

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação será disponibilizado
somente a partir de 30/07/23.

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

ALINI BELOTO PARRA

PISCICULTURA EM TANQUES-REDE COMO INFLUENCIADORA DE
MODIFICAÇÕES NA DIVERSIDADE FUNCIONAL DA ICTIOFAUNA EM
RESERVATÓRIO NEOTROPICAL

Botucatu

2021

ALINI BELOTO PARRA

PISCICULTURA EM TANQUES-REDE COMO INFLUENCIADORA DE
MODIFICAÇÕES NA DIVERSIDADE FUNCIONAL DA ICTIOFAUNA EM
RESERVATÓRIO NEOTROPICAL

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

Prof. Dr. IGOR PAIVA RAMOS

Orientador

Botucatu

2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Parra, Alini Beloto.

Piscicultura em tanques-rede como influenciadora de modificações na diversidade funcional da ictiofauna em reservatório neotropical / Alini Beloto Parra. - Botucatu, 2021

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Igor Paiva Ramos

Capes: 20406010

1. Aquicultura. 2. Meio ambiente. 3. Ictiofauna.
4. Ecologia dos reservatórios. 5. Zoologia.

Palavras-chave: Aquicultura; Impacto ambiental; Índices de diversidade.

DEDICO

À minha mãe Marli Fátima Beloto Parra, que sempre me apoiou de todas as formas, me dando oportunidades que ela mesma nunca pode ter.

À minha avó Ana Parra Crisóstomo, que infelizmente faleceu durante o desenvolvimento deste trabalho, e que me deu todo amor durante os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Marli e a minha irmã Elis, por todo o apoio e ajuda, por entenderem minhas mudanças de planos, sempre ajudando a torná-las possíveis e por estarem sempre presentes e entenderem minha ausência.

Aos meus avós Izolina, Octávio e Ana, por todo cuidado que sempre tiveram comigo.

Aos meus amigos Karen, Emanuele, Bianca e José Daniel, por todo apoio e conselhos.

Ao João Henrique, por toda ajuda durante a realização do trabalho.

Ao Hugo, pela paciência e ajuda com os *scripts* de diversidade funcional.

Ao Professor Juan, pela ajuda no desenvolvimento do projeto e dissertação.

À Lidiane, à Bruna e ao Aymar, por sempre estarem dispostos a me ajudar com minhas dúvidas.

Ao grupo do Laboratório PIRÁ, por toda convivência e amizade.

Ao meu orientador, Igor Paiva Ramos, por acreditar na minha capacidade, por todos conselhos, por sempre estar disposto a me ajudar e por toda orientação durante esses anos.

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

RESUMO

A bacia do Alto Paraná possui o maior número de represamentos da América do Sul. Esses represamentos fornecem áreas para implementação de sistemas de pisciculturas em tanques-rede, que podem causar influências ambientais relacionadas a entrada de matéria orgânica no ecossistema aquático. Avaliações de influências de pisciculturas sobre a ictiofauna utilizam-se normalmente de métodos de análise tradicionais, ignorando o papel das espécies na comunidade. À vista disso, o uso de diferentes métricas em estudos para avaliação de influências ambientais, juntamente com a diversidade funcional, é encorajado. Assim, o presente trabalho testou as seguintes hipóteses: *1 - pisciculturas em tanques-rede causam modificações na diversidade funcional da ictiofauna e 2 - índices de diversidade taxonômica, análise estatística multivariada e índices de diversidade funcional não possuem a mesma capacidade de detecção de influência ambiental de pisciculturas sobre a ictiofauna*. As amostragens foram realizadas em duas áreas no reservatório de Ilha Solteira, SP: 1) em uma piscicultura em tanques-rede e 2) em uma área controle 10 km a montante. Os índices de diversidade funcional utilizados foram riqueza funcional (FRic), uniformidade funcional (FEve), divergência funcional (FDiv), dispersão funcional (FDis), redundância funcional (FRed), média dos atributos funcionais ponderada pelas abundâncias nas comunidades (CWM) e diversidade β funcional, além de análises taxonômicas (riqueza de espécies, diversidade β taxonômica, diversidade de Shannon-Wiener e equabilidade de Pielou) e multivariadas (PERMANOVA, SIMPER, PERMDISP, nMDS e MRPP). Os índices de diversidade taxonômica tradicionais não foram capazes de detectar diferenças entre a ictiofauna das áreas analisadas, demonstrando as limitações relacionadas ao uso desses índices como única métrica para estudos ecológicos. Análises multivariadas detectaram diferenças entre as ictiofaunas, sendo causadas principalmente pelas diferentes dispersões das abundâncias das espécies entre as áreas ao longo das amostragens. Os índices de diversidade funcionais identificaram diferenças na composição funcional, sendo a área Controle mais diversa funcionalmente, assim como identificaram homogeneização do hábito alimentar na área de tanques-rede. Nossos resultados comprovam a necessidade de usar diferentes métodos de avaliações e estruturas multifacetadas de diversidade para melhor compreensão de influências ambientais, assim como destacam a importância de avaliar influências na diversidade funcional das comunidades, como sendo um melhor preditor para entender os processos ecossistêmicos.

Palavras-chave: Aquicultura. Impacto ambiental. Índices de diversidade.

ABSTRACT

The Upper Paraná River basin has the highest number of impoundments in South America. These impoundments produce areas for the implementation of cage fish farms systems, which can cause environmental influences related to the entrance of organic matter into the aquatic ecosystem. The influences evaluation of cage fish farms on the ichthyofauna usually use of traditional analysis methods, ignoring the species roles in the community. In view of this, the use of different metrics in studies to assess environmental influences, with functional diversity, is encouraged. Thus, this work has tested the following hypotheses: 1 - *cage fish farms can cause changes on the functional diversity of the ichthyofauna* and 2 - *taxonomic diversity indices, multivariate statistics analysis and functional diversity indices does not have the same detection capability of the environmental influence of piscicultures on the ichthyofauna*. The samples were made in two areas of Ilha Solteira's reservoir: 1) in a cage fish farm and 2) in a control area 10 kilometers upstream. The functional diversity indices used are functional richness (FRic), functional evenness (FEve), functional divergency (FDiv), functional dispersion (FDis), functional redundancy, community weighted mean of a trait (CWM) and functional β diversity, in addition to the taxonomic analyses (species richness, taxonomic β diversity, Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness index) and multivariate ones (PERMANOVA, SIMPER and PERMDISP). The traditional taxonomic diversity indices could not detect disparities between the evaluated communities, emphasizing the problems related to the exclusive use of these indices as the only method of ecological analyses. However, multivariate analysis detected differences between ichthyofaunas, mainly caused by different dispersions of species abundances between areas throughout the samplings. Functional diversity indices identified differences in the functional composition, with the Control area being the most functionally diverse, as well as identifying the homogenization of eating habits in the cage farm area. Our results pointed out the necessity of using different evaluation methods and also using multifaceted diversity structures to better comprehend the environmental influences, as well as emphasized the significance of the influences evaluation on the functional diversity of the communities, being the most efficient predictor to understand the ecosystem processes.

Keywords: Aquaculture. Environmental impact. Diversity indices.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1 Área de estudo	8
2.2 Procedimentos em campo	9
2.3 Atributos funcionais	9
2.4 Análise de dados	10
2.4.1 Hipótese 1	10
2.4.2 Hipótese 2	11
3. RESULTADOS	12
3.1 Índices de diversidade funcional	12
3.2 Índices de diversidade taxonômica tradicionais	16
3.3 Análises estatísticas multivariadas	17
4. DISCUSSÃO	19
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
MATERIAL SUPLEMENTAR	27

1. Introdução

A construção de barragens com finalidade hidrelétrica vem crescendo consideravelmente na região Neotropical (Oliveira et al., 2018), sendo a bacia do alto rio Paraná a mais represada da América do Sul (Agostinho and Júlio Jr, 1999). Tais represamentos são considerados a atividade humana mais prejudicial, do ponto de vista ambiental, para as bacias hidrográficas (Winemiller et al., 2016). Contudo, contribuem para o crescimento da atividade aquícola ao fornecerem áreas adequadas para implementação de sistemas de pisciculturas em tanques-rede (Ayroza et al., 2011).

O cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede é uma das atividades zootécnicas com maior crescimento nos últimos anos, com alta relevância econômica no Brasil (IBGE, 2019; 2020). No entanto, até 18% da ração destinada a alimentação de tilápias é perdida para o ambiente aquático, juntamente com as fezes e excretas desses animais, aumentando a quantidade de matéria orgânica nesses ambientes (Montanhini Neto and Ostrensky, 2015). Aproximadamente 80% da matéria orgânica disponibilizada ao ecossistema aquático pode ser consumida na coluna d'água e sedimento (Vita et al., 2004), sendo de 40% a 60% consumida por peixes silvestres (Felsing et al., 2005). Assim, evidencia-se que o cultivo de *O. niloticus* em sistemas de tanques-redes pode causar impactos negativos sobre a biota e serviços ecossistêmicos prestados pela comunidade aquática (da Silva Cacho et al., 2020; Pelicice et al., 2014).

Da Silva Cacho et al. (2020) destacam a importância da realização de estudos que verifiquem impactos de atividades de aquicultura para identificar alterações na estrutura e funcionamento de reservatórios e atenuar os múltiplos impactos do ambiente. Porém, estudos para compreensão das influências dessas atividades ainda são necessários, não havendo nenhum que analise as influências de atividades de pisciculturas em tanques-rede sobre a diversidade funcional da ictiofauna silvestre em ambientes dulcícolas.

Apesar da necessidade da compreensão de atividades humanas sobre as comunidades bióticas, estudos nessa vertente normalmente utilizam índices de diversidade tradicionais (Calaça and Grelle, 2016; da Silva Camilo et al., 2018). No entanto, nesse tipo de análise, informações podem ser perdidas ao se resumir o conjunto de dados biológicos (Green and Chapman, 2011; Reynoldson et al., 1997), nos quais todas as espécies são consideradas equivalentes em seus papéis ecológicos, apesar de haver grande suporte de que organismos desempenhem diferentes funções no ambiente (Calaça and Grelle, 2016). Também é desconsiderada a existência de espécies com alto valor de conservação, assim como as diferenças entre indivíduos, como biomassa e comprimento de cada exemplar (Cianciaruso et al., 2009; Pavoine and Ricotta, 2019). Assim sendo, análises que levam em conta os atributos funcionais das espécies vem se destacando como uma nova ferramenta para a avaliação de influências ambientais sobre a estrutura das assembleias de vários grupos de organismos.

Dessa forma, avaliações voltadas à diversidade funcional vêm ganhando importância no cenário científico (Cianciaruso et al., 2009; da Silva Camilo et al., 2018), como uma forma de se compreender questões de dinâmica e estabilidade do ecossistema, assim como complementaridade no uso de recursos (Calaça and Grelle, 2016; Diaz and Cabido, 2001; Tilman, 2001; Villéger et al., 2010). Dessa forma, são importantes para avaliações de influências ambientais antrópicas, como sistemas intensivos de produção, dentre os quais pode-se incluir os sistemas de pisciculturas em tanques-rede.

Esse conceito vem se destacando por suas vantagens em explicar, de forma mais completa, alguns problemas relacionados ao funcionamento das comunidades, como por exemplo, avaliação de impactos causados por ação humana (Ernst et al., 2006). Portanto, uma vez que análises de diversidade tradicionais desconsideram diferenças entre espécies (Pavoine and Ricotta, 2019), a diversidade funcional torna-se uma melhor opção para a compreensão dos processos ecossistêmicos (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).

Somado a isso, outro grupo de análises que tem chamado a atenção da comunidade científica para a realização de estudos em Ecologia de comunidades são as técnicas multivariadas (Anderson, 2001). Nesse tipo de avaliação há uma maior retenção dos dados biológicos, propiciando informações mais precisas e exatas da realidade analisada (Green and Chapman, 2011; Reynoldson et al., 1997). Tais técnicas são capazes, por exemplo, de avaliar diferenças na composição e abundância relativa de organismos em amostras de diferentes grupos ou tratamentos (ex: *Permutational analysis of variance* - PERMANOVA) (Anderson, 2001), assim como podem quantificar a dissimilaridade de dispersões dos grupos analisados (ex: *Permutational analysis of multivariate dispersions* – PERMDISP) (Anderson, 2006). Dessa forma, tais análises multivariadas podem nos revelar informações que os índices tradicionais não são capazes, o que, somado com análises de diversidade funcional, podem demonstrar diferentes aspectos do mesmo fenômeno analisado.

Em vista disso, é recomendável o uso de diferentes métricas, juntamente com a diversidade funcional, em estudos para avaliação de influências ambientais causadas por ações humanas. Da mesma forma, caracterizar a estrutura das assembleias de peixes em diferentes escalas pode aumentar a nossa capacidade de compreensão da organização da ictiofauna (Terra et al., 2016), e nos ajuda a fomentar ações de conservação e restauração mais eficazes (Roa-Fuentes et al., 2019).

Tendo em vista o exposto, o presente trabalho objetivou testar se: 1 - *pisciculturas em tanques-rede causam modificações na diversidade funcional da ictiofauna* e 2 - *índices de diversidade taxonômica, análise estatística multivariada e índices de diversidade funcional não possuem a mesma capacidade de detecção de influência ambiental de pisciculturas sobre a ictiofauna*.

2. Material e Métodos

5. Referências Bibliográficas

- Abelha, M.C.F., Agostinho, A.A., Goulart, E., 2001. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Sci.* 23, 425–434. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v23i0.2696>
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Pelicice, F.M., 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Santos, N.C.L., Ortega, J.C.G., Pelicice, F.M., 2016. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. *Fish. Res.* 173, 26–36. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.04.006>
- Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Suzuki, H.I., Júlio Jr, H.F., 2003. Migratory fishes of the Upper Paraná River Basin, Brazil, in: Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C., Baer, A. (Eds.), *Migratory Fishes of South America*. World Fisheries Trust, Victoria, p. 383.
- Agostinho, A.A., Júlio Jr, H.F., 1999. Peixes da bacia do Alto Rio Paraná, in: Lowe-McConnel, R.H. (Ed.), *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. EDUSP, São Paulo, p. 534.
- Anderson, M.J., 2006. Distance-Based Tests for Homogeneity of Multivariate Dispersions. *Biometrics* 62, 245–253. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00440.x>
- Anderson, M.J., 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecol.* 26, 32–46.
- Anderson, M. J., 2004. 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.
- Ayroza, D., Carmo, F., Ayroza, L., 2011. Panorama da Piscicultura no Brasil: destaque para o potencial do Estado de São Paulo. *Casa da Agric.* 14, 9–10.
- Baselga, A., Orme, D., Villéger, S., Bortoli, J., Leprieur, F., 2014. Package betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components.
- Brandão, H., Santana, J.C. de O., Ramos, I.P., Carvalho, E.D., 2014. Influence of cage farming on feeding and reproductive aspects of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) in the Chavantes reservoir, Brazil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 36, 41–50. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v36i1.21039>

- Calça, A.M., Grelle, C.E.V., 2016. Diversidade funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos. *Oecologia Aust.* 20, 401–416. <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.01>
- Cianciaruso, M.V., Silva, I.A., Batalha, M.A., 2009. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotrop.* 9, 93–103. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000300008>
- Clarke, K., Warwick, R., 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 216, 265–278. <https://doi.org/10.3354/meps216265>
- Clarke, K.R., 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18, 117–143.
- da Silva Cacho, J.C., Teixeira de Moura, R.S., Henry-Silva, G.G., 2020. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish farming in net cages on the nutrient and particulate matter sedimentation rates in Umari reservoir, Brazilian semi-arid. *Aquac. Reports* 17, 100358. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100358>
- da Silva Camilo, G., de Freitas Terra, B., Araújo, F.G., 2018. Using the relationship between taxonomic and functional diversity to assess functional redundancy in streams of an altered tropical watershed. *Environ. Biol. Fishes* 101, 1395–1405. <https://doi.org/10.1007/s10641-018-0786-3>
- Delariva, R. L., Hahn, N. S., Kashiwaqui, E. A. L., 2013. Diet and trophic structure of the fish fauna in a subtropical ecosystem: impoundment effects. *Neotropical Ichthyology*, v.11, p.891-904.
- Demétrio, J.A., Gomes, L.C., Latini, J.D., Agostinho, A.A., 2012. Influence of net cage farming on the diet of associated wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 330–333, 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.026>
- Diaz, S., Cabido, M., 2001. Vive la différence : plant functional diversity matters to ecosystem processes. *TRENDS Ecol. Evol.* 16, 646–655.
- Duke Energy, 2008. Peixes do Rio Paranapanema. São Paulo: Horizonte.
- Ernst, R., Linsenmair, K.E., Rödel, M.-O., 2006. Diversity erosion beyond the species level: Dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. *Biol. Conserv.* 133, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.028>
- Espín, L.T.R., 2018. Análisis de riesgo de peces ornamentales cultivados en el Estado de Morelos. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Felsing, M., Glencross, B., Telfer, T., 2005. Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment. *Aquaculture* 243, 159–174. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.033>
- Fleming, I. A., Huntingford, F., 2012 Reproductive Behavior. In: Huntingford, F., Jobling, M., Kadri, S (Eds). *Aquaculture and Behavior*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Froese, R., Pauly, D., 2019. Fish Base [WWW Document]. URL <https://www.fishbase.se/search.php>
- Gomes, L.C., Miranda, L.E., 2001. Riverine characteristics dictate composition of fishassemblages and limit fisheries in reservoirs of the upper Paraná River basin. *Regul. Rivers Res. Manag.* 17, 67–76. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1646\(200101/02\)17:1<67::AID-RRR615>3.0.CO;2-P](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1099-1646(200101/02)17:1<67::AID-RRR615>3.0.CO;2-P)
- Graça, W.J. da, Pavanelli, C.S., 2007. Peixes da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes. EDUEM, Maringá.
- Green, R., Chapman, P.M., 2011. The problem with indices. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1377–1380. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.02.016>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa da pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção da pecuária municipal 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- Kliemann, B.C.K., Delariva, R.L., Manoel, L. de O., Silva, A.P. dos S., Veríssimo-Silveira, R., Ramos, I.P., n.d. Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in Neotropical Reservoir? (In preparation)
- Krebs, C.J., 1989. Ecological methodology. Collins, New York.
- Kruskal, J.B., 1964. Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika* 29, 115–129.

<https://doi.org/10.1007/BF02289694>

- Laliberté, E., Legendre, P., 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* 91, 299–305.
- Lavorel, S., Grigulis, K., McIntyre, S., Williams, N.S.G., Garden, D., Dorrough, J., Berman, S., Quétier, F., Thébault, A., Bonis, A., 2008. Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Funct. Ecol.* 22, 134–147. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01339.x>
- Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical ecology, 2nd ed. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands.
- Lima, A.C., Wrona, F.J., Soares, A.M.V.M., 2016. Fish traits as an alternative tool for the assessment of impacted rivers. *Rev. Fish Biol. Fish.* 27, 31–42. <https://doi.org/10.1007/s11160-016-9446-x>
- Lombarte, A., Gordo, A., Whitfield, A.K., James, N.C., Tuset, V.M., 2012. Ecomorphological analysis as a complementary tool to detect changes in fish communities following major perturbations in two South African estuarine systems. *Environ. Biol. Fishes* 94, 601–614. <https://doi.org/10.1007/s10641-011-9966-0>
- McCune, B., Grace, J.B., 2002. MRPP (Multi-response Permutation Procedures) and Related Techniques. In: B. McCune and J. B. Grace, eds. Analysis of ecological communities. Gleneden Beach: MjM Software Design.
- Miller, B. S., Kendall, A. W., 2009. Fish Reproduction. In: Early Life History of Marine Fishes. Oakland: University of California Press.
- Montanhini Neto, R., Ostrensky, A., 2015. Nutrient load estimation in the waste of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in cages in tropical climate conditions. *Aquac. Res.* 46, 1309–1322. <https://doi.org/10.1111/are.12280>
- Mouillot, D., Gaillard, S., Aliaume, C., Verlaque, M., Belsher, T., Troussellier, M., Do Chi, T., 2005. Ability of taxonomic diversity indices to discriminate coastal lagoon environments based on macrophyte communities. *Ecol. Indic.* 5, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2004.04.004>
- Muniz, C.M., Santos, N.C.L., Baumgartner, M.T., Agostinho, A.A., Gomes, L.C., 2019. Chronological age and reservoir characteristics as predictors of trait composition in Neotropical reservoir fish assemblages. *Ecol. Freshw. Fish* 12510. <https://doi.org/10.1111/eff.12510>
- Nobile, A.B., Cunico, A.M., Vitule, J.R.S., Queiroz, J., Vidotto-Magnoni, A.P., Garcia, D.A.Z., Orsi, M.L., Lima, F.P., Acosta, A.A., da Silva, R.J., do Prado, F.D., Porto-Foresti, F., Brandão, H., Foresti, F., Oliveira, C., Ramos, I.P., 2020. Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. *Rev. Aquac.* 12, 1495–1517. <https://doi.org/10.1111/raq.12393>
- Nobile, A.B., Zanatta, A.S., Brandão, H., Zica, É. de O.P., Lima, F.P., Freitas-Souza, D., Carvalho, E.D., Silva, R.J. da, Ramos, I.P., 2018. Cage fish farm act as a source of changes in the fish community of a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 495, 780–785. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.053>
- Nowakowski, G. C., Hahn, N. S., Fugi, R., 2008. Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology*, v.6, p. 567–576.
- Oksanen, J., et al., 2013. Vegan: Community Ecology Package. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>>.
- Oliveira, A.G., Baumgartner, M.T., Gomes, L.C., Dias, R.M., Agostinho, A.A., 2018. Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity. *Freshw. Biol.* 63, 293–305. <https://doi.org/10.1111/fw.13064>
- Orlandi-Neto, A., Amorim, R.V., Delariva, R.L., Camargo, A.F.M., Veríssimo-Silveira, R., Ramos, I.P., n.d. Structure and composition of ichthyofauna associated with cage fish farming after severe drought in a Neotropical reservoir. (In preparation)
- Paes, J.V.K., 2010. A ictiofauna do Rio do Peixe sob a influência da represa de Barra Bonita (SP): índices ecológicos e condições limnológicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”
- Pagliarini, C.D., 2019. Dieta, aspectos metabólicos e parasitológicos de *Oreochromis niloticus* cultivados e silvestres no reservatório de Ilha Solteira, Rio Grande, SP. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências de Botucatu.
- Pavoine, S., 2020. adiv: An R package to analyse biodiversity in ecology. *Methods Ecol. Evol.* 11, 1106–1112. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13430>

- Pavoine, S., Ricotta, C., 2019. Measuring functional dissimilarity among plots: Adapting old methods to new questions. *Ecol. Indic.* 97, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.048>
- Pelice, F.M., Vitule, J.R.S., Lima Júnior, D.P., Orsi, M.L., Agostinho, A.A., 2014. A serious new threat to Brazilian freshwater ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree. *Conserv. Lett.* 7, 55–60.
- Ramos, I.P., Brandão, H., Zanatta, A.S., Zica, É.D.O.P., Silva, R.J., Rezende-Ayroza, D.M.M. De, Carvalho, E.D., 2013. Interference of cage fish farm on diet, condition factor and numeric abundance on wild fish in a Neotropical reservoir. *Aquaculture* 414–415, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.013>
- Ramos, I. P., 2018. Impactos de pisciculturas em tanques-rede sobre a ictiofauna silvestre no reservatório de Ilha Solteira, SP/MS: diversidade, dieta, reprodução e parasitismo.
- Ramos, I.P., Vidotto-magnoni, A.P., Brandão, H., David, G.S., Carvalho, E.D., 2011. Feeding, reproduction and population structure of *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Teleostei, Siluriformes, Pimelodidae) from Paraná basin: a review. *Bol. da Soc. Bras. Limnol.* 39, 1–15.
- R Development Core Team, 2020. R, a Language and Environment for Statistical Computing. Version 4.0.3. R Foundation for Statistical Computing, Austria.
- Reynoldson, T.B., Norris, R.H., Resh, V.H., Day, K.E., Rosenberg, D.M., 1997. The reference condition: a comparison of multimetric and multivariate approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *J. North Am. Benthol. Soc.* 16.
- Ricotta, C., de Bello, F., Moretti, M., Caccianiga, M., Cerabolini, B.E.L., Pavoine, S., 2016. Measuring the functional redundancy of biological communities: a quantitative guide. *Methods Ecol. Evol.* 7, 1386–1395. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12604>
- Riera, R., Tuset, V.M., Rodríguez, M., Monterroso, Ó., Lombarte, A., 2017. Analyzing functional diversity to determine the effects of fish cages in insular coastal wild fish assemblages. *Aquaculture* 479, 384–395. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.06.014>
- Roa-Fuentes, C.A., Heino, J., Cianciaruso, M. V., Ferraz, S., Zeni, J.O., Casatti, L., 2019. Taxonomic, functional, and phylogenetic β -diversity patterns of stream fish assemblages in tropical agroecosystems. *Freshw. Biol.* 64, 447–460. <https://doi.org/10.1111/fwb.13233>
- Schleuter, D., Daufresne, M., Massol, F., Argillier, C., 2010. A user's guide to functional diversity indices. *Ecol. Monogr.* 80, 469–484.
- Silva, A.P. dos S., 2018. Aspectos reprodutivos de três espécies de peixes silvestres sob a influência de uma piscicultura em tanques-rede, no rio Grande, reservatório de Ilha Solteira, SP/MS. Universidade Estadual Paulista - UNESP.
- Silva, D.A., Pessoa, E.K.R., Costa, S.A.G.L., Chellappa, N.T., Chellappa, S., 2012. Ecologia alimentar de *Astyanax lacustris* (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil. *Biota Amaz.* 2, 74–82.
- Terra, B. de F., Hughes, R.M., Araújo, F.G., 2016. Fish assemblages in Atlantic Forest streams: the relative influence of local and catchment environments on taxonomic and functional species. *Ecol. Freshw. Fish* 25, 527–544. <https://doi.org/10.1111/eff.12231>
- Tilman, D., 2001. Functional Diversity, in: *Encyclopedia of Biodiversity*. Elsevier, pp. 109–120. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00132-2>
- Villéger, S., Mason, N.W.H., Mouillot, D., 2008. New Multidimensional Functional Diversity Indices for a Multifaceted Framework in Functional Ecology. *Ecology* 89, 2290–2301.
- Villéger, S., Miranda, J.R., Hernández, D.F., Mouillot, D., 2010. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecol. Appl.* 20, 1512–1522.
- Vita, R., Marín, A., Madrid, J., Jiménez-Brinquis, B., Cesar, A., Marín-Guirao, L., 2004. Effects of wild fishes on waste exportation from a Mediterranean fish farm. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 277, 253–261. <https://doi.org/10.3354/meps277253>
- Vitule, J.R.S., Occhi, T.V.T., Kang, B., Matsuzaki, S.-I., Bezerra, L.A., Daga, V.S., Faria, L., Frehse, F. de A., Walter, F., Padial, A.A., 2019. Intra-country introductions unraveling global hotspots of alien fish species. *Biodivers. Conserv.* 28, 3037–3043. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01815-7>
- 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, M., Zarfl, C., Mulligan, M., Sullivan, J.P., Arantes, C.C., Sousa, L.M., Koning, A.A., Hoeinghaus, D.J., Sabaj, M., Lundberg, J.G., Armbruster, J., Thieme, M.L., Petry, P., Zuanon, J., Vilara, G.T., Snoeks, J., Ou, C., Rainboth, W., Pavanelli, C.S., Akama, A., Soesbergen, A. Van, Saenz, L., 2016. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* (80-.). 351, 128–129. <https://doi.org/10.1126/science.aac7082>
- Yabe, R. de S., Bennemann, S.T., 1994. Regime alimentar de *Schizodon intermedius* Garavello & Britski do rio Tibagi, Paraná, e sua relação com algumas características morfológicas do trato digestivo (Osteichthyes, Anostomidae). *Rev. Bras. Zool.* 11, 777–788.
- Yasui, G.S., 2007. Variação temporal da motilidade espermática da Tilápia do Nilo em amostras refrigeradas e ativas. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro.
- Yasui, G.S., Santos, L.C. dos, Filho, O.P.R., Shimoda, E., Arias-Rodriguez, L., 2006. Cultivo monosssexual de tilápias: importância e obtenção por sexagem e inversão sexual, in: Oliveira, H.P. (Ed.), *Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia*. FEP-MVZ, Belo Horizonte, p. 61.