

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 01/08/2027.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – UNESP – BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA)
NÍVEL: DOUTORADO

ALINI BELOTO PARRA

AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE RESPOSTAS ECOLÓGICAS DA
ICTIOFAUNA AO REPRESAMENTO DE RIOS

BOTUCATU

2025

ALINI BELOTO PARRA

AVALIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE RESPOSTAS ECOLÓGICAS DA
ICTIOFAUNA AO REPRESAMENTO DE RIOS

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da
Universidade Estadual Paulista – UNESP,
Câmpus de Botucatu, SP, como parte dos
requisitos para obtenção do Título de Doutora
em Ciências Biológicas (Zoologia).

Prof. Dr. IGOR PAIVA RAMOS

Orientador

Prof^a Dr^a ROSICLEIRE VERISSIMO
SILVEIRA

Coorientadora

BOTUCATU

2025

P259a Parra, Alini Beloto
Avaliação espacial e temporal de respostas ecológicas da ictiofauna
ao represamento de rios / Alini Beloto Parra. -- Botucatu, 2025

118 p. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos
Coorientador: Rosicleire Veríssimo Silveira

1. Usina Hidrelétrica de Batalha. 2. Complexo
Hidrelétrico Anta/Simplício. 3. Invasão biológica. 4.
Diversidade funcional e taxonômica. I. Título

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ALINI BELOTO PARRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 01 dias do mês de agosto do ano de 2025, às 8h, no(a) Sala de videoconferência 01 – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de ALINI BELOTO PARRA, intitulada **Avaliação espacial e temporal de respostas ecológicas da ictiofauna ao represamento de rios**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. IGOR PAIVA RAMOS (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Biologia e Zootecnia / UNESPCâmpus de Ilha Solteira, Prof. Dr. ÉDER ANDRÉ GUBIANI (Participação Virtual) do(a) CECE - Centro de Engenharias e Ciências Exatas / Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Campus Toledo, Profa. Dra. ELAINE ANTONIASSI LUIZ KASHIWAQUI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Profa. Dra. LILIAN CASATTI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciências Biológicas / UNESP/Câmpus de São José do Rio Preto, Pesquisadora Pós-doutoranda ANIELLY GALEGO DE OLIVEIRA (Participação Virtual) do(a) Conservação de Recursos Naturais / Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

DEDICO

À minha irmã, Elis Beloto Parra Ferré, que sempre me ouviu e me auxiliou de todas as formas possíveis.

À minha mãe, Marli Fátima Beloto Parra, que sempre fez tudo possível para que eu chegasse até aqui, me dando oportunidades que ela nunca pode ter.

Aos meus avós e padrinhos, Izolina Facioni Belloto e Octávio Belloto, que sempre me forneceram toda proteção e cuidado.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Marli, minha irmã Elis, meu cunhado Victor e meus avós Izolina e Octávio, por serem minha base e meu porto seguro, por me apoiarem e celebrarem todas as conquistas comigo, por estarem sempre presentes e entenderem minha ausência.

Às minhas sobrinhas Catarina e Olívia, por colorirem minha vida e por me ensinarem o que é amor incondicional.

À Karen, minha melhor amiga, por me acolher nos momentos difíceis, por sempre acreditar em mim e por ser tão presente, mesmo à distância.

À Bianca por toda amizade e parceria desde 2013, por ter sido uma ótima companheira de quarto e por ser uma parte muito importante da minha vida até hoje.

Ao Paulo por me proporcionar momentos tão bons, por ser um amigo tão carinhoso e atencioso e por cuidar de mim diariamente, mesmo a distância.

Ao Yan, meu amigo de mais longa data, que infelizmente deixou de estar entre nós durante esse período, obrigada por ter persistido e mantido nossa amizade por tantos anos, por ter sido meu ponto de paz em todas as visitas e por ter feito tanto por mim.

À Thayna por ser a minha parceira nos melhores momentos em Ilha Solteira.

Às minhas queridas Isabella, Sabrina, Lívia, Eduarda e Letícia, por compartilharem a vida comigo, por trazerem confiança, paz, companheirismo e harmonia na minha rotina, por me fornecerem os melhores meses e anos dentro da República X.X., por me apoiarem e me fazerem sentir tão especial.

À todos meus outros amigos que não foram citados anteriormente, cada um de vocês teve grande importância para que eu chegasse até aqui.

Ao Prof. Dr. David Hoeinghaus e à Prof^a Dr^a Ana Paula Ferrari-Hoeinghaus, por me receberem em sua casa, serem sempre atenciosos e terem me dado um grande suporte para que eu pudesse me estabelecer em Denton.

Ao Prof. Dr. David Hoeinghaus, pela supervisão e pelos ensinamentos durante meu período de estágio e pesquisa na University of North Texas.

Ao Hugo e ao João Henrique, por toda ajuda, palpites e conselhos para o desenvolvimento desse trabalho e pela parceria desde meu Mestrado.

Ao Aymar, pela parceria nos congressos, e, principalmente, por sempre me ajudar com dúvidas sobre as análises estatísticas.

À Bruna por todo suporte e ajuda tanto comigo quanto com os outros alunos do Pirá.

À Lidiane, por sempre ajudar com as dúvidas na rotina do laboratório, por nos guiar tão bem e por ser tão atenciosa comigo.

À todos os integrantes do Pirá (Laboratório de Ecologia de Peixes), por fazerem da minha rotina de trabalho algo tão leve e agradável, pela parceria, pela ajuda, pelo compartilhamento de experiências e conhecimento.

Ao meu orientador, Igor Paiva Ramos, por insistir e confiar em mim, por toda paciência ao longo de tantos anos, por sempre estar disposto a nos ajudar e sempre inspirar o melhor em nós.

À Eletrobras, em especial ao Felipe e ao Cláudio, pela parceria e disponibilização dos dados para a realização dessa pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), por toda a minha formação desde a graduação e por me abrir portas que eu nunca pensei que fossem possíveis de abrir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processos nº 2021/07551-9 e nº 2023/11145-1.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Este trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

A construção de barragens e formação de reservatórios para produção de energia hidrelétrica é uma das atividades com maior potencial para causar influências sobre a ictiofauna. Como influências ambientais de represamentos é possível citar modificações taxonômicas e funcionais da assembleia de peixes, além da facilitação de estabelecimento de espécies não-nativas. Além disso, as influências desses empreendimentos podem variar de acordo com o tipo de operação hidráulica do reservatório e potência instalada, sendo importante entender como a ictiofauna se comporta em diferentes tipos de sistemas hidrelétricos. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a influência de dois sistemas hidrelétricos distintos – a Usina Hidrelétrica de Batalha e Complexo Hidrelétrico Anta/Simplicio – sobre a diversidade taxonômica e funcional da ictiofauna, além de avaliar como as populações de espécies não-nativas se comportaram após a construção desses empreendimentos. Alterações taxonômicas e funcionais foram registradas para a assembleia de peixes de ambos os reservatórios. Em Batalha, alterações funcionais ocorreram principalmente a jusante, ao passo que em Anta/Simplicio a região mais funcionalmente afetada foi a montante. Taxonomicamente, a região a montante de Batalha foi a mais negativamente afetada, enquanto todas as regiões de Anta/Simplicio, foram negativamente afetadas, incluindo o trecho de vazão reduzida. O registro de espécies não-nativas no período pós-enchimento ocorreu em ambos os empreendimentos, com *Cichla kelberi* sendo beneficiada no período pós em Batalha, enquanto, ao menos seis espécies foram beneficiadas após a construção do complexo de Anta/Simplicio. Assim, ressaltamos aqui alterações tanto taxonômicas, estruturais e funcionais sobre a ictiofauna de dois sistemas hidrelétricos distintos, além do benefício de espécies não-nativas causado pelas alterações decorrentes da formação dos reservatórios. Ressaltamos a importância de avaliar diferentes empreendimentos hidrelétricos para subsidiar o manejo e a gestão futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Usina Hidrelétrica de Batalha; Complexo Hidrelétrico Anta/Simplicio; Invasão biológica; diversidade funcional e taxonômica.

ABSTRACT

The construction of dams and the formation of reservoirs for hydroelectric energy production is one of the activities with the greatest potential to influence ichthyofauna. Among the environmental impacts of impoundment, it is possible to cite taxonomic and functional modifications in fish assemblages, as well as the facilitation of the establishment of non-native species. Furthermore, the impacts of these projects can vary depending on the type of hydraulic operation of the reservoir and the installed capacity, making it important to understand how ichthyofauna behaves in different types of hydroelectric systems. This study aimed to evaluate the influence of two distinct hydroelectric systems – the Batalha Hydroelectric Power Plant and the Anta/Simplicio Hydroelectric Complex – on the taxonomic and functional diversity of ichthyofauna, in addition to assessing how non-native species populations behaved after the construction of these projects. Taxonomic and functional changes were recorded in the fish assemblages of both reservoirs. In Batalha, functional changes occurred primarily downstream, whereas in Anta/Simplicio, the most functionally affected region was upstream. Taxonomically, the upstream region of Batalha was the most negatively impacted, while all regions of Anta/Simplicio were negatively affected, including the reduced flow section. The occurrence of non-native species in the post-impoundment period was recorded in both reservoirs, with *Cichla kelberi* benefiting in the post-impoundment period at Batalha, while at least six species were favored following the construction of the Anta/Simplicio complex. Thus, we highlight taxonomic, structural, and functional alterations in the ichthyofauna of two distinct hydroelectric systems, as well as the advantage gained by non-native species because of environmental changes associated with reservoir formation. These findings emphasize the importance of assessing different hydroelectric projects to inform future management and conservation strategies.

KEYWORDS: Batalha Hydroelectric Power Plant; Anta/Simplicio Hydroelectric Complex; Biological invasion; Functional and taxonomic diversity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1. Áreas de estudo e amostragem.....	14
2.1.1. UHE Batalha.....	14
2.1.2. Complexo Hidrelétrico Anta/Simplício.....	15
2.2. Organização da base de dados	17
2.3. Análise dos dados	19
2.3.1. Hipótese 1	19
2.3.2. Hipótese 2.....	21
2.3.3. Hipótese 3.....	23
3. RESULTADOS	24
3.1. UHE Batalha	24
3.1.1. Análises taxonômicas	24
3.1.2. Análises funcionais.....	32
3.1.3. Atributos populacionais de espécies não nativas.....	38
3.2. Complexo Hidrelétrico Anta/Simplício	41
3.2.1. Análises taxonômicas	41
3.2.2. Análises funcionais.....	51
3.2.3. Atributos populacionais de espécies não nativas.....	58
4. DISCUSSÃO	70
4.1. UHE Batalha	70
4.2. Complexo Hidrelétrico Anta/Simplício	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
7. ANEXOS	95

1. INTRODUÇÃO

Rios são reconhecidos como um dos sistemas mais ameaçados e vulneráveis do mundo (DUDGEON et al., 2006; VAN REES et al., 2020; TEDESCO et al., 2017; LIAO et al., 2022), sendo de grande importância a compreensão da organização da biota aquática, em especial a ictiofauna (TERRA; HUGHES; ARAÚJO, 2016). Os ecossistemas de água doce abrigam alguns dos mais altos níveis de diversidade de peixes na Terra (TEDESCO et al., 2017; LIAO et al., 2022), e apenas a ictiofauna dulcícola brasileira compreende cerca de 4.967 espécies (CASSEMIRO et al., 2023), sendo a riqueza estimada consideravelmente maior, uma vez que novas espécies são constantemente descritas (ICMBIO, 2018).

Dentre as atividades antrópicas com potencial ameaça à ictiofauna destacam-se os represamentos (AGOSTINHO et al., 2016; DA SILVA; PELICICE; RODRIGUES, 2020; COUTO et al., 2023). Esses empreendimentos apresentam considerável crescimento numérico em bacias e rios com potencial hidrelétrico da América do Sul (WINEMILLER et al., 2016; FRANCO et al., 2022; TWARDK et al., 2022), afetando as assembleias de peixes (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; PELICICE et al., 2018; MATTOS et al., 2021).

Como influências ambientais de represamentos podemos citar alterações hidrológicas e hidrodinâmicas, atenuação dos pulsos de inundações sazonais, retenção de sedimentos e nutrientes e obstrução de rotas migratórias (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; ARANTES et al., 2019; MAKRAKIS et al., 2019; MATTOS et al., 2021). A transformação do ambiente lótico em lêntico ou semi-lêntico pode modificar filtros ambientais que estão diretamente relacionados com a regulação das estruturas das assembleias de peixes locais, que são vinculadas às condições hidrológicas, geomorfológicas e limnológicas (POFF et al., 1997; AGOSTINHO et al., 2016; PERÔNICO et al., 2020). Tais impactos têm como consequências a redução do acesso de peixes migratórios aos habitats de várzea durante o período reprodutivo, extinções de espécies da fauna e flora local e homogeneização das comunidades por meio da diminuição da complexidade estrutural e funcional dos ecossistemas aquáticos (AGOSTINHO; GOMES; PELICICE, 2007; WINEMILLER et al., 2016; PERÔNICO et al., 2020).

Adicionalmente, a formação de reservatórios pode favorecer o estabelecimento e aumento de populações de espécies de peixes não-nativas (PELICICE et al., 2018; PELICICE; AGOSTINHO, 2009; FRANCO et al., 2022), uma das maiores ameaças à diversidade biológica (VITULE et al., 2017). Espécies não-nativas são espécies que vivem fora de suas faixas de distribuição naturais (VITULE et al., 2019), sua introdução pode causar tanto danos taxonômicos quanto funcionais, acarretando a perda de serviços ecossistêmicos, e consequentemente, em prejuízos ecológicos e econômicos (LOCKWOOD; HOOPES; MARCHETTI, 2007; VITULE et al., 2017; ORLANDI-NETO et al., 2024). Dessa forma, a dispersão dessas espécies possivelmente é reflexo da suscetibilidade à invasão de reservatórios, que tem contribuído para modificações nos padrões de distribuição de espécies nesses ambientes, causando homogeneização da composição de atributos da biota (JOHNSON; OLDEN; ZANDEN, 2008; BEZERRA et al., 2019) em todo o mundo (PELICICE et al., 2020; TOUSSAINT et al., 2016).

Ainda, empreendimentos hidrelétricos podem variar de acordo com o tipo de operação hidráulica do reservatório (de acumulação ou a fio d'água) e de acordo com a potência instalada (Usinas e Pequenas Centrais Hidrelétricas), sendo que há relatos na literatura de que todos esses tipos, independentemente do reservatório ou da potência instalada, podem causar impactos ambientais negativos sobre o ecossistema aquático (ex. MARQUES et al., 2018; FRÁGUAS; POMPEU, 2021; COUTO et al., 2023). Assim, as influências da construção de barragens para usinas hidrelétricas podem variar de acordo com as condições ambientais, características específicas da barragem, locais de habitat e alcance do rio (ARANTES et al., 2019; MATTOS et al., 2021). Dessa forma, é necessário considerar pesquisas em diferentes tipos de empreendimentos para adequar a gestão futura dos recursos hídricos (MATTOS et al., 2021), assim como para verificar quais impactos são comuns independentemente do sistema hidrelétrico a ser planejado.

Somado a isso, diferentes regiões de um rio barrado podem sofrer efeitos negativos de construção desses empreendimentos (ARANTES et al., 2019; FRÁGUAS; POMPEU, 2021). Por exemplo, na região do reservatório, o habitat se torna mais lântico, o que pode influenciar alterações na teia trófica, normalmente com peixes onívoros sendo beneficiados, e herbívoros e invertívoros sendo desfavorecidos (ARANTES et al., 2019), além do predomínio de algumas espécies (muitas vezes não-nativas) em função do declínio de outras espécies (normalmente nativas e grandes migradoras) (MATTOS et al., 2021). Enquanto isso, a jusante da barragem, há alteração do regime de fluxo, que também

passa por uma alteração na teia trófica, normalmente alterando a disponibilidade de recursos basais, como a quantidade e qualidade dos detritos (ARANTES et al., 2019; BAXTER, 1977; FRÁGUAS; POMPEU, 2021), também podendo desfavorecer espécies migradoras (ARANTES et al., 2019).

Essas alterações ambientais também podem ocorrer em sistemas que possuem o chamado “trecho de vazão reduzida” (TVR). Trechos de vazão reduzida são áreas onde há um fluxo de água reduzido devido ao desvio de parte do curso principal do rio para implantação de um projeto hidrelétrico (SOUZA-CRUZ-BUENAGA et al., 2019). Esse tipo de alteração pode levar a diminuição da conectividade hidrológica, consequente deterioração da paisagem, exposição do leito e ressecamento das correntes e pode levar a baixa oxigenação da água e isolamento de trechos, podendo causar mortalidade de peixes (SOUZA-CRUZ-BUENAGA et al., 2019). Esse tipo de área também pode ter como consequência populações de peixes com tamanho corporal e biomassa reduzidos (KUBEČKA; MATĚNA; HARTVICH, 1997).

Uma abordagem eficiente para se avaliar as influências ambientais da formação de reservatórios, assim como seus reflexos sobre a ictiofauna, é a diversidade funcional (OLIVEIRA et al., 2018). Diversidade funcional pode ser definida como a diversidade de atributos funcionais presentes na comunidade, ponderada ou não pela abundância das espécies (PETCHEY; GASTON, 2006; SCHLEUTER et al., 2010; VILLÉGER et al., 2010; RIERA et al., 2017). Assim, avaliar a diversidade funcional requer mensurar a diversidade de atributos funcionais, os quais influenciam os processos ecossistêmicos (DIAZ; CABIDO, 2001; LEGRAS; LOISEAU; GAERTNER, 2018; MATOS et al., 2019). Esse tipo de avaliação vem se destacando por suas vantagens em explicar, de forma mais completa, problemas relacionados ao funcionamento das comunidades, como por exemplo a avaliação de impactos causados por ações antrópicas (ERNST; LINSÉNMAIR; RÖDEL, 2006; CIANCIARUSO; SILVA; BATALHA, 2009; YOFUKUJI et al., 2023). Portanto, a diversidade funcional é uma opção interessante para compreensão dos processos ecossistêmicos (ACKERLY; CORNWELL, 2007; LOMBARTE et al., 2012; MOUILLOT et al., 2005; RIERA et al., 2017), pois também está relacionada com os processos de resistência e resiliência das comunidades (VILLÉGER et al., 2010), além de nos possibilitar a elaboração de modelos ecológicos com maior poder de generalização e previsibilidade (MCGILL et al., 2006; TERESA; RODRIGUES-FILHO; LEITÃO, 2021).

Adicionalmente, a diversidade β é uma análise essencial para avaliar modificações temporais (MAGURRAN, 2004). A diversidade β taxonômica é uma importante ferramenta para avaliações das diferenças na composição de espécies (MAGURRAN, 2004), enquanto a diversidade β funcional pode nos trazer informações mais detalhadas de modificação de atributos funcionais nas comunidades (ROA-FUENTES et al., 2019). Assim, tais análises se tornam essenciais frente a modificações ambientais que podem ser causadas por represamentos (MARQUES et al., 2018; LIAO et al., 2022).

Ainda, é recomendado o uso de diferentes métricas em estudos para avaliação de influências ambientais (GREEN; CHAPMAN, 2011; ROA-FUENTES et al., 2019; LIAO et al., 2022; YOFUKUJI et al., 2023), possibilitando demonstrar diferentes aspectos do mesmo fenômeno analisado pelo uso de métricas diferentes (PARRA et al., 2023). Da mesma forma, caracterizar a estrutura das assembleias de peixes em diferentes escalas pode aumentar a capacidade de compreensão da organização da ictiofauna (TERRA; HUGHES; ARAÚJO, 2016; PARRA et al., 2023), sendo um importante meio para realização de avaliações após perturbações ambientais (VILLÉGER et al., 2010). Isso pode contribuir para fomentar ações de conservação e restauração mais eficazes (ROA-FUENTES et al., 2019).

Sobre os recursos hídricos do Brasil, a bacia do alto Paraná, é uma das maiores do país (DAGOSTA et al., 2024), fazendo parte de uma área extremamente antropizada (IBGE, 2023), e sob influência de atividades antrópicas como agricultura e pecuária (AGOSTINHO et al., 2007) e represamentos para produção de energia hidrelétrica (MAKRAKIS et al., 2019; DAGOSTA et al., 2024). O alto Paraná é uma bacia severamente regulada por barragens hidrelétricas, sendo 65 apenas de UHE's (ANA, 2023; DAGOSTA et al., 2024). Apesar disso, essa bacia é muito rica em número de espécies de peixes nativos (341 espécies), e possui alta taxa de endemismo (DAGOSTA et al., 2024). No entanto, é a bacia hidrográfica da região Neotropical com a maior riqueza de espécies não-nativas (128 espécies, segundo DAGOSTA et al., 2024), o que aumenta a importância dos estudos nessa temática.

Outra grande bacia hidrográfica brasileira é a bacia do Paraíba do Sul, com uma área de drenagem de 62.074 km², ocupando parte dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (BERRIEL; CARAMASCHI; POLAZ, 2018). A ictiofauna dessa bacia é muito diversa, possuindo em torno de 167 espécies de peixes de acordo com Bizerril (1999). Esse número provavelmente é maior, já que recentemente Sarmiento-Soares,

Vieira-Guimarães e Martins-Pinheiro (2024), relataram 120 espécies apenas para a biorregião do baixo rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro. Esta bacia sofre historicamente com atividade agropecuária intensa, como a produção de café, cana-de-açúcar e gado, além de atividades industriais, como as usinas hidrelétricas, desde o início do século XX, encontrando-se, hoje, severamente degradada (BERRIEL, CARAMASCHI; POLAZ, 2018). Ainda, a bacia possui 62 espécies de peixes não-nativos (MORAES et al., 2016), e, apesar da alta diversidade e degradação, essa bacia influenciada pelo ambiente marinho (BERRIEL, CARAMASCHI; POLAZ, 2018; FROTA et al., 2023), carece de mais estudos.

Dessa forma, o presente trabalho realizou análises da ictiofauna, ao longo de dez anos amostrais e em períodos pré e pós represamento, em dois tipos de empreendimento distintos: a Usina Hidrelétrica de acumulação de Batalha (UHE Batalha, alto Paraná) e o Complexo Hidrelétrico composto pela Pequena Central Hidrelétrica a fio d'água de Anta e o Aproveitamento Hidrelétrico de Simplício (Complexo Hidrelétrico Anta/Simplício, Paraíba do Sul). Especificamente, testamos se a formação de ambos os empreendimentos alterou, ao longo do tempo, (1) a composição e riqueza taxonômica de suas ictiofaunas, (2) a composição e riqueza funcional de suas ictiofaunas e (3) os atributos populacionais de espécies não-nativas da ictiofauna. Considerando as tendências já relatadas, temos como predições que, após a construção dos empreendimentos hidrelétricos, ocorreu a montante uma homogeneização da ictiofauna com uma diminuição da diversidade taxonômica e uma simplificação funcional devido a diminuição de herbívoros, invertívoros e migradores, além do benefício de espécies não-nativas, sedentárias, onívoras e com cuidado parental. A jusante, esperamos que a homogeneização também ocorra pela diminuição da diversidade taxonômica, além da simplificação funcional devido ao prejuízo de espécies detritívoras e migradoras e o benefício de espécies onívoras e generalistas. Ainda, para o trecho de vazão reduzida, esperamos o predomínio de peixes menores além de espécies onívoras e generalistas após o represamento. Apesar de serem empreendimentos distintos, esperamos que esses padrões ocorram em ambos os reservatórios avaliados, independentemente da estrutura e composição de espécies de cada um.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERLY, D. D.; CORNWELL, W. K. A trait-based approach to community assembly: partitioning of species trait values into within- and among-community components. *Ecology Letters*, v. 10, p. 135–145, fev. 2007.

ALBIERI, R.J. Influência de três tipos de barragens sobre atributos ecológicos da ictiofauna no rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. Dissertation—Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ago. 2012.

AGOSTINHO, A. A. et al. Estrutura trófica. Em: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A.; HAHN, N. S. (Eds.). *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. Maringá: EDUEM, 1997. p. 229–248.

AGOSTINHO, A. A. et al. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, v. 10, n. 2, p. 174–186, 8 jun. 2007.

AGOSTINHO, A. A. et al. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil. Em: CAROLSFELD, J. et al. (Eds.). *Migratory Fishes of South America*. Victoria: World Fisheries Trust, 2003. p. 383.

AGOSTINHO, A. A. et al. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, v. 173, p. 26–36, 2016.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2007.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; GOMES, L. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Braz. J. Biol.*, v. 68, n. 4, p. 1119–1132, 2008.

ANA - Agência Nacional de Águas. Acesse as informações das bacias hidrográficas brasileiras. 2023. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/sar/sin> >. Acesso em: 01/06/2023.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, v. 26, p. 32–46, 2001.

ANDERSON, M. J. PERMDISP: a FORTRAN Computer Program for Permutational Analysis of Multivariate Dispersions (for Any Two-factor ANOVA Design) Using Permutation Tests. Department of Statistics, University of Auckland, 2004.

ANDERSON, M. J. Distance-Based Tests for Homogeneity of Multivariate Dispersions. *Biometrics*, v. 62, p. 245–253, mar. 2006.

ARANTES, C. C. et al. Impacts of hydroelectric dams on fishes and fisheries in tropical rivers through the lens of functional traits. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 37, p. 28–40, abr. 2019.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, v. 19, n. 1, p. 134–143, jan. 2010.

BASELGA, A. et al. Package betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components, 2014.

BAPTISTE, A. et al. Package gridExtra: Miscellaneous Functions for "Grid" Graphics, 2017.

BAXTER, R. M. Environmental effects of dams and impoundments. *Annu Rev Ecol Syst*, v. 8, p. 255–283, 1977.

BERRIEL, T. C. DA S.; CARAMASCHI, É. P.; POLAZ, C. N. M. Monitoramento da fauna aquática: funções ecossistêmicas do domínio das Ilhas Fluviais do rio Paraíba do Sul. [s.l: s.n.], 2018.

BEZERRA, L. A. V. et al. Benthification, biotic homogenization behind the trophic downgrading in altered ecosystems. *Ecosphere*, v. 10, n. 6, 7 jun. 2019.

BIZERRIL, C. R. S. F. A Ictiofauna da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Biodiversidade e Padrões Biogeográficos, 1999.

BORBA, C. S. et al. Short-term effects in a reduced flow stretch: The case of the Antas River in South Brazil. *River Research and Applications*, v. 35, p. 386–395, 2019.

BRANDÃO, H. et al. Influence of cage farming on feeding and reproductive aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) in the Chavantes reservoir, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 36, n. 1, p. 41–50, 13 fev. 2014.

- CASSEMIRO, F. A. S. et al. Landscape dynamics and diversification of the megadiverse South American freshwater fish fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 120, n. 2, 10 jan. 2023.
- CHAO, A. et al. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological monographs*, v. 84, p. 45-67, 2014.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, v. 9, n. 3, p. 93–103, 2009.
- CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Austral Ecology*, v. 18, p. 117–143, 1993.
- COUTO, T. B. A. et al. Effects of small hydropower dams on macroinvertebrate and fish assemblages in southern Brazil. *Freshwater Biology*, v. 68, n. 6, p. 956–971, 7 jun. 2023.
- DAGOSTA, F. C. P. et al. Fishes of the upper rio Paraná basin: diversity, biogeography and conservation. *Neotropical Ichthyology*, v. 22, n. 1, 2024.
- DA SILVA, I. G.; PELICICE, F. M.; RODRIGUES, L. C. Loss of phytoplankton functional and taxonomic diversity induced by river regulation in a large tropical river. *Hydrobiologia*, v. 847, n. 16, p. 3471–3485, 21 set. 2020.
- DIAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *TRENDS in Ecology & Evolution*, v. 16, n. 11, p. 646–655, 2001.
- DUDGEON, D. et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, v. 81, p. 163–182, 2006.
- DIAS, R. M. et al. Importance of protection strategies in the conservation of the flagship species “dourado” *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae). *Neotropical Ichthyology*, v. 20, n. 4, 2022.
- ELETROBRAS-FURNAS; EKOS Planejamento Ambiental. Monitoramento da ictiofauna na área de influência da UHE Batalha, nos municípios de Paracatu-MG e Cristalina - GO. 8º relatório de campanha, 172p., 2020.
- ELETROBRAS-FURNAS; VP Eco. Programa de monitoramento da ictiofauna da UHE Batalha. Relatório 5, 423p., 2016.
- ERNST, R.; LINSSENMAIR, K. E.; RÖDEL, M.-O. Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. *Biological Conservation*, v. 133, p. 143–155, nov. 2006.
- ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA AHE Paulistas. Rio São Marcos (GO/MG). Furnas, 2005.
- FAGUNDES, D. C. et al. The stream fish fauna from three regions of the Upper Paraná River basin. *Biota Neotropica*, v. 15, n. 2, jun. 2015.
- FARRÉ, M. et al. Geometric morphology as an alternative for measuring the diversity of fish assemblages. *Ecological Indicators*, v. 29, p. 159–166, 2013.

FRÁGUAS, P. S.; POMPEU, P. S. Hydropower affects fish trophic structure both downstream of the dam and upstream of the reservoir. *Neotropical Ichthyology*, v. 19, n. 1, 2021.

FRANCO, A. C. S. et al. Invasive peacock basses (*Cichla* spp.) and decreased abundance of small native fish in Brazilian reservoirs. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 32, n. 11, p. 1852–1866, 18 nov. 2022.

FREITAS, T. M. DA S.; SALVADOR, G. N. Biological aspects of *Hypostomus affinis* (Siluriformes: Loricariidae) in Brazilian coastal rivers. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 34, 2022.

FROESE, R.; PAULY, D. Fish Base. 2024. Disponível em:
<<https://www.fishbase.se/search.php>>

FROTA, M. et al. O ciclo das águas da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul: Uma ferramenta estratégica de gestão integrada do sistema hidrelétrico. Rio de Janeiro, RJ: PUC-Rio, 340 p., 2023.

GREEN, R.; CHAPMAN, P. M. The problem with indices. *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 7, p. 1377–1380, jul. 2011.

HONÓRIO, J. R.; MARTINS, I. A. Ichthyofauna of the Una river in the Paraíba do Sul Paulista River Valley, Southeastern of Brazil. *Biota Neotropica*, v. 18, n. 4, 30 ago. 2018.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n. 12, p. 1451–1456, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022: População e domicílios. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE - ICMBio. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018.

JOHNSON, P. T. J.; OLDEN, J. D.; ZANDEN, M. J. VANDER. Dam invaders: impoundments into facilitate biological invasions freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 6, n. 7, p. 357–363, 2008.

KING, M. Fisheries biology, assessment and management. Oxford: Fishing News Books, 1995.

KREBS, C. J. Ecological methodology. New York: Collins, 1989.

KRUSKAL, J. B. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika*, v. 29, p. 115–129, 1 jun. 1964.

KUBEČKA, J.; MATĚNA, J.; HARTVICH, P. Adverse ecological effects of small hydropower stations in the Czech Republic: 1. Bypass plants. *Regulated Rivers: Research & Management*, v. 13, n. 2, p. 101–113, mar. 1997.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, v. 91, n. 1, p. 299–305, jan. 2010.

LANGGANI, F. et al. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica*, v. 7, n. 3, p. 181–197, 2007.

LAVOREL, S. et al. Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology*, v. 22, p. 134–147, 22 nov. 2008.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. *Numerical ecology*. 2. ed. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 1998.

LEGRAS, G.; LOISEAU, N.; GAERTNER, J.-C. Functional richness: Overview of indices and underlying concepts. *Acta Oecologica*, v. 87, p. 34–44, fev. 2018.

LIAO, C. et al. Multifaceted fish diversities respond differently to impounding age and longitudinal location along a reservoir cascade. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 10, 28 jul. 2022.

LOCKWOOD, L.; HOOPES, M. F.; MARCHETTI, M. P. *Invasion ecology*. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.

LOMBARTE, A. et al. Ecomorphological analysis as a complementary tool to detect changes in fish communities following major perturbations in two South African estuarine systems. *Environmental Biology of Fishes*, v. 94, p. 601–614, 7 ago. 2012.

LOWE-MCCONNELL, R. H. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge: Cambridge University Press., 1987.

MAGURRAN, A. E. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2004.

MAGURRAN, A. E. et al. Rapid biotic homogenization of marine fish assemblages. *Nature Communications*, v. 6, 24 dez. 2015.

MAKRAKIS, S. et al. Hydropower Development and Fishways: A Need for Connectivity in Rivers of the Upper Paraná Basin. *Sustainability*, v. 11, p. 1–24, 9 jul. 2019.

MARQUES, H. et al. Importance of dam-free tributaries for conserving fish biodiversity in Neotropical reservoirs. *Biological Conservation*, v. 224, p. 347–354, ago. 2018.

MATOS, P. et al. Modeling the provision of air-quality regulation ecosystem service provided by urban green spaces using lichens as ecological indicators. *Science of The Total Environment*, v. 665, p. 521–530, maio 2019.

MATTOS, T. M. et al. Taxonomic and functional distinctness of the fish assemblages differing among different types of reservoirs in south-eastern Brazil. *River Research and Applications*, v. 39, n. 2, p. 151–162, 18 fev. 2021.

MCGILL, B. et al. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 21, n. 4, p. 178–185, abr. 2006.

MORAES, M. B. et al. Espécies Exóticas e Alóctones da Bacia do Rio Paraíba do Sul: Implicações para a Conservação. *Número misto: Conservação de Peixes Continentais e Manejo de Unidades de Conservação*, p. 34–54, 2016.

MOUILLOT, D. et al. Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal lagoon environments based on macrophyte communities. *Ecological Indicators*, v. 5, n. 1, p. 1–17, jan. 2005.

OKSANEN, J. et al. Vegan: Community Ecology Package. 2013. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>>.

OLIVEIRA, A. G. et al. Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity. *Freshwater Biology*, v. 63, n. 3, p. 293–305, mar. 2018.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. Dados hidrológicos. 2023. Disponível em: <<https://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/dados-gerais>>. Acesso em: 01/06/2023.

ORLANDI NETO, A. et al. Long-term impact of an invasive predator on the diversity of fish assemblages in a neotropical reservoir. *Biological Invasions*, v. 26, n. 4, p. 1255–1267, 14 abr. 2024.

PARRA, A. B. et al. Cage fish farming as a driver of changes in the functional diversity and structure of ichthyofauna in a Neotropical reservoir. *Aquaculture International*, v. 31, n. 5, p. 2495–2511, 30 out. 2023.

PEDERSEN, T.L. et al. ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics, 2024.

PELICICE, F. M.; AGOSTINHO, A. A. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. *Biological Invasions*, v. 11, n. 8, p. 1789–1801, 14 out. 2009.

PELICICE, F. M. et al. Contrasting continental patterns and drivers of taxonomic and functional turnover among fish assemblages across Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, 27 ago. 2020.

PELICICE, F. M. et al. Fish diversity in the cascade of reservoirs along the Paranapanema River, southeast Brazil. *Neotropical Ichthyology*, v. 16, n. 2, 16 jul. 2018.

PEREIRA, F. W.; VITULE, J. R. S. The largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802): impacts of a powerful freshwater fish predator outside of its native range. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, v. 29, n. 3, p. 639–652, 6 set. 2019.

PERÔNICO, P. B. et al. Community reassembly after river regulation: rapid loss of fish diversity and the emergence of a new state. *Hydrobiologia*, v. 847, n. 2, p. 519–533, 11 jan. 2020.

PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecology Letters*, v. 9, n. 6, p. 741–758, jun. 2006.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, v. 13, p. 131–144, dez. 1966.

POFF, N. L. et al. The Natural Flow Regime. *BioScience*, v. 47, n. 11, p. 769–784, dez. 1997.

RAMOS, I. P. et al. Feeding, reproduction and population structure of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae) from Paraná

basin: a review. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, v. 39, n. 2, p. 1–15, 2011.

RAMOS, I. P. et al. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture*, v. 414–415, p. 56–62, 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R, a Language and Environment for Statistical Computing. Version 4.4.1. R Foundation for Statistical Computing, Austria, 2024.

REIS, R.; KULLANDER, S.; FERRARIS JR, C. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: Editora da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2003.

RESERVATÓRIOS DO SISTEMA FURNAS. Sistema Eletrobrás-Furnas: Reservatórios do Sistema Furnas, 2024. Disponível em:<<https://www.furnas.com.br/subsecao/233/reservatorios-do-sistema-furnas?culture=pt>>.

RICOTTA, C. et al. Measuring the functional redundancy of biological communities: a quantitative guide. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n. 11, p. 1386–1395, nov. 2016.

RIERA, R. et al. Analyzing functional diversity to determine the effects of fish cages in insular coastal wild fish assemblages. *Aquaculture*, v. 479, p. 384–395, out. 2017.

ROA-FUENTES, C. A. et al. Taxonomic, functional, and phylogenetic β -diversity patterns of stream fish assemblages in tropical agroecosystems. *Freshwater Biology*, v. 64, n. 3, p. 447–460, mar. 2019.

SANCHES, B. O. et al. Spatial variations in fish assemblage structure in a southeastern Brazilian reservoir. *Brazilian Journal of Biology*, v. 76, n. 1, p. 185–193, 22 jan. 2016.

SANTOS, J. A. et al. Assessing the short-term response of fish assemblages to damming of an Amazonian river. *Journal of Environmental Management*, v. 307, p. 114571, abr. 2022.

SANTOS, A. B. I.; TERRA, B. F.; ARAÚJO, F. G. Influence of the river flow on the structure of fish assemblage along the longitudinal gradient from river to reservoir. *Zoologia (Curitiba)*, v. 27, n. 5, p. 732–740, out. 2010.

SARMENTO-SOARES, L. M.; VIEIRA-GUIMARÃES, F.; MARTINS-PINHEIRO, R. F. Freshwater Fishes of the State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil: Biogeographic and Diversity Patterns in a Historically Well-Sampled Territory. *Ecologies*, v. 5, n. 4, p. 538–570, 12 out. 2024.

SCHLEUTER, D. et al. A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs*, v. 80, n. 3, p. 469–484, 2010.

SOR, R. et al. Fish biodiversity declines with dam development in the Lower Mekong Basin. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 8571, 26 maio 2023.

SOUZA-CRUZ-BUENAGA, F. et al. Environmental impacts of a reduced flow stretch on hydropower plants. *Brazilian Journal of Biology*, v. 79, n. 3, p. 470-487, 2019.

TEDESCO, P. A. et al. A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. *Scientific Data*, v. 4, n. 1, p. 170141, 3 out. 2017.

TEIXEIRA, T. P. et al. Diversidade das assembléias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. *Iheringia. Série Zoologia*, v. 95, n. 4, p. 347-357, dez. 2005.

TERRA, B. DE F.; HUGHES, R. M.; ARAÚJO, F. G. Fish assemblages in Atlantic Forest streams: the relative influence of local and catchment environments on taxonomic and functional species. *Ecology of Freshwater Fish*, v. 25, n. 4, p. 527-544, out. 2016.

TERESA, F. B.; RODRIGUES-FILHO, C. A. S.; LEITÃO, R. P. Diversidade funcional de comunidades de peixes de riacho. *Oecologia Australis*, v. 25, n. 02, p. 415-432, 16 jun. 2021.

TOUSSAINT, A. et al. Worldwide freshwater fish homogenization is driven by a few widespread non-native species. *Biological Invasions*, v. 18, n. 5, p. 1295-1304, 9 maio 2016.

TURGEON, K. et al. Do novel ecosystems follow predictable trajectories? Testing the trophic surge hypothesis in reservoirs using fish. *Ecosphere*, v. 7, n. 12, 21 dez. 2016.

TWARDEK, W. M. et al. Bright spots for inland fish and fisheries to guide future hydropower development. *Water Biology and Security*, v. 1, n. 1, p. 100009, fev. 2022.

URAMOTO, K.; WALDER, J. M. M.; ZUCCHI, R. A. Análise quantitativa e distribuição de populações de espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 1, p. 33-39, fev. 2005.

USINA DE BATALHA. Sistema Eletrobras-Furnas: Usina de Batalha - 333,7 MW. 2024. Disponível em: <<https://www.furnas.com.br/batalha/?culture=pt>>. Acesso em: 06/07/2024.

USINA DE SIMPLÍCIO/ANTA. Sistema furnas: Usina de Simplício/Anta - 52,5 MW. 2023. Disponível em: <<https://www.furnas.com.br/simplicioanta/?culture=pt>>. Acesso em: 01/06/2023.

USINAS HIDROELÉTRICAS. Usina Hidroelétrica de Simplício. Themag Engenharia, 2023. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb472/Aula_5/Themag_Usinas%20hidrel%E9tricas.pdf>. Acesso em: 01/06/2023.

VALENCIA-RODRÍGUEZ, Daniel et al. Fish community turnover in a dammed Andean River over time. *Neotropical Ichthyology*, v. 20, n. 1, 2022.

VAN REES, C. B. et al. Safeguarding freshwater life beyond 2020: Recommendations for the new global biodiversity framework from the European experience. *Conservation Letters*, p. 1-17, 12 out. 2020.

VILLÉGER, S. et al. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications*, v. 20, n. 6, p. 1512–1522, 2010.

VILLÉGER, S.; MASON, N. W. H.; MOUILLOT, D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, v. 89, n. 8, p. 2290–2301, ago. 2008.

VITULE, J. et al. We need better understanding about functional diversity and vulnerability of tropical freshwater fishes. *Biodivers Conserv*, v. 26, p. 757–762, 2017.

VITULE, J. R. S. et al. Intra-country introductions unraveling global hotspots of alien fish species. *Biodiversity and Conservation*, v. 28, n. 11, p. 3037–3043, 2 set. 2019.

WINEMILLER, K. O. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, v. 351, n. 6269, p. 128–129, 8 jan. 2016.

YOFUKUJI, K. Y. et al. Effects of the intensity of land-use changes on taxonomic and functional diversity of fish in a Neotropical floodplain. *Aquatic Sciences*, v. 85, n. 2, p. 48, 8 abr. 2023.

ZHANG, C. et al. Changes in taxonomic and functional diversity of fish communities after catastrophic habitat alteration caused by construction of Three Gorges Dam. *Ecology and Evolution*, v. 10, n. 12, p. 5829–5839, 28 jun. 2020.