0,063
Bryconide				
<i>Brycon melanopterus</i>	Periódico-Grande	Onívoro	0,016	-0,030
Cichlidae				
<i>Astronotus crassipinnis</i>	Equilíbrio-Grande	Piscívoro	0,000	-0,047
<i>Cichla monoculus</i>	Equilíbrio-Grande	Piscívoro	0,079	-0,017
<i>Geophagus proximus</i>	Equilíbrio-Pequeno	Invertívoro	0,007	0,007
<i>Mesonauta insignis</i>	Equilíbrio-Pequeno	Onívoro	0,021	-0,004
Curimatidae				
<i>Curimata incompta</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,059	-0,012
<i>Curimata vittata</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,041	-0,073
<i>Curimatella alburna</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,066	0,005
<i>Potamorhina altamazonica</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,014	-0,091
<i>Potamorhina latior</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,019	-0,167
<i>Psectrogaster rutiloides</i>	Periódico-Pequeno	Detritívoro	0,030	-0,030
Cynodontidae				
<i>Cynodon gibbus</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,033	0,037
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,018	0,005
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,008	0,065
Doradidae				
<i>Oxydoras niger</i>	Periódico-Grande	Invertívoro	0,024	-0,008
Engraulidae				
<i>Anchoviella guianensis</i>	Periódico-Pequeno	Planctívoro	-0,004	0,033
<i>Lycengraulis batesii</i>	Periódico-Pequeno	Invertívoro	-0,114	0,049
Erythrinidae				
<i>Hoplias malabaricus</i>	Intermediário	Piscívoro	0,216	-0,003
Hemiodontidae				
<i>Anodus elongatus</i>	Periódico-Pequeno	Planctívoro	-0,070	0,002
<i>Hemiodus argenteus</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	0,001	-0,039
<i>Hemiodus microlepis</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	0,033	-0,046
Loricariidae				
<i>Hypoptopoma gulare</i>	Intermediário	Detritívoro	-0,018	0,000
<i>Loricariichthys sp.</i>	Equilíbrio-Grande	Detritívoro	0,058	-0,017

<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Equilíbrio-Grande	Detritívoro	0,221	0,004
Osteoglossidae				
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Equilíbrio-Grande	Invertívoro	0,345	0,015
Pimelodidae				
<i>Calophysus macropterus</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	-0,033	0,039
<i>Hypophthalmus marginatus</i>	Periódico-Grande	Planctívoro	-0,018	0,001
<i>Pimelodus blochii</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	-0,005	0,017
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,060	0,038
<i>Sorubim lima</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,034	0,001
Pristigasteridae				
<i>Pellona castelnaeana</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	-0,206	0,006
<i>Pellona flavipinnis</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	-0,059	0,007
Prochilodontidae				
<i>Prochilodus nigricans</i>	Periódico-Grande	Detritívoro	0,163	0,037
<i>Semaprochilodus insignis</i>	Periódico-Grande	Detritívoro	0,003	-0,019
Sciaenidae				
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Periódico-Grande	Piscívoro	0,230	0,111
Serrasalminidae				
<i>Colossoma macropomum</i>	Periódico-Grande	Herbívoro	0,176	0,060
<i>Mylossoma aureum</i>	Periódico-Pequeno	Herbívoro	0,034	0,074
<i>Mylossoma duriventre</i>	Periódico-Pequeno	Herbívoro	0,957	0,081
<i>Piaractus brachypomus</i>	Periódico-Grande	Herbívoro	0,067	0,127
<i>Pristobrycon sp.</i>	Intermediário	Piscívoro	0,054	0,024
<i>Pristobrycon striolatus</i>	Intermediário	Piscívoro	-0,010	0,021
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Intermediário	Piscívoro	-0,285	0,422
<i>Serrasalmus eigenmanni</i>	Intermediário	Piscívoro	0,055	0,037
<i>Serrasalmus elongatus</i>	Intermediário	Piscívoro	-0,000	-0,024
<i>Serrasalmus maculatus</i>	Intermediário	Piscívoro	0,096	0,029
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Intermediário	Piscívoro	0,005	-0,000
Triportheidae				
<i>Triportheus albus</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	-0,017	-0,000
<i>Triportheus angulatus</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	0,146	0,030
<i>Triportheus auritus</i>	Periódico-Pequeno	Onívoro	-0,295	-0,109

Discussão

A forte associação entre a estrutura das assembleias de peixes na várzea baixo rio Amazonas e cota do rio são consistentes com as alegações da importância ecológica de fatores hidrológicos sobre a ictiofauna no ecossistema de várzea (Saint-Paul *et al.*, 2000; Freitas & Garcez, 2004; Sousa & Freitas, 2008; Freitas *et al.*, 2010; Ropke *et al.*, 2015; Bevilaqua & Soares, 2015; Ropke *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018). Especificamente neste estudo, piscívoros, planctívoros e onívoros, assim como espécies com história de vida periódica e intermediária, foram mais fortemente associados com níveis altos da água. Durante níveis mais baixos da água, os herbívoros, invertívoros e detritívoros foram os grupos mais representativos, assim como espécies de tamanho corporal grande com história de vida de equilíbrio. Essas evidências contribuem para compreensão do papel da conectividade lateral na estrutura das assembleias de

peixes na várzea, e indicam que alterações na hidrologia natural dos rios devem afetar, potencialmente, importantes funções e serviços ecossistêmicos gerados por essa fauna íctica.

Os resultados da composição e estrutura taxonômica corroboram estudos que demonstraram que os movimentos de migração dos peixes associados às flutuações hidrológicas são componentes chave para compreensão da distribuição das espécies em habitats de várzea (Fernandes & Merona, 1988; Fernandes, 1997; Winemiller & Jepsen 1998; Lowe-McConnell, 1999; Junk *et al.*, 2007; Barthem & Fabré, 2004; Castello, 2008; Makrakis *et al.*, 2012, Winemiller *et al.*, 2014). Constatou-se que espécies que apresentam características morfológicas associadas ao desempenho eficiente de natação com base em um corpo hidrodinâmico (Arantes *et al.*, 2017), como diversas espécies das famílias Pristigasteridae, Triporthidae, Serrasalminae e Hemiodontidae, tiveram forte relação com os habitats da várzea durante os períodos intermediários e de águas altas, o que pode ser reflexo dos movimentos de migração que representantes dessas famílias realizam entre os habitats alagados da várzea e o canal principal (Fernandes & Merona, 1988, Lucas & Baras, 2001). Por outro lado, diversas espécies que apresentam corpos relativamente menos hidrodinâmicos para natação e espécies com característica de moradores de fundo e/ou sedentárias, como *P. pardalis* e *H. malabaricus*, que correspondem justamente a espécies residentes permanentes da várzea, estiveram fortemente associada com os níveis mais baixos da água,

Essas evidências de estrutura taxonômica das assembleias também são suportadas pelos resultados da ordenação dos grupos funcionais com base na história de vida das espécies, que demonstraram que estrategistas de equilíbrio de tamanho grande, do qual fazem parte as espécies que completam todo seu ciclo de vida na várzea, estiveram principalmente associados a águas baixas. Por outro lado, durante níveis de água mais elevados espécies com diferentes traços de histórias de vida apresentaram alta associação com período, especialmente aquelas espécies com alta fecundidade e que realizam migrações reprodutivas laterais e longitudinais. Esses resultados corroboram o estudo de Winemiller (1989) realizado em uma área de várzea na Venezuela (Carlo Maraca), onde verificaram que durante a estação chuvosa as espécies periódicas dominaram as comunidades de peixes em termos de biomassa, mas à medida que a estação chuvosa prosseguia rumo ao período de águas baixas, os estrategistas periódicos gradualmente eram substituídos por espécies que exibiam estratégias de equilíbrio. Em outro estudo em rios tropicais da África Oriental, Tedesco *et al.* (2008) ao testarem a associação de traços de história vida das espécies com um gradiente de sazonalidade, verificaram que

condições altamente sazonais estavam relacionadas com a estratégia periódica, enquanto rios sob pouca influência da sazonalidade estavam relacionados à estratégia de equilíbrio.

Os resultados demonstrando que a estrutura trófica das assembleias também está associada com a variação no nível da água, possivelmente, são impulsionados pelas influências do pulso de inundação na origem, quantidade e características dos recursos alimentares na várzea (Goulding, 1980, Junk *et al.*, 1989, Winemiller, 1990, Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004, Abunjara *et al.*, 2009; Correia & Winemiller, 2014). Particularmente, os piscívoros foram altamente associados ao período com altos níveis de água, o que pode estar relacionado com a migração de espécies piscívoras para os habitats da várzea durante o período de inundação para se alimentarem dos abundantes peixes juvenis disponíveis como potenciais presas (Winemiller & Jepsen, 1998; Lowe-McConnell, 1999; Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004). Por exemplo, a biomassa de *Pellona* spp. durante as águas altas foi 66% maior que durante o período de as águas baixas. Espécies desse gênero são conhecidas pela realização de migração lateral para planícies de inundação em busca de alimento (Fernandes, 1997). Além dos piscívoros, foi evidenciada a forte associação também de planctívoros e onívoros com níveis mais altos de água. Nesse período, a expansão das áreas de água aberta proporcionam vantagens para os planctívoros que se alimentarem de zooplâncton, apoiado pela produção de fitoplâncton estimulada pela exposição à luz em áreas com baixa densidade de cobertura florestal (Arantes *et al.*, 2017). De forma similar, a maior abundância e diversidade de recursos alimentares disponíveis na várzea durante o período de inundação deve beneficiar a característica generalista dos onívoros (Goulding, 1980; Lowe-McConnell, 1999), como demonstrado por Bayley (1988) através do aumento significativo de biomassa de espécies onívoras durante o período de águas altas na Amazônia Central.

A redução dos níveis da água resulta no desaparecimento de muitos habitats, assim, durante o período de águas baixas, os principais habitats da várzea disponíveis para os peixes são os lagos e canais permanentes (Goulding, 1980; Welcomme, 1985; Junk *et al.*, 1989; Lowe-McConnell, 1999). De acordo com resultados da análise de ordenação, os detritívoros, invertívoros e herbívoros foram os grupos tróficos mais associados a essas condições de águas baixas. A relação de alguns representantes desses grupos com esse período pode estar relacionada às adaptações comportamentais e morfofisiológicas para melhor aproveitamento dos recursos alimentares no substrato. Por exemplo, diversos detritívoros são bentônicos com olhos posicionados dorsalmente e boca ventral (como *Pterygoplichthys pardalis* e *Hypoptopoma gulare*), características que favorecem o forrageio nos substratos (Pouilly *et al.*,

2003; Arantes *et al.*, 2017). Outros detritívoros, embora possuam boca terminal e olhos laterais (Curimatidae e Prochilodontidae), apresentam outras adaptações para a dieta detritívora, como a falta de dentes e um intestino longo adaptado (Pouilly *et al.*, 2003). Essas adaptações morfofuncionais combinadas com a grande abundância de detritos nos períodos de descida e águas baixas (Prejs & Prejs, 1987, Winemiller *et al.* 2014) são alguns dos fatores que devem beneficiar a estratégia ecológica detritívora. Além disso, menores valores de biomassa de Prochilodontidae e Curimatidae em águas altas são consistentes com os movimentos migratórios sazonais descritos para representantes dessas famílias (Fernandes & Merona, 1988).

Os invertívoros também possuem diversas espécies de hábito bentônico e alimentação associada ao fundo, como *Hoplosternum littorale* e *Oxydoras niger*. Embora alguns invertívoros habitem as regiões mais superficiais e se beneficiem fortemente dos recursos alóctones das florestas durante o período de inundação (como *O. bicirrhosum* e *Geophagus proximus*), uma característica compartilhada pela maioria dos invertívoros registrados é o sedentarismo, significando que não conduzem longas migrações (Lucas & Baras, 2001). Então, durante as águas baixas estas espécies são abundantes nos lagos e canais permanentes da várzea. Da mesma forma, os herbívoros estiveram altamente associados aos habitats da várzea em níveis mais baixos da água, resultado que, em parte, contrasta com os estudos que demonstraram que o período de inundado tem particular importância para espécies desse grupo trófico, devido aos recursos alimentares derivados das florestas inundadas (e.g. Goulding *et al.* 1980; Anderson *et al.* 2009; Correa & Winemiller, 2014). No entanto, muitos herbívoros possuem hábito alimentar bastante flexível e geralmente mudam suas dietas durante as águas baixas, passando a consumir outros tipos de alimentos abundantes no período, como plâncton, detritos e/ou folhas (Mérona & Rankin-de-Mérona, 2004; Correa & Winemiller, 2014) e passam a utilizar mais intensamente a gordura acumulada durante a inundação (Lowe-McConnell, 1964; Goulding, 1980). Essa resiliência dos herbívoros é elucidada nas observações de Ropke *et al.* (2017) ao verificarem que esse grupo trófico foi o único que não apresentou declínio de abundância pronunciada nas assembleias de peixes após uma seca prologada no lago Catalão, médio rio Solimões.

Contudo, a estruturação das assembleias de peixes da várzea ao longo da variação do nível da água não depende somente da disponibilidade de alimento, mas de diversos fatores, onde os respectivos ciclos de vida e características morfofisiológicas de cada espécie, muitas vezes, pode explicar melhor cada caso. Notadamente, diversas espécies associadas a níveis de

água baixa possuem não somente adaptações para otimizar o forrageio durante a disposição restrita de alimentos, mas também para condições ambientais extremas, como baixas concentrações de oxigênio na água (Junk *et al.*, 1983; Winemiller *et al.*, 1989). Evidenciou-se que muitas espécies conhecidas por possuírem adaptações comportamentais, morfológicas e/ou fisiológicas para melhor utilização do oxigênio disponível na água foram fortemente associadas a níveis baixos de água. Por exemplo, peixes da guilda detritívora que incluem o *P. pardalis* que utiliza o estômago para a respiração aérea facultativa e o *P. nigricans* que aumenta a ventilação branquial em baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Dorn, 1983). Outras espécies com um comportamento bastante conhecido em condição de hipóxia são os invertívoros *H. littorale* que apresenta a respiração aérea facultativa usando parte do intestino médio (Johansen, 1979; Affonso, 2001) e *O. bicirrhosum* que com auxílio de extensões vascularizadas dos lábios utiliza com mais eficiência o oxigênio disponível nos estratos mais superficiais da coluna d'água (Kramer & McClure, 1982). De forma similar, o herbívoro *Colossoma macropomum* aproveita mais eficientemente as águas dos estratos superficiais através da expansão dermal do maxilar inferior (Braum, 1983; Saint-Paul & Soares, 1987).

Variáveis ambientais locais, a paisagem e as distâncias espaciais também tiveram efeito significativo na composição e estrutura taxonômica e estrutura das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. Após a cota do rio, os gradientes de profundidade, transparência, temperatura, oxigênio dissolvido, cobertura florestal, vegetação herbácea, água aberta e as distâncias entre os habitats, demonstraram influenciar a estruturação das assembleias de peixes. Esses resultados são concordantes com observações de outros estudos que indicaram a transparência da água (Rodriguez & Lewis, 1997; Tejerina-Garro *et al.*, 1998, Petry *et al.*, 2003), a profundidade (Petry *et al.*, 2003, Freitas *et al.*, 2013) e o oxigênio dissolvido (Junk *et al.* 1983; Saint-Paul e Soares, 1987; Petry *et al.*, 2003) como variáveis significativamente associadas à estrutura das assembleias de peixes em outras planícies de inundação. Arantes *et al.* (2017) demonstraram que a cobertura florestal, bem como condições ambientais locais ligadas a gradientes de paisagem, estão fortemente associados a estrutura taxonômica e funcional das assembleias e com os padrões espaciais de biodiversidade de peixes da várzea do baixo rio Amazonas. Freitas *et al.* (2018) em outro estudo desenvolvido em lagos de uma área de várzea ao longo do médio e baixo rio Solimões, demonstraram que as assembleias de peixes respondem a mudanças na extensão espacial dos componentes da paisagem e que essas respostas variam dependendo das estratégias ecológicas das espécies e do período hidrométrico.

Em suma, este estudo confirma a hidrologia como importante fator estruturante das assembleias de peixes da várzea, evidenciando que determinados traços funcionais estão associados a variações hidrológicas. Com base nos resultados encontrados é possível especular que mudanças climáticas e a construção de represas hidrelétricas que estão alterando os regimes hidrológicos (Gloor *et al.*, 2013; Satyamurty *et al.*, 2013, Winemiller *et al.*, 2016; Forsberg *et al.*, 2017), possivelmente irão impactar as espécies de peixes em diferentes graus, dependendo das suas estratégias ecológicas ligadas à sua história de vida e alimentação. Assim, a manutenção dos regimes hidrológicos naturais é essencial para conservação da diversidade funcional e taxonômica dos peixes da várzea.

Referências

- Abujanra, F., Agostinho, A.A., & Hahn, N.S. (2009). Effects of the flood regime on the body condition of fish of different trophic guilds in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 469-479.
- Affonso, E.G. (2001). Respiratory characteristics of *Hoplosternum littorale* (Siluriformes, Callichthyidae). *Acta Amazonica*, 31(2), 249-262.
- ANA. (2018, 20 de fevereiro). Portal Hidroweb. Agência Nacional de Águas. Brasília, Brasil. Retirado de: http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf
- Anderson, J.T., Saldaña-Rojas, J., & Flecker, A.S. (2009). High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia*, 161, 279-290.
- Arantes, C.C., Castello, L., Cetra, M., & Schilling, A. (2013). Environmental influences on the distribution of arapaima in Amazon floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 96, 1257-1267.
- Arantes C.C., Winemiller K.O., Petrere, M., Castello, L., Hess, L., & Freitas, C.S.C. (2017). Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *Journal of Applied Ecology*, 00, 1-10
- Araújo-Lima, C.A.R.M., Agostinho, A.A. & Fabr e, N.N. (1995). Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T., eds. *Limnology in Brazil*. ABC/SBL, Rio de Janeiro, pp. 105-136.
- Barbarino, D. & Winemiller, K. (2003). Dietary segregation among large catfishes of the pure and Arauca Rivers, Venezuela. *Journal of Fish Biology*, 63, 410-427.
- Barthem, R.B., & Fabr e, N.N. (2004). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amaz nia. In: Ruffino, M.L. eds. *A pesca e os recursos pesqueiros na Amaz nia brasileira*. Manaus: IBAMA/Pro-v rzea, pp. 17-62.
- Bevilaqua, D.R., & Soares, M.G.M. (2014). Varia o temporal da composi o  tica em lagos de v rzea, Ilha do Risco, Itacoatiara, Amazonas, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2(2), 17-27.
- Borcard, D., & Legendre, P. (2002). All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, 153, 51-68.

- Braum, E. (1983) Beobachtungen über eine reversible Lippenextension und ihre Rolle bei der Notatmung von *Brycon* sp. (pisces, Characidae) and *Colossoma macropomum* (Pisces, Serrasalminidae). *Amazoniana*, 7, 355-374.
- Bunn, S.E., & Arthington, A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Journal of Environmental Management*, 30(4), 492-507.
- Cao, Y., Larsen, D.P., & Thorne, R. ST-J. (2001). Rare species in multivariate analysis for bioassessment: some considerations. *Journal of the North American Benthological Society*, 20, 144-152.
- Castello, L. (2008). Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 38-46.
- Castello, L., Issac, V.J., & Thapa, R. (2015). Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. *Royal Society Open Science*, 2, 150-299.
- Castello, L., & Macedo, M. N. (2016). Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. *Global Change Biology*, 22, 990-1007.
- Castello, L., Hess, L.L., Thapa, R., McGrath, D.G., Arantes, C.C., Renó, V.F., & Isaac, V.J. (2017). Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and Fisheries*, 00, 1-10.
- Correa, S.B. & Winemiller, K.O. (2014). Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. *Ecology*, 95, 210-224.
- Dorn, E. (1983). Über die Atmungsorgane einiger luftatmender Amazonasfische. *Amazoniana*, 7, 375-395.
- Fernandes, C.C. (1997). Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish*, 6, 36-44.
- Fernandes, C. & B. de Mérona. (1988). Lateral migration of fishes on a floodplain system in the Central Amazon (Careiro Island, Lake of Rei) AM-BR. *Memoria Sociedad La Salle de Ciencias Naturales*, 48, 409-432.
- Fernandes, I.M., Machado, F.A., & Penha, J. (2010). Spatial pattern of a fish assemblage in a seasonal tropical wetland: effects of habitat herbaceous plant biomass, water depth, and distance from species sources. *Neotropical Ichthyology*, 8, 289-298.
- Forsberg, B.R., B.R., Melack, J.M, Dunne, T., Barthem, R.B., Goulding, M.; Rodrigo C. D. Paiva, R.C.D., Sorribas, M.V., Silva Jr., & U.L., Weisser, S. (2017). The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLOS ONE*, 12(8), 1-35.
- Ferreira, E.J.G., Zuanon, J.A.S, Santos, G.M. (1998) Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém, Pará. IBAMA, 211pp
- Freitas, C.E.C., & Garcez, R.C.S. (2004). Fish communities of natural channels between floodplain lakes and Solimões-Amazonas River (Amazon-Brazil). *Acta Limnologica*, 16(3), 273-28.
- Freitas, C.E.C., Siqueira-Souza, F.K., Guimarães, A.R., Santos, F.A., & Santos, I.L.A. (2010). Interconnectedness during high water maintains similarity in fish assemblages of island floodplain lakes in the Amazonian Basin. *Zoologia*, 27 (6), 931-938.
- Freitas, C.E.C., Siqueira-Souza, F. K., Humston, R., & Hurd, L. E. (2012). An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia*, 705, 159-171.

- Freitas, C.E., Siqueira-Souza, F.K., Florentino, A.C. & Hurd, L.E. (2014). The importance of spatial scales to analysis of fish diversity in Amazonian floodplain lakes and implications for conservation. *Ecology of Freshwater Fish* 23, 470–477.
- Freitas, C.E.C., Laurenson, L., Yamamoto, K.C., Forsberg, B.R., Petreire-Jr, M., Arantes, C. & Siqueira-Souza, F.K. (2018). Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain, *Peerj*.
- Gloor, M., Brienen, R. J. W., Galbraith, D., Feldpausch, T. R., Schöngart J., Guyot J. L., Espinoza, J.C., Lloyd J. & Phillips, O. L. (2013). Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. *Geophysical Research Letters*. 40, 1-5.
- Goulding, M. (1980). *The Fish and the Forest*. University of California Press, Los Angeles.
- Issac, V. J., Castello, L., Brasil, P.R.S., & Mauro, L. R. (2016). Seasonal and interannual dynamics of river-floodplain multispecies fisheries in relation to flood pulses in the Lower Amazon. *Fisheries Research*, 183,352-359.
- Johansen, k., Mangum, C.P., & Lykkeboe, G. (1978). Respiratory properties of the blood of Amazon fishes. *Canadian Journal of Zoology*, 56, 898-909.
- Junk, W.J., Soares, G.M., & Carvalho, F.M. (1983). Distribution of fish species in a lake of the Amazon river floodplain near Manaus (Lago Camaleão), with special reference to extreme oxygen conditions. *Amazoniana*, 7(4), 397-431.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., & Sparks, R.E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*, 106, 110-127.
- Junk W.J., Soares, M.G.M., & Bayley, P.B. (2007). Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 10(2), 153-173.
- Kramer, D.L. & McClure, M. (1982). Aquatic surface respiration, a widespread adaptation to hypoxia in tropical freshwater fishes, *Environmental Biology of Fishes*, 7(1), 47-55.
- Lees, A.C.; Peres, C.A.; Fearnside, P.M., Schneider, M. & Zuanon, J.A.S. 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 25(3), 451-466.
- Leitão, R.P.; Zuanon, J., Villéger, S., Williams, S.E., Baraloto, C., Fortunel, C., Mendonça, F.P., & Mouillot, D. (2016). Rare species contribute disproportionately to the functional structure of species assemblages. *Royal Society Publishing*, 283.
- Lopes, C., Benedito, E. & Martinelli, L. (2009). Trophic position of bottom-feeding fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, 69, 573-581.
- Lowe-McConnell, R.H. 1964. The fishes of Rupununi savanna district of British Guiana, South America. I. Ecological groupings of species and effects of the seasonal cycle on the fish. *Journal of the Linnean Society (Zoology)*, 45(304),103-144.
- Lowe-McConnell, R.H. (1999). *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP.
- Lucas, M.C., & Baras, E. (2001). *Migration of freshwater fishes*. Blackwell Science, Oxford, England.
- Makrakis, M.C., Miranda, L.E., Makrakis, L., Fontes, J., Morlis, W.G., Dias, J.H.P., & Garcia, J.O. (2012). Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly regulated river basin. *Journal of Fish Biology*, 81, 866-881.
- Melack, J., E. M.L. M. Novo, B.R. Forsberg, M.T.F. Piedade, & L. Maurice. (2009). Floodplain ecosystem processes. In: M. Keller, M. Bustamante, J. Gash, and P. D. Silva, editors.

- Amazonia and global change. American Geophysical Union, Washington, D.C., USA, p.525-541
- Mérona, B. D. & J. Rankin-de-Mérona. (2004). Food resource partitioning in a fish community of the central Amazon floodplain. *Neotropical Ichthyology*, 2, 75-84.
- Mortillaro, J.M.; Pouilly, M., Wach, M., Freitas, C.E.C; Abril, G. & Meziane, T. (2009). Trophic opportunism of central Amazon floodplain fish, *Freshwater Biology*.
- Nekola, J.C., & White, P.S. (1999). The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, 26, 867-878.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R., Simpson, G. L., Wagner, H. (2013). Pacote "Vegan." Community ecology package, versão 2.
- Petry, P., Bayley, P.B., & Markle, D.F. (2003). Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63, 547-579.
- Pouilly M., Lino, F., Bretenoux, J.G. & Rosales, C. (2003) Dietary morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of Fish Biology*, 62, 1137-1158
- Prejs, A. & K. Prejs. (1987). Feeding of tropical freshwater fishes: seasonality and resource use. *Oecologia*, 71, 397-404.
- Rodriguez, M.A., & Lewis, W.M. (1997). Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco River. *Ecological Monographs*, 67, 109-128.
- Ropke, C.P., Ferreira, E., & Zuanon, J. (2014). Seasonal changes in the use of feeding resources by fish in stands of aquatic macrophytes in an Amazonian floodplain, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 97, 401-414.
- Ropke, C.P.; Amadio, S.A., Winemiller, K.O., & Zuanon, J. (2015). Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon Rivers. *Journal of Fish Biology*, 1-19.
- Röpke, C. P., Amadio A., Zuanon, J., Ferreira, E.J.G., Deus, C.P., Pires T.H.S., & Winemiller, K.O. (2017). Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports*, 7, 40170.
- Rosindell, J., Hubbell, S.P., & Etienne, R.S. (2011). The unified neutral theory of biodiversity and biogeography at age ten. *Trends in Ecology and Evolution*, 26, 340-346.
- Saint-Paul, U. & Soares, M.G.M. (1987). Diurnal distribution and behavioral responses of fishes to extreme hypoxia in an Amazon floodplain lake. *Environmental Biology of Fishes*, 20(2), 91-104.
- Saint-Paul, U., Zuanon, J., Villacorta-Correa, M.A., Garcia, M., Fabré, N.N. Berger, U. & Junk, W.J. (2000). Fish communities in Central Amazonia white and the blackwaters floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57, 235-250.
- Santos, R., Ferreira, E. & Amadio, S. (2008). Effect of seasonality and trophic group on energy acquisition in Amazonian fish species. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 340-348.
- Satyamurty, P., Costa, C. P. W., Manzi, A. O. & Candido, L. A. (2013). A quick look at the 2012 record flood in the Amazon Basin. *Geophysical Research Letters*, 40, 1396–1401.
- Shibuya, A. & Zuanon, J. (2013). Catfishes as prey items of Potamotrygonid stingrays in the Solimões and Negro rivers, Brazilian Amazon. *Biota Neotropica*, 13, 376-379.

- Sousa R.G.C., & Freitas, C.E.C. (2008). The influence of flood pulse on fish communities of floodplain canals in the Middle Solimões River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6, 249-255.
- Taylor, B.W., Flecker, A.S., & Hall, R.O. (2006). Loss of a harvested species disrupts carbon flow in a diverse tropical river. *Science*, 313, 833-836.
- Tedesco, P.A., Hugueny, B., T. Oberdorff, T., Durr, H.H., Mériçoux, S., Mérona, B. (2008). River hydrological seasonality influences life history strategies of tropical riverine fishes. *Oecologia*, 156, 691-702.
- Tejerina-Garro, F.L., Fortin, R. & Rodriguez, M.A. (1998). Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. *Environmental Biology of Fishes* 51, 399-410.
- Welcomme, R.L. (1985). River Fisheries. FAO, Rome.
- Winemiller, K.O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81:225-241
- Winemiller, K.O. (1990). Spatial and Temporal Variation in Tropical fish trophic Networks. *Ecological Monographs*, 60(3), 331-367
- Winemiller, K. O., & Rose, K.A. (1992). Patterns of life-history diversification in North American fishes: Implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 2196–2218
- Winemiller K. O., & Jepsen, D. B. (1998). Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*. 53, 267–296
- Winemiller, K.O., Montana, C.G., Montoya, J.V., Roelke, D.L., Cotner, J.B.; Layman, C.A.; Sanchez, L.; Castillo, M.M. (2014). Pulsing hydrology determines top-down control of basal resources in a tropical river-floodplain ecosystem. *Ecological Monographs*, 84(4): 621-635.
- Winemiller, K. O., McIntyre, P. B., Castello, L., Fluet-Chouinard, E., Giarrizzo T, Nam S., Baird, I.G; Darwall W., Lujan, N.K.; Harrison I., Stiassny M. L. J., Silvano R. A. M., Fitzgerald D. B., Pelicice F. M., Agostinho A. A., Gomes L. C., Albert J. S., Baran E., Petrere Jr. M., Zarfl C, Mulligan M., Sullivan J. P., Arantes C. C., Sousa L. M, Koning A. A., Hoeninghaus D. J.; Sabaj M., Lundberg J. G., Armbruster J., Thieme M. L., Petry P., Zuanon J., Torrente Vilara G., Snoeks J, Ou C., Rainboth W., Pavanelli C. S., Akama A., van Soesbergen A., Sáenz L. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*. Vol 351, 126-129.

MATERIAL SUPLEMENTAR

TABELA S1 Matriz de correlação entre as variáveis explicativas: Cota = cota do rio, Flore. = Cobertura florestal, V.Herb. = vegetação herbácea, A.Aber. = água aberta, Prof. = profundidade, Trans. = transparência, Temp. = temperatura, Oxig. = oxigênio dissolvido. Valores em negrito correspondem às correlações fortes (0,7 a 0,9) ou moderadas (0,4 a 0,6)

	Cota	Flore.	V.Herb.	A.Aber.	Prof.	Trans.	Temp.	Oxig.
Cota	1.000	0.022	-0.026	0.014	0.609	0.401	-0.403	-0.239
Flore.	0.022	1.000	-0.963	-0.325	0.153	0.185	-0.049	-0.282
V.Herb.	-0.0149	-0.963	1.000	0.072	-0.009	-0.181	0.044	0.265
A.Abe.	0.014	-0.325	0.072	1.000	-0.025	-0.021	0.033	0.117
Prof.	0.609	0.015	-0.009	-0.025	1.000	0.272	-0.249	-0.122
Trans.	0.401	0.185	-0.181	-0.021	0.272	1.000	-0.101	-0.493
Temp.	-0.403	-0.049	0.044	0.033	-0.249	-0.101	1.000	0.150
Oxig.	-0.239	-0.282	0.265	0.117	-0.122	-0.493	0.150	1.000

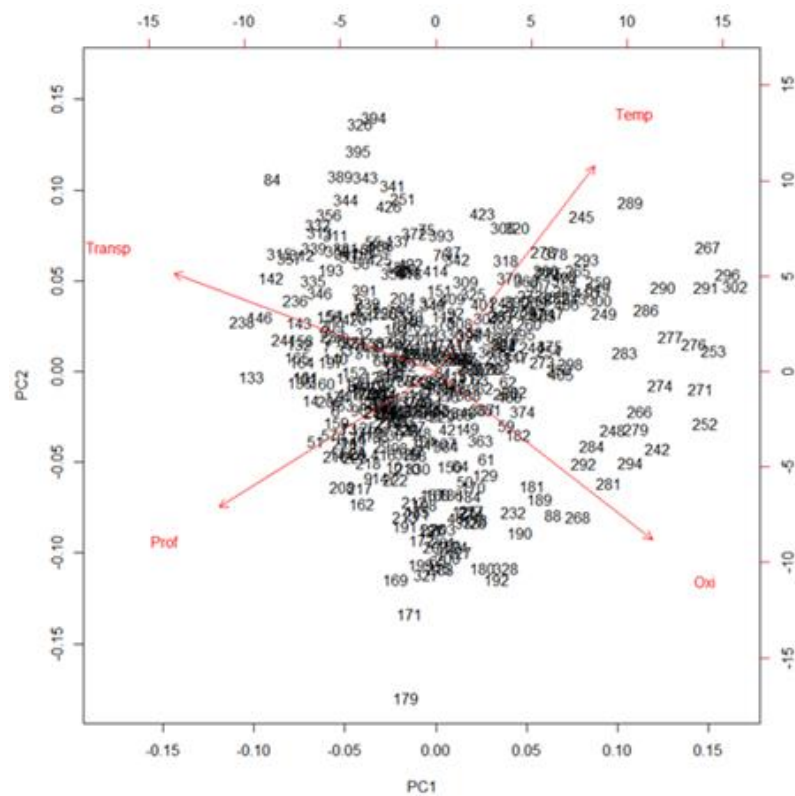


FIGURA S1 Análises de Componente Principais (PC1 e PC2) baseada as variáveis ambientais locais dos habitats na várzea do baixo rio Amazonas. Prof = profundidade, Trans = transparência, Temp=temperatura, Oxig=oxigênio dissolvido

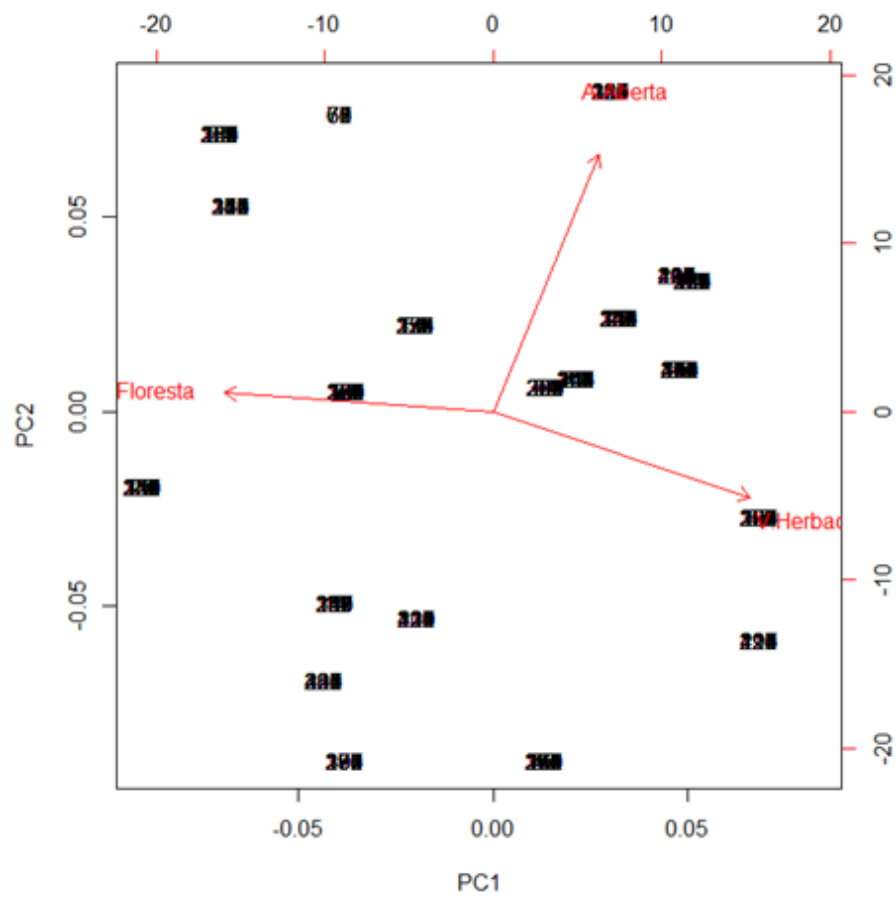


FIGURA S1 Análises de Componente Principais (PC1 e PC2) baseada na cobertura da paisagem (Floresta, Vegetação herbácea e água aberta) dos sistemas de lagos amostrados na várzea do baixo rio Amazonas

Capítulo 02. Silva, P.S., Arantes, C.C., Ribeiro, F.R.V. Distribuição de guildas tróficas de peixes em habitats da várzea do baixo Amazonas durante o período de inundação. Manuscrito em preparação para revista “*Neotropical Ichthyology*”

DISTRIBUIÇÃO DE GUILDAS TRÓFICAS DE PEIXES EM HABITATS DA VÁRZEA DO BAIXO AMAZONAS DURANTE O PERÍODO DE INUNDAÇÃO

Poliane B. Silva¹, Caroline C. Arantes², Frank R. V. Ribeiro¹

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos, Instituto de Ciências e Tecnologia das águas (ICTA), Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Av. Mendonça Furtado, nº 2946-Fátima, 68040-470, Santarém, Pará, Brasil. (PBS) polibatista.bio@hotmail.com (autor correspondente), (FRVR) fraynner@yahoo.com.

²Center for Global Change and Earth Observations, Michigan State University, East Lansing, MI 48823, Michigan, USA. (CCA) carolinearan@gmail.com.

A várzea amazônica possui alta heterogeneidade espacial que abriga uma diversificada fauna íctica. Neste estudo foi examinado a distribuição de guildas tróficas de peixes em habitats da várzea do baixo rio Amazonas durante o período de águas altas. Amostragens de peixes foram realizadas em áreas de 122 habitats distribuídos entre lagos, canais, florestas inundadas e campos herbáceos inundados. Valores médios de biomassa em termos de CPUE de invertívoros, onívoros e piscívoros foram maiores na floresta, enquanto que de detritívoros e planctívoros em lagos, e herbívoros em campos. Mas, apenas herbívoros, onívoros e planctívoros apresentaram variação significativa de biomassa entre os habitats. Os resultados da análise de NMDS demonstraram que, embora não haja grande segregação entre os habitats, há uma certa similaridade entre a composição trófica dos habitats de florestas e campos assim como uma dissimilaridade com lagos e canais. A análise de dissimilaridade confirmou a existência de diferenças significativas entre a composição desses habitats. Baseado nos resultados é sugerido que haja medidas de preservação dos mosaicos de habitats da várzea para manutenção dos níveis de abundância, biomassa e diversidade trófica dos peixes.

Palavras-chaves: águas altas, heterogeneidade espacial, ictiofauna, CPUE, guildas tróficas

The Amazonian floodplain has high spatial heterogeneity that shelters a diverse fish fauna. In this study the distribution of fish trophic guilds in floodplain habitats of the lower Amazon river during the high water period was examined. Fish samplings were conducted in 122 habitat distributed among lakes, canals, flooded forests and flooded herbaceous fields. During low water levels, herbivores, invertivores and detritivores as well as species of large body size with equilibrium life history were the most representative groups. However, only herbivores, omnivores and plankivores showed significant variation in biomass among habitats. The results of NMDS analysis showed that although there was not a strong segregation between habitats, there was a certain similarity between the trophic composition of forest and herbaceous habitats as well as a dissimilarity among these habitats and lakes and canals. The analysis of dissimilarity confirmed significant differences between the composition of these habitats. Based on the results, it is suggested that measures to preserve the mosaics of várzea habitats are needed to maintain the levels of abundance, biomass and fish trophic diversity.

Key words: high waters, spatial heterogeneity, ichthyofauna, CPUE, trophic guilds

Introdução

A várzea amazônica possui alta heterogeneidade espacial de habitats, que inclui corpos hídricos lóticos permanentes (canais), corpos hídricos lênticos permanentes (lagos) e ambientes aquáticos temporários (e.g. campos e florestas inundáveis) (Junk *et al.*, 1989; Ward *et al.*, 2012; Correa *et al.*, 2008). Especialmente quando os rios atingem níveis de água mais elevados e o ambiente aquático apresenta sua expansão máxima, os habitats da várzea se tornam interconectadas e o fluxo de peixes aumenta em busca de locais de abrigo, reprodução e/ou alimentação (Goulding, 1980; Godoy *et al.*, 1999; Correa *et al.*, 2008; Correa & Winemiller, 2014). No entanto, as relações entre a estrutura das assembleias de peixes e os habitats da várzea, tanto em termos de composição de espécie quanto estrutura funcional são pouco conhecidos. Essa compreensão dos padrões de distribuição das assembleias nos diferentes habitats da várzea é útil para o desenvolvimento de medidas de conservação de habitats essenciais para os ciclos de vida dos peixes.

A alta conectividade entre habitats e a capacidade de dispersão dos peixes são fatores que podem proporcionar homogeneidade espacial na distribuição das assembleias e ausência de padrões marcantes de composição e estrutura na paisagem (Hoeinghaus *et al.*; 2003, Lowe *et al.*, 2006; Thomaz *et al.*; 2007; Freitas *et al.* 2010). Entretanto, em diversas planícies de alagação do mundo, a organização das assembleias de peixes tem sido demonstrada não ser aleatória, mas estruturada por fatores abióticos, interações bióticas, complexidade de habitats, entre outros fatores (Petry *et al.*, 2003; Arrington & Winemiller, 2006; Fernandes *et al.*, 2009; Siqueira-Souza & Freitas, 2004; Siqueira-Souza *et al.*, 2016). Além disso, a estrutura da fauna de peixes na paisagem é dependente das estratégias ecológicas das espécies, como estratégias alimentares e de uso de micro-habitat (Vannote *et al.*, 1980; Thorp *et al.*, 2006; Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.*, 2018). Por exemplo, a partir de dados de cobertura da paisagem da várzea em ampla escala foi demonstrado que grupos de espécies bentônicas ou com alta capacidade de fazer manobras estão associados com áreas com maior cobertura de floresta, onde possivelmente se beneficiam da alta complexidade estrutural dos habitats (Arantes *et al.*, 2017). Contudo, ainda é pouco o conhecido como as assembleias de peixes se associam a diferentes tipos de habitats da paisagem em escala local (e.g., canal, lago, campo e floresta). Essa questão pode ser elucidada com base em uma análise de distribuição de grupos tróficos, já que diferentes grupos devem se beneficiar da disponibilidade de determinados recursos nos diferentes habitats (Power, 1992; Polis & Hurd, 1996; DeAngelis, 2012). Informações nesse sentido são particularmente importantes devido ao aumento da fragmentação de habitats das planícies de

inundação e as ameaças que isso representa para diversidade de peixes desse ecossistema (Dudgeon *et al.*, 2006, Arantes *et al.*, 2017).

Assim, neste estudo foi avaliado a distribuição de guildas tróficas de peixes na várzea do baixo rio Amazonas durante o período de águas altas. Especificamente, testou-se a hipótese de que a abundância, biomassa e composição trófica de peixes diferem entre os habitats de campo, canal, floresta e lago, com determinadas guildas tróficas mais abundantes em habitats que dispõem de recursos alimentares relacionados a suas estratégias específicas. Espera-se, por exemplo, que grupos tróficos que se beneficiam de alimentos alóctones das árvores, como herbívoros e invertívoros, sejam mais abundantes nas florestas inundadas. Já aquelas guildas que se favorecem de áreas sem cobertura florestal densa, com maior exposição à luz, como por exemplo os planctívoros, que se alimentam de zooplâncton, apoiado pela produção fitoplâncton estejam mais fortemente associadas a habitats de área aberta como lagos e canais.

Materiais e métodos

Área de estudo. A várzea do baixo rio Amazonas é periodicamente inundada pelas águas barrentas do rio Amazonas, que possui alta concentração de partículas em suspensão, pH neutro a básico, alcalinidade elevada e alto teor de nutrientes (Sioli, 1967). Essa região apresenta uma elevação máxima no nível da água de aproximadamente seis metros entre os meses junho-julho e um período de vazão mínima em outubro-novembro (Issac *et al.*, 2016). Durante o período de águas altas de 2012 foram amostradas 17 unidades espaciais da várzea (Fig. 1) contendo lagos, canais, florestas e campos herbáceos que permanecem hidrologicamente conectadas durante cerca de seis a nove meses por ano, definidos como sistemas de lagos (Arantes *et al.*, 2017; Castello *et al.*, 2017).

As florestas de várzea do baixo rio Amazonas são caracterizadas por possuírem árvores de grande e médio porte, arbustos e/ou semi-arbusto, que possuem adaptações à condição de inundações periódicas (Ayres, 1995; Arantes *et al.*, 2017). Os campos herbáceos consistem de áreas do solo das planícies sem ou com pouca vegetação, onde o que predomina no período de águas baixas são as gramineas (Arantes *et al.*, 2017). Os canais podem ser categorizados como paranás e furos, sendo que os paranás são canais que passam pelo ambiente de várzea transportando águas fluviais em que ambas as extremidades se conectam com o canal principal do rio, já os furos ligam os lagos a qualquer outra massa d'água, inclusive com o rio (Junk, 1984; Castello, 2008). Os lagos são originados de depressões na planícies podendo ter variadas

formas e tamanhos, que assim como os canais geralmente retêm água durante todos períodos hidrométricos (Junk, 1984; Crampton, 1998).

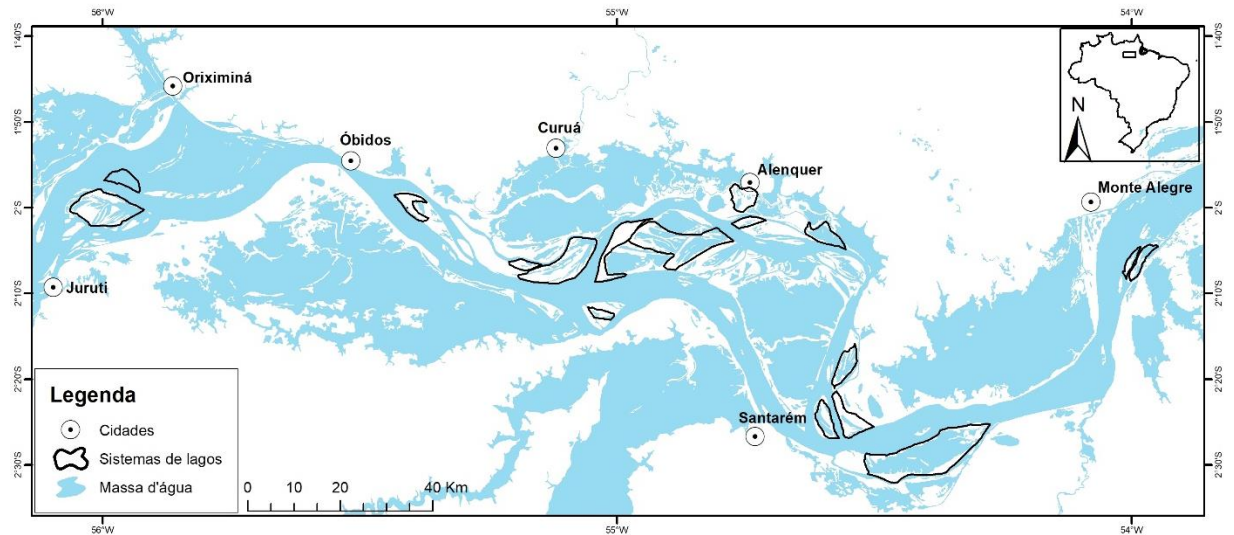


Fig. 1. Área de estudo: a várzea na região do baixo rio Amazonas, com indicação dos 17 sistemas de lagos amostrados

Coleta de dados. Foram realizadas coletas de peixes em áreas de 122 habitats (32 lagos, 29 canais, 31 florestas inundadas e 31 campos inundados) distribuídos entre os 17 sistemas de lagos. Em cada habitat amostrado foram coletados peixes utilizando 11 malhadeiras medindo 25 metros de comprimento e dois metros de altura cada, com tamanhos de malha de 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 e 130 mm, e uma malhadeira de 100 m de comprimento e três de altura, com malha de 180 mm. As malhadeiras amostraram cada local por aproximadamente duas horas do período diurno. Todos os espécimes coletados foram pesados (g) e identificados até menor nível taxonômico possível.

Análises de dados. Os dados de biomassa (b) e abundância numérica (n) foram padronizados como captura por unidade de esforço (CPUE = capturados de peixe (b ou n) dividido por horas de rede na água). As espécies capturadas foram classificadas em seis guildas tróficas (herbívora, onívora, detritívora, invertívora, planctívora e piscívora), baseado em Ferreira *et al.* (1998), Barbarino & Winemiller (2003), Pouilly *et al.* (2003), Mérona & Mérona (2004), Santos *et al.* (2008), Shibuya & Zuanon (2013), Röpke *et al.* (2013), Correia & Winemiller (2014), Lopes *et al.* (2009), Röpke *et al.* (2017) e Arantes *et al.* (2017).

Para testar diferenças da abundância total, biomassa total e biomassa de cada grupo trófico entre os habitats (campo, canal, floresta e lago) foram utilizados o teste Kruskal-Wallis

e o *a posteriori* Mann-Whitney. Estes testes não paramétricos foram empregados pois os dados não apresentaram distribuição próxima a normal, mesmo após transformações logarítmicas. Visando analisar a estrutura das assembleias de peixes em termos de composição trófica entre os habitats foi usado um escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Para verificar possíveis diferenças significativas na composição entre os habitats foi utilizado a análise de dissimilaridade (ANOSIM). Além disso, a análise de Similaridade Percentual (SIMPER) foi empregada para verificar a contribuição relativa de cada grupo trófico para dissimilaridade da composição das assembleias entre os habitats. Para as análises de NMDS, ANOSIM e SIMPER foi utilizado o índice de similaridade de Bray-Curtis baseado na biomassa das guildas tróficas (considerando somente espécies que ocorreram em mais de 3% dos habitats amostrados). Todas as análises foram realizados utilizando o programa PAST 3.12.

Resultados

Foram capturados 2.639 indivíduos, distribuídos em 75 espécies, 44 gêneros, 19 famílias e oito ordens (Tab. 2). Characiformes e Siluriformes foram as ordens com maior abundância numérica, biomassa e riqueza de espécie. As famílias Serrasalminidae (1.178 indivíduos e 15 spp.), Triportheidae (605 indivíduos e quatro spp.), Anostomidae (208 indivíduos e nove spp.) e Curimatidae (193 indivíduos e seis spp.) foram as mais abundantes e com maior riqueza. *Pygocentrus nattereri* foi a espécie mais representativa, correspondendo a 37% da abundância e 32% da biomassa total, seguida de *Triportheus auritus* e *Triportheus angulatus* que juntas representaram 22 % e sete % da abundância e biomassa total, respectivamente. A maior riqueza de espécies foi registrada em habitats de campos (52 spp.), seguido de florestas (49 spp.), lagos (39 spp.) e canais (38 spp.). Vinte espécies (26,6%) foram compartilhadas entre todos os habitats. O número de espécies exclusivas foi maior nas florestas, com 11 espécies (14,86%), seguido dos campos com sete espécies (9,3%), canais com seis espécies (8,3%) e lagos com duas espécies. Foram capturadas 23 espécies piscívoras, 22 onívoras, 11 detritívoras, nove herbívoras, oito invertívoras e duas planctívoras.

Os maiores valores médios de CPUE foram obtidos nas florestas (0,98n/h e 111g/h, respectivamente para abundância e biomassa), seguidos dos campos (0,84n/h e 93,22g/h), canais (0,69n/h e 67,40g/h) e lagos (0,56n/h e 55g/h) (Fig. 2). A abundância (CPUE_n) e biomassa (CPUE_b) total foram significativamente diferentes entre os habitats ($p=0,04$ e $p=0,001$, respectivamente). O teste *a posteriori* mostrou que essas diferenças foram geradas pela maior abundância nas florestas e nos campos quando comparadas a lagos ($p<0,05$). Da

mesma forma, a maior biomassa foi registrada nas florestas e campos quando comparadas a lagos e canais ($p < 0,05$) (Tab. 1). A CPUEb dos grupos tróficos demonstrou que os maiores valores médios de captura de invertívoros, onívoros e piscívoros foram na floresta, enquanto que de detritívoros e planctívoros em lagos, e herbívoros em áreas de campos. (Fig. 3 e Tab. 1). Contudo, apenas a guilda herbívora, onívora e planctívora apresentaram uma variação significativa na biomassa entre os habitats (Tab. 1).

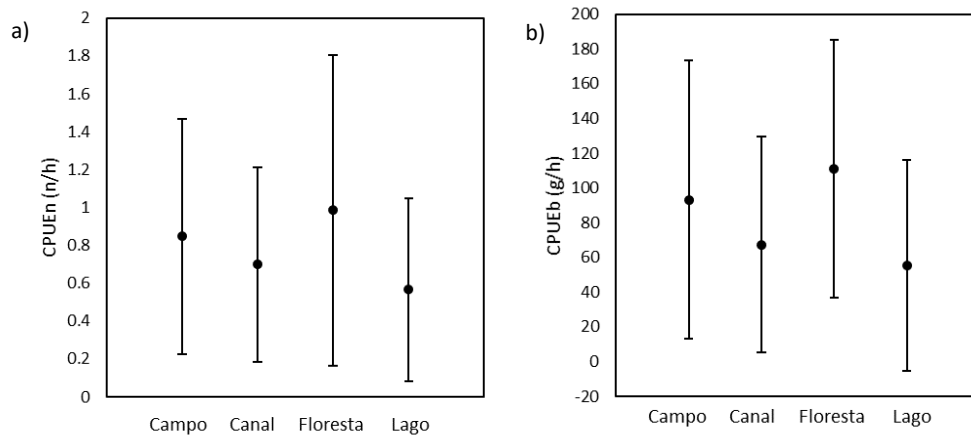


Fig. 2. Médias e desvio padrão da biomassa (a) e abundância (b) de peixes em termos de CPUE em habitats de campo, canal, floresta e lago da várzea do baixo rio Amazonas.

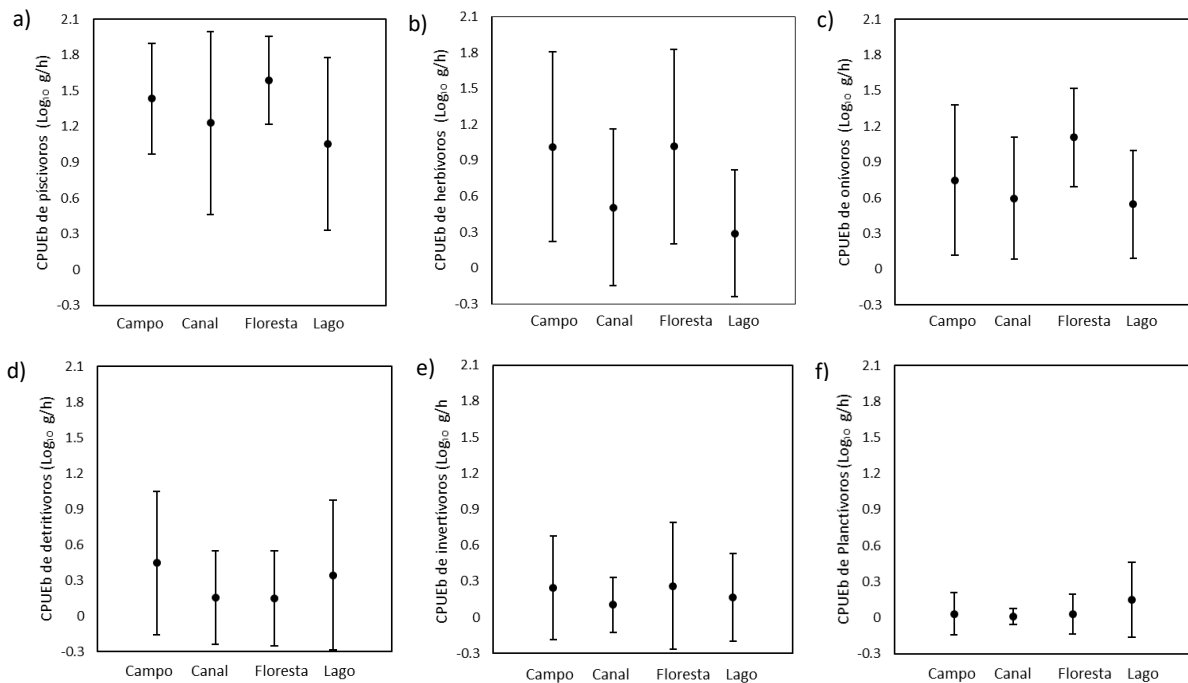


Fig. 3. Médias e desvio padrão da biomassa em termos de CPUE de piscívoros (a), onívoros (b), herbívoros (c), detritívoros (d), invertívoros (e) e planctívoros (f) nos habitats de campo, canal, floresta e lago da várzea do baixo rio Amazonas. Para melhor visualização os dados foram log transformados (\log_{10})

Tab. 1. Valores médios e desvio padrão da abundância total (CPUE_n), biomassa total (CPUE_b) e biomassa de detritívoros, herbívoros, invertívoros, onívoros, piscívoros e planctívoros nos habitats de campo, canal, floresta e lago da várzea do baixo rio Amazonas.

CPUE	Campo	Canal	Floresta	Lago	p
CPUE_b	93.22±80.02ab	67.40±62.07ac	110.87±62.07b	55.21±60.73c	0.0010*
CPUE_n	0.84±0.62a	0.69±0.51ab	0.98±0.81a	0.56±0.48b	0.0400*
CPUE_b de Piscívoro	44.2±51.00ab	45.79±50.52ac	51.98±44.85bc	31.54±43.03a	0.0500
CPUE_b de herbívoro	33.96±49.70b	10.88±23.62a	32.46±8.86b	4.85±11.34a	0.0001*
CPUE_b de Onívoro	15.90±31.53a	7.81±11.33a	19.33±18.72b	5.27±4.48a	0.0001*
CPUE_b de detritívoro	8.33±17.83a	2.05±6.46b	2.40 ±8.79b	10.37 ±29.68ab	0.0500
CPUE_b de invertívoro	2.82±6.55a	0.78±1.68a	4.41±10.50a	1.97±5.8a	0.9100
CPUE_b de Plantívoro	0.31±1.74ab	0.08±0.42ab	0.26±1.51a	1.18±2.57b	0.0300*

*estatisticamente significativo ($p < 0.05$), baseado no teste Kruskal-Wallis

Médias e desvios padrão seguidos de letras diferentes em mesma linha diferem significativamente entre si, baseado no teste *a posteriori* Mann-Whitney ($p < 0.05$).

O resultado obtido através da análise de NMDS com base nos dados de CPUE de biomassa dos grupos tróficos demonstrou que, embora não haja grande segregação entre os habitats, há uma maior similaridade entre a composição dos habitats de florestas e campos quando comparado a canais e lagos (Fig. 4). Da mesma forma, habitats de lagos e canais mostraram-se mais semelhantes entre si. A análise de dissimilaridade (ANOSIM) mostrou diferenças significativas entre a composição desses habitats ($R=0.05483$; $p < 0.001$). As comparações pareadas revelaram diferenças significativas nas composições tróficas entre florestas e lagos ($R=0.1298$; $p < 0.001$) e entre florestas e canais ($R=0.08718$; $p < 0.001$). A composição dos campos foi diferente da composição dos lagos ($R=0.05471$; $p < 0.01$) e dos canais ($R=0.05004$; $p < 0.03$). Os resultados da análise SIMPER mostraram que os principais responsáveis pela dissimilaridade na composição trófica das assembleias de peixes entre os habitats, foram os piscívoros e herbívoros, seguido dos onívoros, detritívoros, invertívoros e planctívoros (Fig. 5).

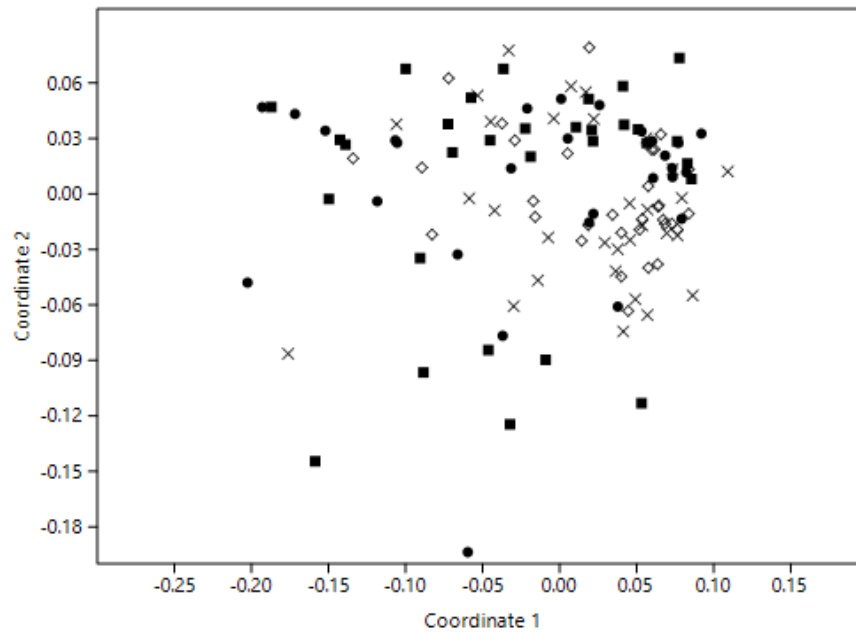


Fig. 4. Ordenação multidimensional não-métrica (NMDS) obtida com os registros dos grupos tróficos coletados durante o período de águas altas nos habitats da várzea do baixo rio Amazonas utilizando-se o índice de Bray-Curtis (Stress = 0.1972). (■) Lago, (●) Canal, (◇) Floresta e (x) Campo

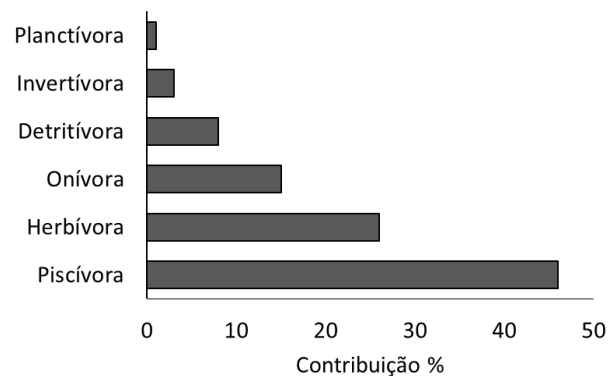


Fig. 5. Contribuição de cada guilda trófica para dissimilaridade da composição das assembleias entre os habitats da várzea do baixo rio Amazonas de acordo com os resultados da análise SIMPER

Tab. 2. Biomassa relativa em termos de CPUE para os habitats de canal, campo, floresta e lagos estudados durante o período de águas altas na várzea do baixo rio Amazonas.

Família Espécie	Grupo trófico	CPUEb (g/h)			
		Campo	Canal	Floresta	Lago
Acestrorhynchidae					
<i>Acestrorhynchus falcatus</i>	Piscívoro	15,86	33,85	112,35	0,30
<i>Acestrorhynchus nasutus</i>	Piscívoro	0,00	0,00	11,03	0,00
Anostomidae					
<i>Laemolyta taeniata</i>	Onívoro	66,55	0,00	4,10	0,55
<i>Leporinus fasciatus</i>	Onívoro	0,00	0,00	4,72	0,00
<i>Leporinus friderici</i>	Onívoro	0,00	0,00	21,34	0,00
<i>Leporinus trifasciatus</i>	Onívoro	77,76	0,00	56,15	0,00
<i>Leporinus wolfei</i>	Onívoro	0,00	13,52	0,00	0,00

<i>Leporinus sp.</i>	Onívoro	0,00	9,52	0,00	0,00
<i>Rhytiodus argenteofuscus</i>	Herbívoro	83,97	57,14	40,43	60,02
<i>Rhytiodus microlepis</i>	Herbívoro	112,46	51,70	7,79	60,71
<i>Schizodon fasciatus</i>	Herbívoro	156,31	25,75	110,98	13,21
Auchenipteridae					
<i>Ageneiosus inermis</i>	Piscívoro	24,40	16,92	4,70	33,32
<i>Ageneiosus sp.</i>	Piscívoro	0,00	2,55	0,00	0,00
<i>Auchenipterus ambyiacus</i>	Invertívoro	26,84	0,00	0,00	0,00
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Invertívoro	2,31	0,00	0,00	0,55
<i>Centromochlus heckelii</i>	Onívoro	0,00	0,32	0,00	0,00
Bryconidae					
<i>Brycon cephalus</i>	Onívoro	0,00	0,00	9,74	0,00
<i>Brycon falcatus</i>	Onívoro	5,29	0,00	11,31	0,00
<i>Brycon melanopterus</i>	Onívoro	69,74	17,75	181,30	0,00
Ctenoluciidae					
<i>Boulengerella maculata</i>	Invertívoro	51,99	0,00	0,00	12,07
Callichthyidae					
<i>Hoplosternum littorale</i>	Invertívoro	6,99	11,51	0,00	8,85
<i>Hoplosternum sp.</i>	Invertívoro	10,47	0,00	0,00	0,00
Cichlidae					
<i>Acarichthys heckelii</i>	Onívoro	0,00	0,00	0,68	0,00
<i>Astronotus crassipinnis</i>	Piscívoro	30,43	29,56	116,61	10,77
<i>Cichla monoculus</i>	Piscívoro	4,39	7,09	52,13	0,00
<i>Crenicichal sp.</i>	Piscívoro	5,74	0,00	0,00	0,00
<i>Heros efasciatus</i>	Onívoro	0,00	0,00	3,28	0,00
<i>Mesonauta insignis</i>	Onívoro	5,63	0,00	0,72	0,00
<i>Satanoperca jurupari</i>	Onívoro	0,00	0,00	3,91	0,00
Curimatidae					
<i>Curimata incompta</i>	Detritívoro	2,46	0,00	3,65	0,00
<i>Curimata inornata</i>	Detritívoro	7,48	0,00	0,00	0,00
<i>Potamorhina altamazonica</i>	Detritívoro	31,41	42,61	13,54	12,34
<i>Potamorhina latior</i>	Detritívoro	101,83	11,11	7,84	254,61
<i>Psectrogaster rhomboides</i>	Detritívoro	0,00	0,00	0,00	4,23
Cynodontidae					
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	Invertívoro	5,61	0,00	0,00	0,00
<i>Rhaphiodon vulpinus</i>	Piscívoro	29,32	59,36	24,01	10,11
Engraulidae					
<i>Lycengraulis batesii</i>	Invertívoro	11,22	10,46	2,43	21,92
Hemiodontidae					
<i>Anodus elongatus</i>	Planctívoro	9,70	2,24	0,00	36,88
<i>Hemiodus argenteus</i>	Onívoro	39,26	3,02	0,00	0,00
<i>Hemiodus immaculatus</i>	Onívoro	0,93	0,00	0,00	4,98
<i>Hemiodus microlepis</i>	Onívoro	89,17	19,51	2,71	9,88
<i>Hemiodus goeldii</i>	Onívoro	0,90	0,86	0,00	2,02
<i>Hemiodus unimaculatus</i>	Onívoro	1,87	5,08	0,00	7,11
Loricariidae					
<i>Hypoptopoma gulare</i>	Detritívoro	1,26	0,00	0,34	0,55
<i>Pterygoplichthys gibbiceps</i>	Detritívoro	0,00	3,72	0,00	0,00
<i>Pterygoplichthys pardalis</i>	Detritívoro	9,7	0,00	35,37	0,00
Osteoglossidae					
<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Invertívoro	20,85	0,00	138,88	3,85
Pimelodidae					
<i>Calophysus macropterus</i>	Piscívoro	0,00	0,00	0,00	43,83

<i>Hypophthalmus marginatus</i>	Invertívoro	0,00	0,00	8,55	0,00
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Piscívoro	0,00	33,41	0,00	0,00
Pristigasteridae					
<i>Pellona castelnaeana</i>	Piscívoro	136,01	166,69	165,76	332,67
<i>Pellona flavipinnis</i>	Piscívoro	7,72	48,09	0,00	3,85
Prochilodontidae					
<i>Prochilodus nigricans</i>	Detritívoro	0,00	0,00	2,80	36,80
<i>Semaprochilodus insignis</i>	Detritívoro	16,62	0,00	13,51	13,21
Sciaenidae					
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Piscívoro	12,15	0,00	18,95	10,96
Serrasalminidae					
<i>Colossoma macropomum</i>	Herbívoro	453,54	97,99	574,43	18,88
<i>Metynnis argenteus</i>	Herbívoro	4,36	0,00	0,00	1,16
<i>Metynnis hypsauchen</i>	Herbívoro	0,00	0,00	2,18	0,00
<i>Mylossoma aureum</i>	Herbívoro	6,59	1,50	3,01	1,59
<i>Mylossoma duriventre</i>	Herbívoro	5,95	12,56	52,47	0,00
<i>Piaractus brachypomus</i>	Herbívoro	17,36	58,13	247,49	8,04
<i>Pristobrycon striolatus</i>	Piscívoro	1,37	3,59	16,88	1,31
<i>Pristobrycon serrulatus</i>	Piscívoro	0,00	0,00	3,01	0,00
<i>Pristobrycon sp.</i>	Piscívoro	0,00	0,00	0,94	0,00
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piscívoro	902,15	852,42	1072,14	503,78
<i>Serrasalmus elongatus</i>	Piscívoro	29,68	0,00	5,31	6,43
<i>Serrasalmus maculatus</i>	Piscívoro	13,67	10,56	16,21	0,76
<i>Serrasalmus spilopleura</i>	Piscívoro	0,00	0,00	10,35	0,00
<i>Serrasalmus rhombeus</i>	Piscívoro	38,64	17,27	33,12	5,23
<i>Serrasalmus sp.</i>	Piscívoro	6,06	0,00	0,00	0,00
Triportheidae					
<i>Agoniates anchovia</i>	Piscívoro	1,36	0,83	0,00	2,51
<i>Triportheus albus</i>	Onívoro	0,00	1,24	2,04	0,00
<i>Triportheus angulatus</i>	Onívoro	34,53	48,02	158,40	13,52
<i>Triportheus auritus</i>	Onívoro	99,96	100,38	158,42	103,67

Discussão

A distribuição das guildas tróficas de peixes na várzea do baixo rio Amazonas demonstrou está relacionada aos diferentes habitats do ecossistema. A similaridade entre lagos e canais, assim como as suas dissimilaridades com florestas e campos são consistentes com os estudos baseados na composição taxonômica, que também demonstraram diferenças entre a região de água aberta de lagos e áreas de florestas alagadas em planícies de inundação da Amazônia Central (Saint-Paul, 2000; Siqueira-Souza *et al.*, 2016). Além disso, neste estudo, as florestas e campos apresentaram maiores valores de riqueza, abundância e biomassa de peixes quando comparados aos lagos e canais. Essa maior acomodação de espécies em determinados habitats é atribuída a heterogeneidade espacial, que provê uma maior quantidade de microhabitats, maior gama de microclimas, mais esconderijos contra a ação de predadores, dentre outros fatores (Pianka 1994; Townsend *et al.*, 2006, Correa *et al.*, 2008). Baseado nos resultados

encontrados é possível prever que a degradação de habitats da várzea, particularmente as florestas inundáveis que concentraram as mais altas abundâncias e biomassas de peixes, deve impactar negativamente os níveis abundância e a estrutura das assembleias de peixes na várzea e, potencialmente, a produção pesqueira local.

A estrutura trófica das assembleias de peixes durante o período inundação, pelo menos em parte, deve ser impulsionada pelas preferências específicas das espécies em função da disponibilidade de recursos alimentares nos habitats, uma vez que determinadas guildas tróficas foram mais abundantes em habitats com características que beneficiam suas estratégias alimentares. Essas evidências corroboram estudos que demonstraram que gradientes de paisagem da várzea afetam diferentes guildas tróficas de peixes (Pouilly *et al.*, 2004; Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.* 2018).

Maiores valores de biomassa dos planctívoros *Anodus elongatus* e *Hypophthalmus marginatus* em lagos, provavelmente ocorrem pelas preferências dessas espécies a ambientes com característica lântica e de água aberta com grande exposição à luz, condição que favorece a produção de fitoplâncton e sustenta a produção zooplâncton (Arantes *et al.*, 2017). Da mesma forma, a associação de detritívoros (e.g. Curimatidae, Prochilodontidae e Loricariidae) a lagos e campos, pode estar relacionada ao enriquecimento do substrato desses locais com material orgânico de vegetação aquática e da decomposição das gramíneas e de organismos que colonizaram o solo dos campos, principalmente durante as águas baixas (Goulding, 1980; Forsberg *et al.*, 1993; Junk & Piedade, 1997).

Já os maiores valores de biomassas de herbívoros e invertívoros em áreas de florestas e campos podem ser pelas contribuições dos recursos alóctones da vegetação associada a esses habitats para alimentação de espécies como *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachipomus* e *Osteoglossum bicirrhosum*. Habitats de florestas fornecem para os peixes alimentos como frutos, sementes e invertebrados que caem dos dosséis das árvores durante o período de inundação (Goulding, 1980; Junk e Robertson, 1997; Araújo-Lima & Goulding, 1998). De maneira similar, os resultados demonstrando que as florestas inundadas correspondem ao tipo de habitat preferencial dos onívoros pode ser reflexo da disponibilidade de variáveis itens alimentares nesses locais, condições que deve impactar de maneira positiva espécies com característica generalista e com diferentes táticas de ingestão de alimentos (Pouilly *et al.*, 2003; Mortillaro *et al.*, 2015).

No entanto, é importante enfatizar que diversos fatores, além das especializações alimentares das espécies afetam a estrutura das assembleias de peixes da várzea. Como

demonstrando em diversos estudos, um grande conjunto de variáveis ambientais locais como a profundidade, a transparência e o oxigênio dissolvido influenciam a dinâmica das assembleias de peixes (Rodriguez & Lewis 1997; Petry *et al.*, 2003, Freitas *et al.*, 2013, Siqueira-Souza *et al.*, 2016). Assim, seria interessante que estudos futuros expandissem a presente análise e avaliassem como essas características estruturais, físicas e químicas dos habitats influenciam a preferência por habitats específicos pela fauna de peixes.

De maneira geral neste estudo, houve um predomínio de espécies piscívoras, onívoras e detritívoras, resultado que é concordante com o padrão encontrado para ecossistemas com grande variabilidade e caráter efêmero, como a várzea, que são principalmente habitados por espécies mais oportunistas em seus hábitos alimentares (Lowe-McConnell, 1999; Araujo-Lima *et al.*, 1995; Mérona & Merona, 2004, Mortillaro *et al.*, 2015). Especificamente, os piscívoros foram os que mais contribuíram para dissimilaridade da composição trófica das assembleias de peixes entre os habitats (48.03%). Assim, esses resultados em conjunto com de outros estudos sugerem que a piscivoria é um fator importante na estruturação das assembleias de peixes em planícies de inundação (Rodriguez & Lewis, 1997; Tejerina-Garro *et al.*; 1998).

Em suma, os resultados deste estudo indicam que os distintos habitats têm composições tróficas específicas, com diferentes guildas apresentando relação com habitats que beneficiam suas estratégias alimentares. Por exemplo, os dados mostram a importância dos habitats de floresta e campos herbáceos na escala local particularmente para peixes herbívoros, invertívoros e onívoros, corroborando estudos desenvolvidos na escala de paisagem (Arantes *et al.*, 2017; Freitas *et al.* 2018). Dessa forma, a retirada da cobertura florestal assim como impactos antrópicos em outros tipos de habitats pode alterar os padrões de disponibilidade de alimento para peixes, e afetar a biomassa, abundância e composição das assembleias nesses habitats. A fragmentação de habitats pode causar declínios em populações de grupos funcionais, por exemplo, de planctívoros em resposta a degradação local de lagos, e de herbívoros, invertívoros e onívoros, em resposta a degradação local de florestas. Assim, preservar os mosaicos de habitats da várzea é necessário para conservar os níveis de abundância e biomassa, além de padrões de estrutura da trófica dessa fauna.

Referências

Ayres JM. As Matas de Várzea do Mamirauá. Tefé (Brasil). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sociedade Civil Mamirauá. 1995; 123 pp.

- Arantes CC, Winemiller KO, Petrere M, Castello L, Hess L, Freitas CSC. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *Journal of Applied Ecology*. 2017; 00: 1-10.
- Araújo-Lima CARM, Goulding M. Os frutos do tambaqui. *Ecologia, conservação e cultivo na Amazônia*. São Paulo: Lithera Maciel Editora Gráfica. 1998; 186p
- Araújo-Lima CARM, Agostinho AA, Fabr e NN. Trophic aspects of fish communities in Brazilian rivers and reservoirs. In: Tundisi JG, Bicudo CEM., Matsumura-Tundisi T. eds. *Limnology in Brazil*. ABC/SBL, Rio de Janeiro. 1995; pp. 105-136.
- Barbarino D, Winemiller K. Dietary segregation among large catfishes of the pure and Arauca Rivers, Venezuela. *Journal of Fish Biology*, 2003; 63: 410-427.
- Castello L. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*. 2008; 17: 38-46.
- Castello L, Hess LL, Thapa R, McGrath DG, Arantes CC, Ren  VF, Isaac VJ. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and Fisheries*. 2017; 00: 1-10.
- Crampton WGR. Electric signal design and habitat preferences in a species rich assemblage of gymnotiform fishes from the Upper Amazon basin. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 1998; 70: 805-847.
- Correa SB, Crampton WGR, Chapman LJ, Albert JS. A comparison of flooded forest and floating meadow fish assemblages in an upper Amazon floodplain. *Journal of Fish Biology*. 2008; 72: 629-644.
- Correa SB, Winemiller KO. Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. *Ecology*. 2014; 95: 210-224.
- DeAngelis D. *Dynamics of nutrient cycling and food webs*. Springer Science & Business Media. 2012.
- Dudgeon D, Arthington A H, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, V v eque C., Naiman RJ, Prieur-Richard A.H., Soto D., Stiassny MLJ, Sullivan CA. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*. 2006; 81:163-182.
- Fernandes IM, Machado FA, Penha, J. Spatial pattern of a fish assemblage in a seasonal tropical wetland: effects of habitat herbaceous plant biomass, water depth, and distance from species sources. *Neotropical Ichthyology*. 2010; 8: 289-298.
- Freitas CEC, Siqueira-Souza FK, Guimar es AR, Santos, FA, Santos ILA. Interconnectedness during high water maintains similarity in fish assemblages of island floodplain lakes in the Amazonian Basin. *Zoologia*. 2010; 27(6): 931–938.
- Freitas CEC, Siqueira-Souza FK, Humston R, Hurd LE. An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia*. 2012; 705: 159-171.
- Freitas CE, Siqueira-Souza FK, Florentino AC, Hurd LE. The importance of spatial scales to analysis of fish diversity in Amazonian floodplain lakes and implications for conservation. *Ecology of Freshwater Fish*. 2014; 23: 470-477.
- Freitas CEC, Laurenson L, Yamamoto KC, Forsberg BR, Petrere-Jr M, Arantes C, Siqueira-Souza FK. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain, *Peerj*. 2018.

- Ferreira EJJ, Zuanon JAS, Santos GM. Peixes comerciais do médio Amazonas: região de Santarém, Pará. IBAMA. 1998; 211pp.
- Forsberg BR, Araujo-Lima CARM, Martinelli LA, Victoria RL, Bonassi JA. Autotrophic carbon sources for fish of the central Amazon. *Ecology*. 1993; 74: 643- 652.
- Hoeinghaus DJ, Layman CA, Arrington DA, Winemiller KO. 2003. Spatiotemporal variation in fish assemblage structure in tropical floodplain creeks. *Environmental Biology of Fishes*. 67: 379-387.
- Issac VJ, Castello L, Brasil PRS, Mauro LR. Seasonal and interannual dynamics of river-floodplain multispecies fisheries in relation to flood pulses in the Lower Amazon. *Fisheries Research*. 2016; 183: 352-359.
- Junk, W.J., Soares, M.G.M. & Carvalho, F.M. 1983. Distribution of fish species in a lake of the Amazon River floodplain near Manaus (Lago Camaleão), with special reference to extreme oxygen conditions. *Amazoniana*; 7: 397-431.
- Junk WJ, Bayley, PB, Sparks RE. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*. 1989; 106: 110-127.
- Junk WJ, Robertson B. Aquatic invertebrates. In: Junk, W. J. (Ed.). *The Central Amazonian floodplain: Ecology of a pulsing system*. Ecological Studies, vol. 126. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 1997; p.279-298.
- Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. In: Junk, W.J. Ed. *The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*. SpringerVerlag, Berlin; 1997. p. 147-185
- Goulding M. *The Fish and the Forest*. University of California Press, Los Angeles, 1980.
- Lopes C, Benedito E, Martinelli L. Trophic position of bottom-feeding fish in the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*. 2009; 69: 573-581.
- Lowe-McConnell RH, *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: EDUSP. 1999.
- Lowe WH, Likens GE, Power ME. Linking Scales in Stream Ecology. *BioScience*. 2006; 56(7): 591-597.
- Mérona BD, Rankin-de-Mérona J. Food resource partitioning in a fish community of the central Amazon foodplain. *Neotropical Ichthyology*. 2004; 2: 75-84.
- Mortillaro JM, Pouilly M, Wach M, Freitas CEC, Abril G, Meziane T. Trophic opportunism of central Amazon floodplain fish. *Freshwater Biology*. 2009.
- Petry P, Bayley PB, Markle DF. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*. 2003; 63: 547-579.
- Pianka ER. *Evolutionary Ecology*. Fifth Edition. HarperCollins, New York. 1994; 486 pp.
- Pouilly M, Lino F, Bretenoux JG, Rosales C. Dietary morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of Fish Biology*. 2003; 62: 1137-1158.
- Power ME. Top-down and bottom-up forces in food webs: do plants have primacy. *Ecology*. 1992; 73: 733-746.

- Pouilly M, Yunoki T, Rosales C, Torres L. Trophic structure of fish assemblages from Mamore´ River floodplain lakes (Bolivia). *Ecology of Freshwater Fish*. 2004; 13: 245-257
- Rodriguez MA, Lewis WM. Structure of fish assemblages along environmental gradients in floodplain lakes of the Orinoco River. *Ecological Monographs*. 1997; 67: 109-128.
- Ropke CP, Ferreira E, Zuanan J. Seasonal changes in the use of feeding resources by fish in stands of aquatic macrophytes in an Amazonian floodplain, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*. 2014; 97: 401-414.
- Röpke CP, Amadio A, Zuanon J, Ferreira EJG, Deus CP, Pires THS, Winemiller KO. Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports*. 2017; 7: 40170.
- Saint-Paul U, Zuanon J, Villacorta-Correa MA, Garcia M, Fabré NN, Berger U, Junk WJ. Fish communities in Central Amazonia white and the blackwaters floodplains. *Environmental Biology of Fishes*. 2000; 57: 235-250.
- Santos R, Ferreira E, Amadio S. Effect of seasonality and trophic group on energy acquisition in Amazonian fish species. *Ecology of Freshwater Fish*. 2008; 17: 340-348.
- Sioli H. Studies in Amazonian Waters. *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*. 1967; 3: 9-50
- Siqueira-Souza, F; Freitas, C. Fish diversity of floodplain lakes on the lower stretch of the Solimões river. *Brazilian Journal of Biology*. 2004; 64(3): 501-510.
- Siqueira-Souza FK, Freitas CE, Hurd LE, Petrere JRM. Amazon floodplain fish diversity at different scales: do time and place really matter?. *Hydrobiologia*. 2016; 776: 99-110.
- Shibuya A, Zuanon J. Catfishes as prey items of Potamotrygonid stingrays in the Solimões and Negro rivers, Brazilian Amazon. *Biota Neotropica*. 2013; 13: 376-379.
- Sousa RGC, Freitas CEC. The influence of flood pulse on fish communities of floodplain canals in the Middle Solimões River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 2008; 6: 249-255.
- Thorp JH, Thoms MC, DeLong MD. The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. *River Research and Applications*. 2006; 22: 123-147.
- Tejerina-Garro FL, Fortin R, Rodriguez M.A. Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. *Environmental Biology of Fishes*. 1998; 51: 399-410.
- Thomaz SM, Bini LM, Bozelli RL. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*. 2007; 579: 1-13.
- Townsend CR, Begon M, Harper JL. *Fundamentos em Ecologia*. Artmed, Porto Alegre. 2006; 592 pp.
- Vannote RL, Minshall GW., Cummins KW., Sedell JR., Cushing CE. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1980; 37: 130-137.
- Ward JV, Tockner K, Arscott DB, Claret, C. Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology*. 2002; 47: 517-539.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A flutuação sazonal do nível da água representa um fator chave na estrutura das assembleias de peixes da várzea do baixo rio Amazonas, com determinadas espécies e grupos funcionais mais associados com diferentes períodos hidrológicos, dependendo de suas estratégias ecológicas. Por exemplo, os piscívoros, planctívoros e onívoros, assim como espécies com história de vida periódica e intermediária (caracterizadas pela alta fecundidade e migrações laterais e longitudinais), foram mais associados com níveis altos da água. Já durante níveis mais baixos da água, os herbívoros, invertívoros e detritívoros, assim como espécies de tamanho corporal grande com história de vida de equilíbrio (caracterizadas pela baixa fecundidade e cuidado parental), foram os grupos mais representativos nesse período.

Também há diferenças de abundância, biomassa e composição trófica de peixes entre os diferentes habitats da várzea durante o período de inundação, com determinadas guildas apresentando relação com habitats que beneficiam suas estratégias alimentares. Existe uma maior similaridade entre a composição trófica de florestas e campos assim como dissimilaridades com lagos e canais. Particularmente, as florestas apresentaram maiores valores de abundância e biomassa quando comparado aos demais habitats.

Estes resultados somados aos de outros estudos desenvolvidos em planícies de inundação evidenciam a importância da manutenção dos regimes hidrológicos naturais e a necessidade de preservar mosaicos de habitats para conservação dos níveis de biomassa e da diversidade taxonômica e funcional dos peixes na várzea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (INTRODUÇÃO GERAL)

- Ayres, J.M. 1995. *As Matas de Várzea do Mamirauá. Tefé (Brasil)*. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Sociedade Civil Mamirauá. 123 pp.
- Arantes, C.C.; Winemiller K. O.; Petrere, M.; Castello, L.; Hess, Freitas, C.S.C. 2017. Relationships between forest cover and fish diversity in the Amazon River floodplain. *Journal of Applied Ecology*, 00: 1-10
- Araujo-Lima, C.A.R.M.; Ruffino, M.L., 2003. Migratory fishes of the Brazilian Amazon. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. (Eds.), *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. International Development and Research Centre, World Fisheries Trust, Ottawa, p.235-307.
- Barthem, R.B.; Fabré, N.N. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: Ruffino, M. L. (Eds). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. IBAMA/Pro-várzea, Manaus, Amazonas, p.17-62.
- Batista, V. S.; A. J. Inhamuns, C. E. C.; Freitas, D. Freire-Brasil, 1998. Characterization of the fishery in riverine communities in the Low-Solimões/High-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology*, 5: 419-435.
- Batista, V.S. 2000. The fishing activity of the river people in the floodplain of the Central Amazon. In: Junk, W.J.; Ohly, J.; Piedade, M.T.F.; Soares, M.G.M. (Eds.). *The central Amazon floodplain: Actual use and options for a sustainable management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, p.417-432.
- Batista V.S. 2002. Caracterização da frota pesqueira de Parintins, Itacoatiara e Manacapuru, Estado do Amazonas. *Acta amazônica*, 33(2): 291-302.
- Batista V.B.; Petrere Júnior.M. 2003. Characterization of the commercial fish production landed at Manaus, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica*, 33 (1): 53-66.
- Batista, V.S.; Isaac, V.J.; Viana, J.P. 2004. Exploração e manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: ML Ruffino (Eds.). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. ProVárzea-IBAMA, Manaus, Amazonas, p.63-152.
- Bevilaqua, D. R.; Soares, M. G. M. 2015. Variação temporal da composição íctica em lagos de várzea, Ilha do Risco, Itacoatiara, Amazonas, Brasil. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2(2): 17-27.
- Bittencourt, M. M.; Amadio, S. A. 2007. Proposta para a identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões - Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37(2): 303-308.
- Campos, C.P.; Garcez, R.C.S.; Catarino, M.; Costa, G.A.; Freitas, C.E.C. 2015. Population dynamics and stock assessment of *Collossoma macropomum* caught in Manacapuru lake system (Amazon Basin, Brazil). *Fisheries Management and Ecology* 22: 400-406.
- Cardoso, R.S.; Freitas, C.E.C. 2008. A pesca de pequena escala no rio Madeira pelos desembarques ocorridos em Manicoré (Estado do Amazonas), Brasil. *Acta Amazônica*, 38(4): 781-788.

- Correa, S.B.; Crampton, W.G.R.; Chapman, L.J.; Albert, J.S. 2008. A comparison of flooded forest and floating meadow fish assemblages in an upper Amazon floodplain. *Journal of Fish Biology*, 72: 629-644.
- Correa, S.B.; Winemiller, K.O. 2014. Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. *Ecology*, 95: 210-224.
- Castello, L. 2008. Lateral migration of *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 38-46.
- Castello, L.; Issac, V.J.; Thapa, R. 2015. Flood pulse effects on multispecies fishery yields in the Lower Amazon. *Royal Society open Science*, 2: 150-299.
- Castello, L.; Hess, L.L.; Thapa, R.; McGrath, D.G.; Arantes, C.C.; Renó, V.F.; Isaac, V.J. 2017. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and Fisheries*, 00: 1-10.
- Castello, L.; Hess, L.L.; Thapa, R.; McGrath, D.G.; Arantes, C.C.; Renó, V.F.; Isaac, V.J. 2017. Fishery yields vary with land cover on the Amazon River floodplain. *Fish and Fisheries*: 00,1-10
- Fernandez, C. 1997. Lateral migration of fishes in Amazon floodplains. *Ecology of Freshwater Fish*, 6: 36-44.
- Forsberg, B.R.; Melack, J.M.; Dunne, T.; Barthem, R.B.; Goulding, M.; Rodrigo C.D.; Paiva, R.C.D.; Sorribas, M.V.; Silva Jr., U.L.; Weisser, S. 2017. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLOS ONE*, 12(8): 1-35
- Freitas, C.E.C.; Garcez, R.C.S. 2004. Fish communities of natural channels between floodplain lakes and Solimões-Amazonas River (Amazon-Brazil). *Acta Limnologica*, 16(3): 273-28
- Freitas, C.E.C.; Siqueira-Souza, F.K.; Guimarães, A.R.; Santos, F.A.; Santos, I.L.A. 2010. Interconnectedness during high water maintains similarity in fish assemblages of island floodplain lakes in the Amazonian Basin. *Zoologia*, 27 (6): 931-938.
- Freitas, C.E.C.; Siqueira-Souza, F. K.; Humston, R.; Hurd, L. E. 2012. An initial assessment of drought sensitivity in Amazonian fish communities. *Hydrobiologia*, 705: 159-171.
- Freitas, C.E.; Siqueira-Souza, F.K.; Florentino, A.C.; Hurd, L.E. 2014. The importance of spatial scales to analysis of fish diversity in Amazonian floodplain lakes and implications for conservation. *Ecology of Freshwater Fish* 23: 470-477.
- Freitas, C.E.C.; Laurenson, L.; Yamamoto, K.C.; Forsberg, B.R.; Petrere-Jr, M.; Arantes, C.; Siqueira-Souza, F.K. 2018. Fish species richness is associated with the availability of landscape components across seasons in the Amazonian floodplain, *Peerj*.
- Goulding, M. 1980. *The Fish and the Forest*. University of California Press, Los Angeles.
- Hoorn, C.; Guerrero, G.; Sarmiento, G.A.; Lorente, M.A. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, 23(3): 237-240
- Hurd, L.E., Souza, R.G.S, Siqueira-Souza, F.K., Cooper, G.J., Kahn, J.R.; Freitas, C.E.C. 2016. Amazon floodplain fish communities: habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. *Biological Conservation*, 195:118-127

- Isaac, V.J.; Silva, C.O.D.; Ruffino, M.L. 2004. A pesca no Baixo Amazonas. In: M.L., Ruffino (Ed). *A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia brasileira*. IBAMA/Pro-Várzea, Manaus, p.185-211.
- Issac, V. J.; Castello, L.; Brasil, P.R.S.; Mauro, L. R. 2016. Seasonal and interannual dynamics of river-floodplain multispecies fisheries in relation to flood pulses in the Lower Amazon. *Fisheries Research*, 183: 352-359.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fishers and Aquatic*, 106: 110-127.
- Junk, W.J.; Ohly, J.J.; Piedade, M.T.F.; Soares, M.G.M. 2000. Actual use and options for the sustainable management of the central Amazon floodplain: Discussion and conclusions. In: Junk, W.J.; Ohly J.J.; Piedade M.T.F.; Soares M.G.M. (Eds.). *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. p.535-579.
- Lees, A.C.; Peres, C.A.; Fearnside, P.M.; Schneider, M. & Zuanon, J.A.S. 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 25(3): 451-466.
- Lobón-Cerviá, J.; Hess, L.L.; Melack, K.M.; Araujo-Lima, C.A.R.M. 2015. The importance of forest cover for fish richness and abundance on the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 750: 245-255.
- Lowe-McConnell, R. 1999. Estudos ecológicos em comunidades de peixes tropicais. EDUSP, São Paulo, SP, 524pp.
- Lundberg, J.G; Marshall, L. G.; Guerrero, J.; Horton, B.; Malabarba, M. C. S. L.; Wesselingh, F. 1998. The Stage for Neotropical Fish Diversification: A History of Tropical South American Rivers. In: Malabarba, L. R.; Reis, R. P.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S.; Lucena, C.A.S. (Eds). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, p.13-48.
- Makrakis, M.C.; Miranda, L.E.; Makrakis, L.; Fontes, J.; Morlis, W.G., Dias, J.H.P.; Garcia, J.O. 2012. Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly regulated river basin. *Journal of Fish Biology*, 81: 866-881.
- Marengo, J.A. 2006. On The Hydrological Cycle Of The Amazon Basin: A Historical Review And Current State-Of-The-Art. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3): 1-19.
- Martelo, J.; Lorenzen. K.; Crossa, M.; McGrath, D.G. 2008. Habitat associations of exploited fish species in the Lower Amazon river–floodplain system. *Freshwater Biology*, 53, 2455-2464
- McGrath, D.; Gama, S.P.D.; Cardoso, A.; Almeida, O.; Benatti, J.H; 2010. Integrating comanagement and land tenure policies for the sustainable management of the Lower Amazon floodplain. In: Pinedo-Vasquez., M.; Ruffino, M.; Padoch, C.; Brondizio, E. (Eds.). *The Amazonian Varzea: The Decade Past and the Decade Ahead*. Springer, New York.
- Melack, J.M.; Hesse, L.L. 2010. Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin. In: Junk W. J.; Piedade, Wittmann, F Schongart, J.; Parolin P. (Eds). *Amazonian Floodplain Florests: ecophysiology, ecology, biodiversity and sustainable management*. Springer, Ecological Studies Series. p.43-59.
- Neil, C.; Elsenbeer, H.; Krusche, A. V.; Lehmann, J.; Markewitz; Figueiredo, R.O. 2006. Hydrological and Biogeochemical Processes in a Changing Amazon: Results from small

watershed studies and the Large-Scale Biosphere - Atmosphere Experiment. *Hydrological Processes*, 20: 2467-2477.

Nelson, J. S. 2016. *Fishes of the world*. 4^a ed. John Wiley and Sons, New York. 601pp.

Petry, P.; Bayley, P.B.; Markle, D.F. 2003. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63: 547-579.

Pough, F. H.; Janis, C. M.; Heiser, J. B. 2008. *A Vida dos Vertebrados*. 4^a ed. São Paulo, Atheneu. 750pp.

Prance, G.T.A. 1980. Terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação. *Acta Amazônica*, 10(3): 495-504.

Queiroz, H.L. 2007. Classification of water bodies based on biotic and abiotic parameters at the várzeas of Mamirauá Reserve, Central Amazon. *Uakari*, 3(2): 19-34.

Ramalho, E.E.; Macedo, J.; Vieira, T.M., Valsecchi, J.; Calvimontes, J.; Marmontel, M.; Queiroz, H. 2009. Hydrological cycle in a várzea environment at Mamirauá Sustainable Development Reserve - Central Solimões, from 1990 to 2008. *Uakari*, 5(1): 61-87

Reis, R.E; Albert, J.S.; Di Dario, F.; Mincarone, M.M.; Petry, P.; Rocha, L.A. 2016. Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89: 12-47.

Ropke, C.P.; Amadio, S.A.; Winemiller, K.O.; Zuanon, J. 2015. Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon Rivers. *Journal of Fish Biology*, 1-19.

Röpke, C. P.; Amadio A.; Zuanon, J., Ferreira, E.J.G.; Deus C.P.; Pires T.H.S; Winemiller K.O. 2017. Simultaneous abrupt shifts in hydrology and fish assemblage structure in a floodplain lake in the central Amazon. *Scientific Reports*. 7: 40170

Saint-Paul, U.; Zuanon, J.; Villacorta-Correa, M.A.; Garcia, M. Fabr , N.N.; Berger, U.; Junk, W. J. 2000. Fish communities in Central Amazonia whiteand the blackwaters floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 235-250.

Sioli, H. 1951. Zum Alterungsprozess von Flussen und Flusstypen im Amazonasgebiet. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 45: 267-223.

Siqueira-Souza, F. K.; Freitas, C. E.; Hurd, L. E.; Petriere JR, M. 2016. Amazon floodplain fish diversity at different scales: do time and place really matter?. *Hydrobiologia*, 776: 99-110.

Sousa, R.G.C.; Freitas, C.E.C. 2008. The influence of flood pulse on fish communities of floodplain canals in the Middle Solimões River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6: 249-255.

Thomaz, S.M.; Bini, L.M.; Bozelli, R.L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, 579: 1-13.

Winemiller, K. 1992. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*, 63:318-327.

Winemiller K. O; Jepsen D. B. 1998. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. *Journal of Fish Biology*, 53:267-296

Winemiller, K. O.; McIntyre, P. B.; Castello, L.; Fluet-Chouinard, E.; Giarrizzo, T.; Nam, S.; Baird, I.G.; Darwall, W.; Lujan, N.K.; Harrison, I.; Stiassny, M.L.J.; Silvano, R.A.M.; Fitzgerald, D.B.; Pelicice, F.M.; Agostinho, A.A.; Gomes, L.C.; Albert, J.S.; Baran, E.; Petrere Jr., M.; Zarfl, C.; Mulligan, M.; Sullivan, J.P.; Arantes C.C.; Sousa, L.M.; Koning, A.A.; Hoinghaus, D.J.; Sabaj, M.; Lundberg, J.G.; Armbruster, J.; Thieme, M.L.; Petry, P., Zuanon, J.; Torrente Vilara, G.; Snoeks, J.; Ou, C.; Rainboth, W.; Pavanelli, C.S.; Akama, A.; Soesbergen, A.; Sáenz, L. 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*. 351: 126-129.

ANEXO A: Instrução para publicação na revista “*Ecology of Freshwater Fish*”

SUBMISSION

Your submission to *EFF* implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium.

After you have prepared your submission in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://mc.manuscriptcentral.com/eff>.

The submission system will prompt you to use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish your work from that of other researchers.

Data Protection

By submitting a manuscript to or reviewing for this publication, your name, email address, and affiliation, and other contact details the publication might require, will be used for the regular operations of the publication, including, when necessary, sharing with the publisher (Wiley) and partners for production and publication. The publication and the publisher recognize the importance of protecting the personal information collected from users in the operation of these services, and have practices in place to ensure that steps are taken to maintain the security, integrity, and privacy of the personal data collected and processed.

AIMS AND SCOPE

Ecology of Freshwater Fish publishes original contributions on all aspects of fish ecology in freshwater environments, including lakes, reservoirs, rivers, and streams. Manuscripts involving ecologically-oriented studies of behaviour, conservation, development, genetics, life history, physiology, and host-parasite interactions are welcomed. Studies involving population ecology and community ecology are also of interest, as are evolutionary approaches including studies of population biology, evolutionary ecology, behavioural ecology, and historical ecology. Papers addressing the life stages of anadromous and catadromous species in estuaries and inshore coastal zones are considered if they contribute to the general understanding of freshwater fish ecology. Theoretical and modelling studies are suitable if they generate testable hypotheses, as are those with implications for fisheries. Manuscripts presenting analyses of published data are considered if they produce novel conclusions or syntheses. The journal publishes articles, fresh perspectives, and reviews and, occasionally, the proceedings of conferences and symposia.

MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

Articles

Description: Full-length reports of quality current research within any area of fish ecology in freshwater environments.

Introduction: State the purpose of the research, give only strictly pertinent references and do not review the subject extensively.

Material and methods: A concise summary, allowing confirmation of observations and repetition of the study. This may include a ‘Study Area’ section outlining details of the location where field work was performed

Results: Present your results in a logical sequence in the text, tables and figures and use this section to emphasise or summarise only important observations.

Discussion: summarise the findings without repeating in detail the data presented in Results. Relate your observations to other relevant studies; point out the implications of the results and their limitations and place them in the context of other work.

Word limit: 9000 words maximum (excluding title, abstract, acknowledgements, references, and table and figure legends).

References: maximum of 80 references.

PREPARING THE SUBMISSION

Cover Letters

Authors should submit a cover letter, indicating succinctly why the manuscript is novel and of general interest for an international audience. Authors are encouraged to contrast and compare their research with other recently published studies.

Parts of the Manuscript

The manuscript should be submitted in separate files: main text file; figures.

Main Text File

The text file should be presented in the following order:

- i. Title
- ii. The full names of the authors
- iii. The author's institutional affiliations where the work was carried out, with a footnote for the author's present address if different from where the work was carried out
- iv. Full contact details for the corresponding author (email address, postal address, telephone number)
- v. A short running title of a maximum of ten words
- vi. Abstract and keywords for the manuscript
- vii. Main text
- viii. Acknowledgments
- ix. References
- x. Tables (each table complete with title and legend)
- xi. Figure legends
- xii. Appendices (if relevant). Figures and supporting information should be supplied as separate files.

Title. The title should be short and informative, containing major keywords related to the content. The title should not contain abbreviations (see Wiley's best practice SEO tips).

Authorship. For details on eligibility for author listing, please refer to the journal's Authorship policy outlined in the [Editorial Policies and Ethical Considerations](#) section.

Acknowledgments. Contributions from individuals who do not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgments section. Financial and material support should also be mentioned. Thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

Conflict of Interest Statement. Authors will be asked to provide a conflict of interest statement during the submission process. See 'Conflict of Interest' section in [Editorial Policies and Ethical Considerations](#) for details on what to include in this section. Authors should ensure they liaise with all co-authors to confirm agreement with the final statement.

Abstract

Please provide an abstract of no more than 250 words containing the major keywords.

Keywords

Please provide six keywords.

Main Text

- The journal uses British English, however authors may submit using either British or American English as spelling of accepted papers is converted during the production process.
- Number all pages of the main document consecutively (including tables and figure legends).
- All pages of the text (main document) must have continuous line numbers.
- Footnotes to the text are not allowed and any such material should be incorporated into the text as parenthetical matter.
- No more than 3 levels of crossheads may be used. Clearly indicate the level of each crosshead.

References

References should be prepared according to the *Publication Manual of the American Psychological Association* (6th edition). This means in text citations should follow the author-date method whereby the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998). The complete reference list should appear alphabetically by name at the end of the paper.

A sample of the most common entries in reference lists appears below. Please note that a DOI should be provided for all references where available. For more information about APA referencing style, please refer to the [APA FAQ](#). Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one.

Journal Article

Beers, S. R., & De Bellis, M. D. (2002). Neuropsychological function in children with maltreatment-related posttraumatic stress disorder. *The American Journal of Psychiatry*, 159, 483–486. doi:10.1176/appi.ajp.159.3.483

Book

Bradley-Johnson, S. (1994). *Psychoeducational assessment of students who are visually impaired or blind: Infancy through high school* (2nd ed.). Austin, TX: Pro-ed.

Internet

Document

Norton, R. (2006, November 4). How to train a cat to operate a light switch [Video file]. Retrieved from <http://www.youtube.com/watch?v=Vja83KLQXZs>

Cite EarlyView articles: To link to an article from the author's homepage, take the DOI (digital object identifier) and append it to "http://dx.doi.org/" as per following example:

How to cite this article: Akbaripasand, A., & Closs, G.P. Effects of food supply and stream physical characteristics on habitat use of a stream-dwelling fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 2017; 0: 1-10. <https://doi.org/10.1111/eff.12345>.

Tables

Tables should be self-contained and complement, but not duplicate, information contained in the text. They should be supplied as **editable files**, not pasted as images, each on a separate page at the end of the main text file. Indicate the approximate location desired in the text.

Table legends should be placed before the body of each table. These should be concise but comprehensive – the table, legend and footnotes must be understandable without reference to

the text. All abbreviations must be defined in footnotes. Footnote symbols: †, ‡, §, ¶, should be used (in that order) and *, **, *** should be reserved for P-values. Statistical measures such as SD or SEM should be identified in the headings.

Figure Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text. Please provide legends on a separate page at the end of the main text. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement. Include a label indicating the author's name at the top of the figure.

Figures

Figures should clarify the text and must be professionally drawn. Although authors are encouraged to send the highest-quality figures possible, for peer-review purposes, a wide variety of formats, sizes, and resolutions are accepted.

Figures submitted in colour may be reproduced in colour online free of charge. Please note, however, that it is preferable that line figures (e.g. graphs and charts) are supplied in black and white so that they are legible if printed by a reader in black and white.

Guidelines for Cover Submissions

If you would like to send suggestions for artwork related to your manuscript to be considered to appear on the cover of the journal, please [follow these general guidelines](#).

Additional Files

Appendices

If your manuscript is accepted, appendices will only be published online. For submission they should be supplied at the end of the main document.

Supporting Information

Supporting information is not essential to the article but provides greater depth and background. It should be cited within the article text, and a descriptive legend should be included. Supporting information is hosted online, and appears without editing or typesetting. It may include tables, figures, videos, datasets, etc. Note, if data, scripts or other artefacts used to generate the analyses presented in the paper are available via a publicly available data repository, authors should include a reference to the location of the material within their paper.

- **Abbreviations:** In general, terms should not be abbreviated unless they are used repeatedly and the abbreviation is helpful to the reader. Initially, use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only.
- **Units of measurement:** Measurements should be given in SI or SI-derived units. Visit the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at www.bipm.fr for more information about SI units.
- **Numbers:** numbers under 10 are spelt out, except for: measurements with a unit (8mmol/l); age (6 weeks old), or lists with other numbers (11 dogs, 9 cats, 4 gerbils). Use no Roman numerals. In decimals use the decimal point, not the comma.

ANEXO A: Instrução para publicação na revista “*Neotropical Ichthyology*”

SCOPE AND POLICY

Neotropical Ichthyology is the official journal of the Sociedade Brasileira de Ictiologia (SBI). It is an international peer-reviewed Open Access periodical that publishes original articles and reviews on Neotropical freshwater and marine fishes. It constitutes an International Forum to disclose and discuss results of original research on the diversity of marine, estuarine and freshwater Neotropical fishes. We give priority to articles on native species in their original basins. Articles focusing on aquaculture should be submitted to journals focusing on Animal Science.

Submitted manuscripts must represent original research and provide clear theoretical foundations, describe the objectives and/or hypotheses under consideration, and employ sampling and analytical designs consistent with the proposal. Descriptive original works of high quality and relevance will be considered for publication. Casual observations, scientific notes or descriptive studies not associated with relevant theoretical issues will not be considered.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

All Neotropical Ichthyology submission system is exclusively online through the portal ScholarOne. The Editor-in-Chief will screen each manuscript submitted to Neotropical Ichthyology verifying whether it is within the journal’s scope, presents original research and follows the instructions of the journal to authors. After passing through the initial screening, articles will be assigned to a Section Editor, who will assign an Associate Editor and start the single blind review process. The journal is open for submissions to all researchers on Neotropical ichthyofauna.

With each new manuscript submission, authors must include a cover letter stating that the article constitutes original research and is not being submitted to other journals. Your letter should also explain to editors why your article should be published, highlight the strengths of your research and outline the recommendations that can be drawn from your work. In multi-authored papers, the author responsible for submission must declare in the cover letter that all coauthors are aware of and agree with the submission. To that end, please ensure that all your coauthors have read and approved the final version.

The mailing addresses and valid e-mail addresses for all authors must be entered in the appropriate forms during manuscript submission. We strongly encourage you to register in <http://orcid.org/>, ask your coauthors to do the same and provide ORCID numbers for all authors during submission. At least the ORCID of the corresponding author is mandatory. Do not translate Institution names. During the submission, indicate at least five possible reviewers, providing name, institution, country, and valid e-mail addresses. You may also indicate your opposition to particular reviewers or conflicts of interests, if applicable.

Please, read carefully and follow all applicable rules prior to submission. Manuscripts that do not meet the journal formatting requirements, lack required files, or are written in poor English will be returned to authors without review.

FORM AND PREPARATION OF MANUSCRIPTS

General form and preparation of manuscripts

Do not duplicate information among the text, figures and tables. Submit only figures and tables that are strictly necessary. Supplementary files such as appendices, and videos should be uploaded already formatted, as pdf or video files. They will be available only in the online version.

For taxonomic papers, please also refer to: Neotropical Ichthyology taxonomic style below.

Licensing

Until 2015, Neotropical Ichthyology published under a Creative Commons BY-NC license (Attribution-Non commercial). In 2015 the journal changed to the more permissive Creative Commons BY license (Attribution). Articles accepted for publication become property of the journal.

Formatting rules

Please, be sure you have carefully read all the items below

FILE AND PAGE SETUP Manuscript files must be in the DOC, DOCX or RTF formats. Do not lock or protect the file. Formats such as XLS, XLSX or PDF will NOT be accepted.

The document file cannot include headers, footers, or footnotes (except page number). If your manuscript, figures or tables contain footnotes, move the information into the main text, captions or the reference list, depending on the content. Do not format text in multiple columns. Although no page limit is imposed, manuscripts should always be as concise as possible.

Text should be aligned to the left (except if otherwise mentioned), not fully justified, not indented by tab or space and not underlined. Do not hyphenate words at line breaks (though hyphens can be used in compound constructions, such as dorsal-fin rays, as appropriate).

All text must be Times New Roman font size 12, with 1.5 line spacing. Do not number lines. The font “symbol” can be used to represent the following characters: χ μ θ ω ε ρ τ Ψ υ ι \omicron π α σ δ Φ γ η ϕ κ λ Ξ ϖ β ν \cong Θ Ω Σ Δ Φ . Spell out numbers from one to nine, except those that refer to numerical values, scale counts, and when referencing figures and tables. Also, spell out numbers that begin a sentence.

Abbreviations used in the text must be listed under Material and Methods; except for those in common use (e.g., min, km, mm, kg, m, sec, h, ml, L, g). For measurements, use the metric system. Never use n- or m-dashes anywhere in the manuscript; always use hyphens instead.

Language Text must be submitted in English. If none of the authors are native English speakers, we recommend that you contract with a professional language-editing and copyediting services or have the manuscript read by a native English speaking colleague prior to submission. Authors are free to choose any certified service, but Neotropical Ichthyology authors receive a discount from these two companies.

Title New taxa names should not appear in the title or abstract. *E.g.*, this title meets the guidelines: A new species of loricariid catfish from the rio Ribeira de Iguape basin, Brazil (Ostariophysi: Siluriformes).

Center the title and present it in boldface, without quotation marks, with sentence-style capitalization, and with subordinate taxa separated by “:” *e.g.*, ...**(Siluriformes: Loricariidae)**. Titles must reflect the contents of the paper and use scientific names rather than vernacular names. Do not provide taxonomic authorship in the title, but do provide it in the first appearance of the name in the text. See Nomenclature Section below for further instructions.

Authors As the submitting author will be responsible for completing information at submission, it is mandatory that all authors have reviewed, discussed, and agreed with the contents of the manuscript and the order of authorship prior to submission. All co-authors must have contributed substantially to all article steps. Collectors and contributors of resources and equipment without substantial intellectual involvement in the project should be mentioned in the Acknowledgments, but not included as authors.

Capitalize only the initial letters of authors' names. Do not abbreviate first name of authors and separate the names of the last two authors by "and". We encourage presenting the full middle names of the authors, except when the number of authors is more than four. In case of authors from different institutions, use superscript numerals to identify each one in regular font (not italics). Superscript numerals can also be used to identify multiple addresses for each individual author. For Hispanic surnames, insert a hyphen between the paternal and the maternal surname if the author wishes to be cited with both (*e.g.*, Javier Maldonado-Ocampo).

Authors addresses Full mailing addresses and email of all authors must be provided, including institution name, ZIP codes, cities (no comma between ZIP and city), states and countries. For Brazilian and American states, use standard abbreviations preceded by comma, and always present the country name in English. Footnotes should not be used. List emails as part of the institutional address. When there is more than one author at a given institution, insert initials of each author name before their respective email address. Indicate the corresponding author by adding (corresponding author) after the appropriate email address. Do not use period.

E.g., Heraldo A. Britski¹, Naércio A. de Menezes¹, Javier Maldonado-Ocampo² and John Lundberg³

¹ Seção de Peixes, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, Av. Nazaré, 481, Ipiranga, 04263-000 São Paulo, SP, Brazil. (HAB) heraldo@usp.br (corresponding author), (NAM) naercio@usp.br

²Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Edf. 53, Laboratorio de Ictiología 108B, Carrera 7 No. 43-82, Bogotá, DC, Colombia. gymnopez@gmail.com

³Department of Ichthyology, The Academy of Natural Sciences of Drexel University, 1900 Benjamin Franklin Parkway, 19103-1195 Philadelphia, PA, USA. lundberg@ansp.org

Running head Provide a suggested running head of up to 50 characters. It must concisely reflect the content of the article. Do not include vernacular names or species authorship here.

Abstract Abstracts must appear as a single paragraph with fewer than 200 words in English. Do not include new taxa names, authorship or references. Do not indent. Remember that this is the first piece of your article that will be viewed by each potential reader. Include information showing the importance and relevance of your article to encourage the reader to read your entire paper.

Resumo or resumen Provide a concise (maximum 200 words) and accurate Portuguese or Spanish translation of the English abstract.

Keywords Provide up to five capitalized keywords in English, in alphabetic order and separated by commas. Do not use words already contained in the title, nor Neotropical (which appears in the name of the journal). If the article provides an identification key, include that as keyword in the English and translated lists. The order of the Palavras-chave or the Palabras clave also is arranged alphabetically, but the sequence of the words might differ from those in English.

Text The body of text may employ named heading and subheadings, which cannot be lettered or numbered. All sections are left justified, except the primary headings, which should appear centered in small caps and bold font. Employ the following heading, in the cited order: **Title** (do not include the word Title before the title proper); **Abstract** (in English); **Resumo** or **Resumen** (choose only one, in Portuguese or Spanish); **Keywords** (in English and in the same language of the Resumo or Resumen you provided, literally translated from the English); **Running Head**; **Introduction**; **Material and Methods**; **Results**; **Discussion**; **Acknowledgments** (optional); and **References**. Do not unite Results and Discussion as a

unique section or provide a separate Conclusion section. However, we encourage highlighting conclusions as the last paragraph(s) of the Discussion. If two heading levels are used, follow this format:

Material and Methods

Sampling sites. Collections were carried out in...

Statistical analyses. Data were analyzed...

In case of listing Examined Material, provide a list of institutional acronyms in Material and Methods section OR a reference to a published paper with a list of acronyms in Material and Methods. Also, reference(s) for species identification and classification used must be provided.

Voucher specimens Voucher specimens of all species examined must be deposited in a recognized scientific research collection, even in studies focusing on a single well-known species. A list of catalog numbers of voucher specimen(s) must be furnished in all manuscripts.

Nomenclature Species, genera, and Latin terms (*et al.*, *in vitro*, *in vivo*, *vs.*, *i.e.*, *e.g.*) must be in italics. Cite scientific names according to the ICZN (<http://iczn.org/iczn/index.jsp>).

Authorship should be given at the first reference to a species or genus. Spelling, valid names and authorship of species must be checked in the Catalog of Fishes at <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Latin terms presented between the generic and specific names (*cf.*, *aff.*, etc.) are not in italics (*e.g.*, *Hoplias cf. malabaricus*).

The genus name must always be fully spelled at its first appearance, at the beginning of a sentence and at least once in each figure and table caption(s). After first mention, the first letter of the genus name followed by the full species name may be used (*e.g.*, *H. malabaricus*) as long as the abbreviation leaves no possibility of confusion with another generic name mentioned in the manuscript. In the case of possible confusion, the abbreviation can include more than the first letter to allow the differentiation of genera beginning with the same letter.

Acknowledgments Acknowledgments are optional but encouraged. If included, they must be concise and include both first and last names of persons. Abbreviate institutions, where the full name has been provided in the Material and Methods. Names of sponsor institutions should be listed in their original spelling and not translated to English. Collections permit numbers and approvals of ethics committees can be listed here OR in the Material and Methods section.

Tables Tables must be numbered sequentially in Arabic numerals according to the order of citation in the text and be cited in the text using the following formats: Tab. 1, Tabs. 1-2, Tabs. 1, 4. Approximate locations where tables should be inserted must be indicated in upper case, along the right margin of the text, as in:

TABLE

1

In table captions, the word Tab., its respective number and final period after the number should be in bold (*e.g.*, **Tab. 1...**). End the caption in a period. Captions must be self-explicative. If genus names appear in a caption, spell out the name at least once.

Tables must be constructed in cells using lines and columns. Do not format tables with “tab” or “space”. Tables should not contain visible vertical lines or footnotes [contents of footnotes must be included in the caption]. List all captions at the end of the manuscript, in the following format: *e.g.*, **Tab. 1.** Monthly variation of the gonadosomatic index in *Diapoma pyrropteryx* and *D. speculiferum*...

Figures Figures must be numbered sequentially in Arabic numerals according to their order of citation in the text. Cite figures in the text using the following formats: Fig. 1, Figs. 1-2, Fig.

1a, Figs. 1a-b, Figs. 1a, c. Indicate the approximate locations where figures should be inserted in upper case, along the right margin of the text, as in:

FIGURE

1

In each figure caption, the word Fig., its respective number and period are in bold (*e.g.*, **Fig. 1...**). End each caption with a period. Captions must be self-explicative. If genus names appear in a caption, spell out the name at least once. Do not include symbols in the caption, but rather replace them with text (*e.g.*, black triangle) or include a legend in the figure itself.

Indicate figure subsections in lower case and bold letters in both in the figure and caption (*e.g.*, **Fig. 1.** Olfactory epithelium of representatives of Otophysi. **a.** *Cyprinus carpio*; **b.** *Brycon orbignyanus*; **c.** *Pimelodus maculatus*; and **d.** *Sternopygus macrurus*. Scale bars = 1 mm). Do not use capital letters, or parentheses after letters.

Cite figures from other articles using the same formats as figures published in the present article, but do not capitalize them (*e.g.*, ...according to the figs. 2b of Vari, Harold (2001)...).

Figures cannot be submitted as images inserted in Word files. Figures must be submitted as high quality individual files. For b&w figures, they must be saved in TIFF format, gray scale, 8.5 or 17.5 cm width, 600 dpi. Color figures must be in TIFF format, CMYK, 8.5 or 17.5 cm width and 300 dpi.

Composed figures must fit either the page (17.5 cm) or column width (8.5 cm). Text included in graphs and pictures must have a font size compatible with reductions to page or column width.

Illustrations must include either a scale or reference to the size of the item in the figure caption.

List all captions at the end of the manuscript, in the following format: *e.g.*, **Fig. 1.** Monthly variation of the gonadosomatic index in *Diapoma pyrrhopteryx* and *D. speculiferum*...

Supplementary files Upload appendices, videos, datasets and other complementary materials as supplementary files. Identify these in the text by a bolded letter **S** followed by sequential numbers in Arabic numerals. Indicate in the text that those will appear only in the online version (*e.g.* ... as shown in the video **S1**, available only in the online version,...). List all captions at the end of the manuscript, in the following format: **S1.** Video of variation of tides...

Personal communication Personal communication should be included in the text of your document – cited in text only and not be included in your reference list. *It is recommended you get permission from the source/author of your personal communication.*

Personal communication in the text of your document must include: Date of communication; Type of communication – oral, written (*e.g.*, letter, written communication) or email (include email address); Affiliation (university, organization) and highest academic degree are optional.

E-mail: In-text: In an email from E. Anderson, PhD (e.anderson@usp.br) in August 2016...

References References must be cited in the following formats in the text: Eigenmann (1915, 1921) or (Eigenmann, 1915, 1921; Fowler, 1945, 1948) or Eigenmann, Norris (1918) or, for more than two coauthors, Eigenmann *et al.* (1910a, 1910b), always in chronological order after alphabetical order in case of more than one author cited.

Note: In case of self-citations using a convention other than those exemplified, please cite using your usual convention and, in the cover letter, mention your intention to maintain and standardize that usage in all your self-citations in this and other journals.

Ensure that all citations in the text and the References coincide before submitting a manuscript. Use the reference style outlined by the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), also referred to as the “Vancouver” style. Example formats are listed below.

Book Author(s) – Family name and initials, Multiple authors separated by a comma. Title of book. Edition of book if later than 1st ed. Place of Publication: Publisher

Name; Year of Publication.

One author

Bailey KD. *Methods of social research*. 4th ed. New York: Free Press; 1994.
Nelson JS. *Fishes of the world*. 4th ed. Hoboken (NJ): J. Wiley; 2006.

Two to six authors

Borcard D, Gillet F, Legendre P. *Numerical ecology with R*. New York: Springer; 2011.
Graça WJ, Pavanelli CS. *Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá: Eduem; 2007.

Pillar VP, Müller SC, Castilhos ZMS, Jacques AVA. *Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília (DF): Ministério do Meio Ambiente; 2012.

Six or more authors

Baumgartner G, Pavanelli CS, Baumgartner D, Bifi AG, Debona T, Frana VA. *Peixes do baixo rio Iguazu*. Maringá: Eduem; 2012.

Maldonado-Ocampo JA, Oviedo JSU, Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Prada-Pedrerros S, Jiménez LF, Jaramillo-Villa U, Arango A, Rivas TS, Garcés GCS. *Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia*. Bogotá (DC): WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca; 2012

OR

Maldonado-Ocampo JA, Oviedo JSU, Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Prada-Pedrerros S, Jiménez LF et al. *Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia*. Bogotá (DC): WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca; 2012.

Different Editions

Zar JH. *Biostatistical analysis*. 5th ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2010.

Edited book

Malabarba LR, Reis RE, Vari RP, Lucena ZMS, Lucena CAS, editors. *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre: Edipucrs; 1998.

Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, Jr., organizers. *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. Porto Alegre: Edipucrs; 2003.

Book in a series

Fink WL, Weitzman SH. *The so-called Cheirodontin fishes of Central America with descriptions of two new species (Pisces: Characidae)*. Washington (DC): Smithsonian Institution Press; 1974. (Smithsonian contributions to Zoology; No. 172).
Legendre P, Legendre L. *Numerical ecology*. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier; 1998. (Developments in environmental modeling; 20).

Meek SE. *The fresh-water fishes of Mexico north of the isthmus of Tehuantepec*. Chicago: Field Columbian Museum; 1904. (Field Columbian Museum. Publication, Zoological series; vol 5).
Wootton RJ. *Ecology of teleost fishes*. London: Chapman & Hall; 1990. (Fish and fisheries series; 1).

Electronic book - from a full text database

Eschmeyer WN, Fong JD. Species by family/ subfamily in the Catalog of Fishes. [Electronic version]. San Francisco (CA): California Academy of Sciences; 2017. [cited 2017 Oct 29].

Available from

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>

(NOTE HYPERLINKS HAVE NO PERIOD).

Froese R, Pauly D, editors. FishBase. [World Wide Web electronic publication]. Penang (MA), Rome: FAO; 2017 [cited 2017 Oct 29]. Available from: <http://fisbase.org>
Stoddard, WO. Among the lakes. [eBook]. New York: C. Scribner's Sons; 1890 [cited 2017 Oct 29]. Available from:

<https://archive.org/stream/amonglakes00stod#page/n7/mode/2up>

Translation of a book

Lowe-McConnell RH. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Vazzoler AEAM, Agostinho AA, Cunningham PTM, tradutores. São Paulo: Edusp; 1999. (Coleção Base). Original title: Ecological studies in tropical fish communities.

Chapter in an edited book

Britto MR. Família Callichthyidae. In: Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS, editores. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional; 2007. p. 75-81. (Série Livros; 23).

Campos-da-Paz R, Albert JS. The gymnotiform “eels” of Tropical America: a history of classification and phylogeny of the South American electric knifefishes (Teleostei: Ostariophysi: Siluriphysi). In: Malabarba LR, Reis RE, Vari RP, Lucena ZMS, Lucena CAS, editors. Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Porto Alegre: Edipucrs; 1998. p.401-417. (NOTE ALL DIGITS ARE PROVIDE IN PAGE NUMBERS OF BOOK CHAPTERS).

Reis RE. Family Callichthyidae (Armored catfishes). In: Reis RE, Kullander SO, Ferraris CJ, Jr., organizers. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs; 2003. p.291-309.

Chapter in a book

Gerking SD. Feeding ecology of fish. London: Academic Press; 1994. Chapter 3, Feeding variability; p.41-53.

Standard journal article – one author

Winemiller KO. Spatial and temporal variation in tropical fish trophic networks. Ecol Monogr.1990; 60(3):331-67. (NOTE YOU MUST PRESENT ONLY TWO DIGITS FOR LAST PAGES IF THE PREVIOUS DIGITS COINCIDE WITH THE PREVIOUS DIGITS OF THE FIRST PAGE).

Standard journal article – two authors

Abudayah WH, Mathis A. Predator recognition learning in rainbow darters *Etheostoma caeruleum*: specific learning and neophobia. J Fish Biol. 2016; 89(3):1612-23.
Winemiller KO, Jepsen DB. Effects of seasonality and fish movement on tropical river food webs. J Fish Biol. 1998; 53(Suppl.A):267-96.

Standard journal article – three to six authors

Morris MR, Batra P, Ryan MJ. Male-male competition and access to females in the swordtail *Xiphophorus nigrensis*. Copeia. 1992; (4):980-86.

Vari RP, Ferraris CJ, Jr., De Pinna MCC. The Neotropical whale catfishes (Siluriformes: Cetopsidae: Cetopsinae), a revisionary study. *Neotrop Ichthyol.* 2005; 3(2):127-238.

Journal article – more than six authors

Xavier JHA, Cordeiro CAMM, Tenório GD, Diniz AF, Paulo Júnior EPN, Rosa RS, Rosa IL. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE Brazil: abundance, composition and microhabitat availability along the mangrove-reef gradient. *Neotrop Ichthyol.* 2012; 10(1):109-22.

OR

Xavier JHA, Cordeiro CAMM, Tenório GD, Diniz AF, Paulo Júnior EPN, Rosa RS et al. Fish assemblage of the Mamanguape Environmental Protection Area, NE Brazil: abundance, composition and microhabitat availability along the mangrove-reef gradient. *Neotrop Ichthyol.* 2012; 10(1):109-22.

Journal article – in press

Melo MRS, Buckup PA, Oyakawa OT. A new species of *Characidium* Reinhardt, 1867 (Characiformes: Crenuchidae) endemic to the Atlantic Forest in Paraná State, southern Brazil. *Neotrop Ichthyol.* Forthcoming 2016.

Pessanha ALM, Araújo FG. Spatial and size feeding niche partitioning of the rhomboid mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) in a tropical Brazilian Bay. *Mar Biol Res* [serial on the Internet]. 2012; 8(3):273-83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2011.615326>

Electronic journal article – without DOI number

Koike Y, Koya Y. Viable periods of fertilizability of eggs and sperm of Japanese medaka, *Oryzias latipes*. *Japan. J. Ichthyol* [serial on the Internet]. 2014; 61(1):9-14. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jji/61/1/61_9/_pdf

Journal article from a full text database

Fletcher D, Wagstaff CRD. Organizational psychology in elite sport: its emergence, applications and future. *Psychol Sport Exerc* [serial on the Internet]. 2009; 10(4):427-34. Available from: <http://www.sciencedirect.com/>

Image or map on a webpage

IBGE. Maringá-PR [Image on the internet]. 2010 [cited 2016 Sep 12]; Available from: ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/cens_o_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/pr/maringa_v2.pdf

R Development Core Team. R: a language and environment for statistical computing [Computer software manual - Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2014. Available from: [https://www.r-project.org/StatSoft, Inc. STATISTICA \[Data Analysis Software System\], version 10. Available from: www.statsoft.com](https://www.r-project.org/StatSoft, Inc. STATISTICA [Data Analysis Software System], version 10. Available from: www.statsoft.com)