



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PPG CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA**

**INTRODUÇÃO E IMPACTOS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)
SOBRE AS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NATIVOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU**

MARCOS ANTONIO REPOLHO RAMOS

**MANAUS – AM
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE
PPG CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA**



**INTRODUÇÃO E IMPACTOS DA TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)
SOBRE AS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NATIVOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia

Orientador: Carlos Edwar de Carvalho Freitas

MARCOS ANTONIO REPOLHO RAMOS

**MANAUS – AM
2022**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R175i Ramos, Marcos Antonio Repolho
Introdução e impactos da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)
sobre as assembleias de peixes nativos na bacia hidrográfica do
Tarumã-açu / Marcos Antonio Repolho Ramos . 2022
67 f.: il.; 31 cm.

Orientador: Carlos Edwar de Carvalho Freitas
Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Introdução. 2. Tilápia do Nilo. 3. Espécie exótica. 4. Impactos.
5. Bacia hidrográfica do Tarumã-açu. I. Freitas, Carlos Edwar de
Carvalho. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

DEDICATÓRIA

Dedico a todos meus familiares, em especial meus pais Roque Ferreira Ramos e Rosalva Repolho Ramos, pelos valores repassados. Meus irmãos (as) Antonio Repolho Ramos, Gilmar Repolho Ramos, Maria Dionéia Repolho Ramos e Edinalva Ferreira Ramos Sousa pelo amor e carinho. Agradeço a minha amada esposa Jaiane Correa Fernandes e nossa filha que é uma joia de Deus, Gilmara Letícia Correa Ramos.

Ao Professor Dr. Carlos Edwar de Carvalho Freitas, meu orientador, que atuou como pai em diversos momentos desta caminhada de trabalho. A todos os professores (as) que disponibilizaram seu tempo e conhecimento para somar neste trabalho.

A instituição Centro de Ciências do Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia - PPG-CASA.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo apoio prestado à comunidade científica acadêmica da qual faço parte, incentivando de forma admirável e transparente, colaborando com a construção da pesquisa e todo o seu êxito.

Aos meus amigos de Mestrado e Doutorados, de diversos Programas de Pós-graduação que somaram para a elaboração desta pesquisa.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	6
HIPÓTESE	8
OBJETIVOS	8
Objetivo geral.....	8
Objetivos específicos.....	8
REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO I	15
EFEITOS OCACIONADOS PELA INTRODUÇÃO DA TILÁPIA DO NILO ÀS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NATIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ- AÇU	15
RESUMO	15
1 INTRODUÇÃO	17
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3 RESULTADOS	31
4 DISCUSSÃO.....	36
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	40
CAPÍTULO II	53
PLASTICIDADE TRÓFICA DA TILÁPIA DO NILO NO IGARAPÉ DA CACHOEIRA ALTA DO TARUMÃ, BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU (AMAZONAS - BRASIL).....	53
RESUMO	53
6 INTRODUÇÃO	55
7 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
8 RESULTADOS	58
9 DISCUSSÃO.....	62
10 CONCLUSÃO.....	63
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

INTRODUÇÃO GERAL

A introdução de espécies exóticas, provocadas pelas ações antrópicas contemporâneas são vistas como uma das principais ameaças à biodiversidade do planeta (VITOUSEK *et al.*, 1997; MCKINNEY e LOCKWOOD, 1999; CRUTZEN 2002; GARDENER, 2012; MCGEOCH e JETZ, 2019; ELTON, 2020; PADIAL *et al.*, 2020). Em ambientes aquáticos, os principais meios de introduções de espécies exóticas estão relacionadas com atividades aquícolas, incluindo o mercado de peixes ornamentais, e as pescas esportivas (WONHAM *et al.*, 2000; LASSO-ALCALÁ *et al.*, 2011; DAVIDSON e SIMKANIN, 2012; PATOKA *et al.*, 2018; DORIA *et al.*, 2021).

A ictiofauna de água doce da região Neotropical é a mais diversa do planeta (TOUSSAINT *et al.*, 2016; PELICICE *et al.*, 2017). Dentre os países que compõem esta região, o Brasil destaca-se por possuir maior riqueza e diversidade de peixes (BUCKUP *et al.*, 2007), e é também, a zona mais afetada com a introdução de peixes exóticos (CASIMIRO *et al.*, 2015), em razão dos incentivos que potencializam a piscicultura (LEPRIEUR *et al.*, 2008; ORSI e AGOSTINHO, 1999; CASIMIRO *et al.*, 2018; GUBIANI *et al.*, 2018). Isto constitui uma das razões para o país apresentar diversas espécies de peixes ameaçados de extinção (BUCKUP, 1981; ROSA e MENEZES, 1996; CASAL, 2006; PINTO-COELHO *et al.*, 2008; LATINI *et al.*, 2016; FREHSE *et al.*, 2016; GARCIA *et al.*, 2018; ICMBIO, 2018).

A flexibilização nas leis que regulamentam as atividades aquícolas no Brasil tem potencializado a introdução de peixes exóticos (PELICICE *et al.*, 2017), dentre as quais a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linneus, 1758) (PADIAL *et al.*, 2017). A tolerância às variações limnológicas e plasticidade trófica desta espécie (DE ATTAYDE *et al.*, 2007; LOWE, *et al.*, 2012; ALAM *et al.*, 2015) a torna economicamente viável ao cultivo no país (NOBREGA *et al.*, 2020; SOARES *et al.*, 2020; CHARVET, *et al.*, 2021). Por estas razões, o Brasil se destacou, nos últimos anos, entre os maiores produtores da tilápia do Nilo no mundo (SCHULTER e VIEIRA FILHO, 2017; IGARASHI, 2018; SCHULTER, e VIEIRA FILHO, 2018) com lucros que ultrapassam 400 milhões por anos (FAO, 2020; XIMENES, 2021).

Na contramão das vantagens econômicas, a introdução da tilápia do Nilo, como acontece com outras espécies exóticas, provoca desequilíbrio na estrutura e composição das espécies de peixes nativos (ATTAYDE *et al.*, 2011; LIMA, *et al.*, 2018). Esta espécie causa impactos aos ecossistemas aquáticos (PÉREZ *et al.*, 2004; CUCHEROUSSET e OLDEN, 2011; NOBILE *et al.*, 2020), contribui à eutrofização dos corpos d'água e alterações nos parâmetros limnológicos (DE ATTAYDE, *et al.*, 2007), além de reduzir a diversidade de peixes nativos (BITTENCOURT *et al.*, 2014; DORIA *et al.*, 2021).

No Estado Amazonas, nos últimos anos houve pressão por parte do governo e empresários, quanto ao uso da tilápia do Nilo em seus corpos hídricos (PADIAL *et al.*, 2017). Por exemplo, a lei 4.330/2016, que foi aprovada na Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas, e tinha como principal objetivo permitir o cultivo de espécies exóticas, dentre estas a tilápia do Nilo, em rios e igarapés do Estado (AMAZONAS, 2016), sendo revogada somente após repúdio de entidades e órgãos ambientais (BARROS, 2016; BEZERRA e ANGELINI, 2016; POZZETTI e GASPARINI, 2018).

Nesse contexto, investigar a introdução da tilápia do Nilo na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu (BHTA), identificando áreas que abrigam esta espécie exótica e seu avanço territorial, será importante para conservação da ictiofauna local. Apresentando a problemática, esta dissertação está estruturada em dois capítulos: O primeiro intitulado: EFEITOS OCACIONADOS PELA INTRODUÇÃO DA TILÁPIA DO NILO ÀS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NATIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU, apresenta a distribuição atual da tilápia do Nilo, na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu e sua relação com as espécies nativas no ambiente. Já o segundo capítulo, intitulado: PLASTICIDADE TRÓFICA DA TILÁPIA DO NILO NO IGARAPÉ DA CACHOEIRA ALTA DO TARUMÃ, BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU (AMAZONAS - BRASIL), apresentará o perfil de consumo da tilápia do Nilo na área da bacia hidrográfica do Tarumã-Açu, um ambiente periurbano de Manaus-AM.

HIPÓTESE

H₁: A presença da tilápia do Nilo, em pequenos cursos de água de regiões periurbanas da cidade de Manaus, exerce influência na composição e na estrutura das assembleias de peixes nativos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Identificar a introdução de tilápia do Nilo, na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu avaliando os possíveis impactos à ictiofauna local.

Objetivos específicos

- Investigar a ocorrência de tilápia do Nilo, na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.
- Testar se gradientes de pisciculturas influenciam na composição e estrutura das assembleias de peixes da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.
- Testar se possíveis mudanças nas assembleias de peixes estão associadas as características ambientais e/ou a presença de tilápia do Nilo.
- Investigar a dieta de *Oreochromis niloticus*, a fim de avaliar sua capacidade de adaptação aos itens alimentares disponíveis na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.

REFERÊNCIAS

- ALAM, A., CHADHA, N. K., JOSHI, K. D., CHAKRABORTY, S. K., SAWANT, P. B., KUMAR, T., [...] SHARMA, A. P. Food and feeding ecology of the non-native Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in the River Yamuna, India. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 85, n. 1, p. 167-174, 2015.
- AMAZONAS. Lei nº 4.330. Libera espécies exóticas nos Rios do Estado do Amazonas. Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas, 2016.
- ATTAYDE, J. L.; BRASIL, J.; MENESCAL, R. A. Impacts of introducing Nile tilapia on the fisheries of a tropical reservoir in North-eastern Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 18, n. 6, p. 437-443, 2011.
- BARROS, C. Criação de peixes exóticos no Amazonas trará prejuízos ambientais e econômicos. In: Criação de peixes exóticos no Amazonas trará prejuízos ambientais e econômicos. Amazonas- AM: INPA, 3 jun. 2016.
- BEZERRA, L. A. V.; ANGELINI, R. Aquicultura de tilápia no Brasil: produção ilimitada pela ciência. **Boletim da Associação Brasileira de Limnologia**, v. 42, p. 17-24, 2016.
- BITTENCOURT, L. S.; SILVA, L.M.A; TAVARES-DIAS, M. Impact of the invasion from Nile tilapia on natives Cichlidae species in tributary of Amazonas River, Brazil. **Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.
- BUCKUP, P. A. A piscicultura de espécies exóticas e problemas ecológicos. **Natureza em Revista**, v. 2, p. 20-23, 1981.
- BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.
- CASAL, C. M. V. Global documentation of fish introductions: the growing crisis and recommendations for action. **Biological Invasions**, v. 8, n. 1, p. 3-11, 2006.
- CASIMIRO, A. C. R., GARCIA, D. A. Z., VIDOTTO-MAGNONI, A. P., BRITTON, J. R., AGOSTINHO, Â. A., ALMEIDA, F. S. D., ORSI, M. L. Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 35, 2018.
- CASIMIRO, A. C. R., GARCIA, D. A. Z., VIDOTTO-MAGNONI, A. P., VITULE, J. R. S., and ORSI, M. L. Biodiversity: is there light for native fish assemblages at the end of the Anthropocene tunnel. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 2014-2015, 2015.
- CHARVET, P., OCCHI, T. V. T., FARIA, L., CARVALHO, B., PEDROSO, C. R., CARNEIRO, L., [...]; VITULE, J. R. S. Tilapia farming threatens Brazil's waters. **Science**, v. 371, n. 6527, p. 356-356, 2021.
- CRUTZEN, P. Geology of mankind. vol. 415. **Nature**, p. 23, 2002.

CUCHEROUSSET, J.; OLDEN, J. D. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. **Fisheries**, v. 36, n. 5, p. 215-230, 2011.

DAVIDSON, I. C.; SIMKANIN, C. The biology of ballast water 25 years later. **Biological Invasions**, v. 14, n. 1, p. 9-13, 2012.

DE ATTAYDE, J. L., OKUN, N., BRASIL, J., MENEZES, R., MESQUITA, P. Os impactos da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do Bioma Caatinga. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p. 450-461, 2007.

DORIA, C. R. D. C., AGUDELO, E., AKAMA, A., BARROS, B., BONFIM, M., CARNEIRO, L., [...]; VITULE, J. R. S. The silent threat of non-native fish in the Amazon: ANNF database and review. **Frontiers in Ecology and Evolution**, p. 316, 2021.

ELTON, C. S. **The ecology of invasions by animals and plants**. Springer Nature, 2020.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020.

FREHSE, F. D. A., BRAGA, R. R., NOCERA, G. A., VITULE, J. R. S. Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. **Biological Invasions**, v. 18, n. 12, p. 3713-3725, 2016.

GARCIA, D. A. Z., BRITTON, J. R., VIDOTTO-MAGNONI, A. P., MÁRIO, L. O. Introductions of non-native fishes into a heavily modified river: rates, patterns and management issues in the Paranapanema River (Upper Paraná ecoregion, Brazil). **Biological Invasions**, v. 20, n. 5, p. 1229-1241, 2018.

GARDENER, M. R., BUSTAMANTE, R. O., HERRERA, I., DURIGAN, G., PIVELLO, V. R., MORO, M. F., [...]; FLORES, S. Plant invasions research in Latin America: fast track to a more focused agenda. **Plant Ecology & DIVERSITY**, V. 5, N. 2, P. 225-232, 2012.

GUBIANI, E. A., RUARO, R., RIBEIRO, V. R., EICHELBERGER, A. C. A., BOGONI, R. F., LIRA, A. D., [...]; DA GRACA, W. J. Non-native fish species in Neotropical freshwaters: how did they arrive, and where did they come from?. **Hydrobiologia**, v. 817, n. 1, p. 57-69, 2018.

ICMBIO/MMA-INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Livro vermelho da fauna Brasileira ameaçada de extinção. 2018. Disponível em: livro_vermelho_2018_vol6.pdf (icmbio.gov.br). Acesso em 28/12/2021.

IGARASHI, M. A. Aspectos Econômicos Do Cultivo De Tilápia E Perspectivas Para O Desenvolvimento Da Atividade No Brasil, Principalmente No Estado Do Paraná (Revisão de Literatura). **Revista Unimar Ciências**, v. 27, n. 1-2, 2018.

LASSO-ALCALÁ, O., NUNES, J. L., LASSO, C., POSADA, J., ROBERTSON, R., PIORSKI, N. M., [...]; GONDOLO, G. Invasion of the indo-pacific blenny *Omobranchus punctatus* (Perciformes: Blenniidae) on the Atlantic coast of central and south America. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 571-578, 2011.

LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. (Org.). Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil. Brasília: MMA, 2016. 791p. (Série Biodiversidade, 39).

LEPRIEUR, F., BEAUCHARD, O., BLANCHET, S., OBERDORFF, T., BROSSE, S. Fish invasions in the world's river systems: when natural processes are blurred by human activities. **PLoS biology**, v. 6, n. 2, p. e28, 2008.

LIMA, L. B., OLIVEIRA, F. J. M., GIACOMINI, H. C., LIMA-JUNIOR, D. P. Expansion of aquaculture parks and the increasing risk of non-native species invasions in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 111-122, 2018.

LOWE, M. R., WU, W., PETERSON, M. S., BROWN-PETERSON, N. J., SLACK, W. T., SCHOFIELD, P. J. Sobrevivência, crescimento e reprodução da tilápia do Nilo II não nativa: projeções de nicho fundamental e potencial de invasão no norte do Golfo do México. 2012.

MCGEOCH, M.; JETZ, W.. Measure and reduce the harm caused by biological invasions. **One Earth**, v. 1, n. 2, p. 171-174, 2019.

MCKINNEY, M.L.; LOCKWOOD, J. L. Homogeneização biótica: alguns vencedores substituindo muitos perdedores na próxima extinção em massa. **Tendências em ecologia e evolução**, v. 14, n. 11, pág. 450-453, 1999.

NOBILE, A. B., CUNICO, A. M., VITULE, J. R., QUEIROZ, J., VIDOTTO-MAGNONI, A. P., GARCIA, D. A., [...]; RAMOS, I. P. Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 12, n. 3, p. 1495-1517, 2020.

NOBREGA, R. O., BANZE, J. F., BATISTA, R. O., Fracalossi, D. M. Improving winter production of Nile tilapia: What can be done?. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100453, 2020.

ORSI, M. L.; AGOSTINHO, A. A. Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da Bacia do Rio Paraná, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 557-560, 1999.

PADIAL, A. A., AGOSTINHO, A. A., AZEVEDO-SANTOS, V. M., FREHSE, F. A., LIMA-JUNIOR, D. P., MAGALHÃES, A. L., [...]; VITULE, J. R. The "Tilapia Law" encouraging non-native fish threatens Amazonian River basins. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 1, p. 243-246, 2017.

PADIAL, A. A.; VITULE, J. R. S.; OLDEN, J. D. P.: aquatic homogenocene understanding the era of biological re-shuffling in aquatic ecosystems. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 18, p. 3705-3709, 2020.

PATOKA, J., MAGALHÃES, A. L. B., KOUBA, A., FAULKES, Z., JERIKHO, R., and VITULE, J. R. S. Invasive aquatic pets: failed policies increase risks of harmful invasions. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 11, p. 3037-3046, 2018.

PELICICE, F. M., AZEVEDO-SANTOS, V. M., VITULE, J. R., ORSI, M. L., LIMA JUNIOR, D. P., MAGALHÃES, A. L., [...]; AGOSTINHO, A. A. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. **Fish and fisheries**, v. 18, n. 6, p. 1119-1133, 2017.

PÉREZ, J. E., MUÑOZ, C., HUAQUÍN, L., NIRCHIO, M. Riesgos de la introducción de tilapias (*Oreochromis* sp.) (Perciformes: Cichlidae) en ecosistemas acuáticos de Chile. **Revista chilena de historia natural**, v. 77, n. 1, p. 195-199, 2004.

PINTO-COELHO, R. M., BEZERRA-NETO, J. F., MIRANDA, F., MOTA, T. G., RESCK, R., SANTOS, A. M., [...]; BARBOSA, F. A. R. The inverted trophic cascade in tropical plankton communities: impacts of exotic fish in the Middle Rio Doce lake district, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 1025-1037, 2008.

POZZETTI, V. C.; GASPARINI, M. R. P. A Inserção de Peixe Exótico Tilápia nos Rios do Estado do Amazonas: Prejuízos Ambientais à Panamazônia. In: **V Congresso Internacional de Direito Ambiental**. 2018.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A. Relação preliminar das espécies de peixes (Pisces, Elasmobranchii, Actinopterygii) ameaçadas no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, p. 647-667, 1996.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Desenvolvimento e potencial da tilapicultura no Brasil. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 16, n. 2, p. 177-201, 2018.

SCHULTER, E. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Ipea, p 42, 2017.

SOARES, L., CAVALI, J., VITULE, J. R. S., DORIA, C. R. D. C. Ciência cidadã como forma de identificação de ocorrência de espécies não nativas na AMAZÔNIA: CITIZEN SCIENCE AS A WAY OF IDENTIFYING THE OCCURRENCE OF NON-NATIVE SPECIES IN THE AMAZON. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 145-159, 2020.

TOUSSAINT, A., CHARPIN, N., BROSSE, S., VILLÉGER, S. Global functional diversity of freshwater fish is concentrated in the Neotropics while functional vulnerability is widespread. **Scientific reports**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2016.

VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., MELILLO, J. M. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997.

WONHAM, M. J., CARLTON, J. T., RUIZ, G. M., and SMITH, L. D. Fish and ships: relating dispersal frequency to success in biological invasions. **Marine Biology**, v. 136, n. 6, p. 1111-1121, 2000.

XIMENES, L. F. Produção de pescado no Brasil e no Nordeste brasileiro. 2021.

LISTAS DE TABELAS DO CAPÍTULO I

Tabela 1. Composição das espécies de peixes da BHTA, total de exemplares amostrados. Ordem, família, espécie, N = abundância de exemplares amostrados, tombo da espécie exótica tilápia do Nilo.....	25
Tabela 2. Locais amostrados, N = abundância por local, (%) porcentagem da abundância de espécies por local, S = riqueza, por local.....	26
Tabela 3. Espécie mais abundante por local, com sua respectiva porcentagem. A = local A, B = local B, C = local C, D = local D e E = local E.....	26
Tabela 4. Local amostrado, H' = índice de diversidade de Shannon, J = índice de equitabilidade de Pileou, d = índice de dominância de Berger – Parker.....	27
Tabela 5. Locais das amostragens, parâmetros ambientais da BHTA, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogenado, CE= condutividade elétrica, °C = temperatura, Secchi = transparência, NH ₄ ⁺ = amônia, NO ₂ ⁻ = nitrito, PT = fósforo total.....	28

LISTAS DE TABELAS DO CAPÍTULO II

Tabela 1. Variação do conteúdo estomacal da tilápia do Nilo, na Cachoeira alta do Tarumã. D = detritos; MV = material vegetal; MD = material digerido; P = plástico; EV = estômagos vazios.....	51
Tabela 2. Grau de repleção dos estômagos analisados da espécie exótica tilápia do Nilo, da Cachoeira Alta do Tarumã.....	51
Tabela 3. Volume (%) dos itens alimentares presentes nos estômagos analisados da espécie exótica tilápia do Nilo, na Cachoeira Alta do Tarumã.....	52

CAPÍTULO I

EFEITOS OCACIONADOS PELA INTRODUÇÃO DA TILÁPIA DO NILO ÀS ASSEMBLEIAS DE PEIXES NATIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU

Marcos Antonio Repolho Ramos¹ Marcos de Almeida Mereles² Diego ValentePereira³, Carlos E.C. Freitas⁴

¹marcos.repolho@gmail.com; ²marcos.mdam@hotmail.com; ³diegovalentep@gmail.com; ⁴freitasc50@gmail.com

RESUMO

A introdução de espécies exóticas e as ações antrópicas são os problemas que mais causam impactos a biodiversidade do planeta. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais cultivada no Brasil, e vem sendo introduzida ilegalmente na Amazônia central. O escape para o ambiente natural vem ocorrendo e já é possível encontrar espécimes em diversos igarapés de Manaus-AM. Este trabalho teve como objetivo investigar a introdução da espécie exótica, na Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu (Manaus, Amazonas, Brasil), um dos tributários do Rio Negro, que sofre desague de diversos igarapés impactados por ações antrópicas, a fim de avaliar possíveis impactos causados na composição e na estrutura da ictiofauna nativa. O estudo foi realizado no período sazonal de águas baixas (seca). Foram capturados 427 espécimes, distribuídos em 5 ordens, 18 famílias, 40 espécies. A ordem Characiformes foi a mais abundante com 23 espécies, seguido de siluriformes com 6 espécies. As famílias com maior abundância foram as Cichlidae e Hemiodontidae, com 9 e 5 espécies respectivamente. As espécies com maior abundância relativa foram *Hemiodus immaculatus*, e *Oreochromis niloticus*. A diversidade estimada pelo índice de Shannon-Wiener foi considerada baixa para os cinco locais amostrados. O índice de equitabilidade de Pielou (J), indicou uniformidade para quatro locais, exceto para o igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã, onde foi observado a dominância da tilápia do Nilo, estimada pelo índice de Berger – Parker, valor igual a 0,90. Os parâmetros ambientais OD, pH, condutividade elétrica, °C, transparência da água, e fósforo apresentaram variações significativas em razão de ações antrópicas. A amônia e o nitrito apresentaram valores dentro do previsto pela resolução CONAMA 357/2005. O teste estatístico de Mantel ao nível de significância de 5%, ainda não indica influência da tilápia do Nilo e/ou das variáveis ambientais sobre a ictiofauna local. Contudo, a espécie exótica foi capturada na foz do igarapé do Gigante a menos de 500 metros do Rio negro, e já é a segunda mais abundante dentre as 15 espécies amostradas no local.

Palavras-chave: Introdução, Tilápia do Nilo, Espécie Exótica, Impactos, Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.

CHAPTER I

IMPACTS CAUSED BY THE INTRODUCTION OF NILE TILAPIA TO NATIVE FISH ASSEMBLY IN THE TARUMÁ-AÇU HYDROGRAPHIC BASIN

Marcos Antonio Repolho Ramos¹ Marcos de Almeida Mereles² Diego ValentePereira ³, Carlos E.C. Freitas ⁴

¹marcos.repolho@gmail.com;; ²marcos.mdam@hotmail.com; ³diegovalentep@gmail.com; ⁴freitasc50@gmail.com

ABSTRACT

The introduction of exotic species and human actions are the problems that most impact the Earth's biodiversity. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is the most cultivated fish species in Brazil, and has been illegally introduced in the central Amazon. Escape to the natural environment has been occurring and specimens are already being found in several streams of Manaus-AM. This study aimed to investigate the introduction of the exotic species in the Tarumã-açu River basin (Manaus, Amazonas, Brazil), one of the main tributaries of the Rio Negro, which flows from several streams impacted by human activities, in order to evaluate possible impacts on the structure of native fish assemblages. The study was carried out during the dry season. A total of 427 specimens were captured, distributed in 5 orders, 19 families, and 40 species. The order Characiformes was the most representative with 23 species, followed by Siluriformes with 6 species. The most diverse families were the Cichlidae and Hemiodontidae, with 9 and 5 species, respectively. The species with the highest relative abundance were *Hemiodus immaculatus*, and *Oreochromis niloticus*. The diversity estimated by the Shannon-Wiener index was considered low for the five sites sampled. The Pielou equitability index (J) indicated homogeneity for four locations, except for the Cachoeira Alta do Tarumã stream, where the dominance estimated by the Berger-Parker index was equal to 0.90. The environmental parameters OD, pH, electrical conductivity, °C, water transparency, and phosphorus showed significant variations due to anthropic actions. Ammonia and nitrite presented values within the predicted by CONAMA resolution 357/2005. Mantel's test level does not indicate the influence of Nile tilapia and/or environmental variables on the fish assemblages. However, the exotic species was captured at the mouth of the Gigante stream, less than 500 meters from the Rio Negro and this species was the second most frequent in the samplings.

Keywords: Introduction, Nile tilapia, Exotic Species, Impacts, Tarumã-açu Watershed.

1 INTRODUÇÃO

O Planeta terra vem sofrendo alterações ao longo dos séculos, provocadas por diversas alterações ambientais, incluindo as provocadas pelo homem (ELTON, 1958; WELCOMME 1988; CAMBRAY 2003; GOZLAN, 2008; HAVEL *et al.*, 2015). Atualmente, a introdução de espécies exóticas é um dos problemas que mais causam impactos à biodiversidade e aos ecossistemas do planeta (VITOUSEK, *et al.*, 1997; MCGEOCH e JETZ, 2019; PADIAL *et al.*, 2020). O livre mercado internacional, a globalização e a expansão populacional são alguns dos fatores que têm potencializado a introdução de espécies exóticas nas mais diversas regiões do planeta (MCNEELY, 2001; GUREVITCH e PADILLA, 2004; VITULE *et al.*, 2009).

Espécie exótica é definida como toda e qualquer espécie transportada e solta pelo homem, fora de sua área de distribuição natural, intencional ou acidentalmente (MACK *et al.*, 2000; VELLEND *et al.*, 2007; BLACKBURN *et al.*, 2014), e torna-se espécie invasora, ao se estabelecer neste novo ambiente, onde pode se disseminar e causar desequilíbrio na biodiversidade nativa (LIMA *et al.*, 2018; PYSEK, *et al.*, 2020). Nos ecossistemas aquáticos, a introdução de espécies de peixes exóticos tem impactado significativamente as assembleias de peixes nativos, além de contribuir com a eutrofização dos corpos hídricos (WELCOMME, 1981,1988; AGOSTINHO *et al.*,2018; MILARDI *et al.*, 2018), como o caso ocorrido no lago Vitoria, na África, que teve inserido junto as suas espécies nativas, a espécie exótica perca do Nilo (*Lates niloticus*), e esta já ocasionou o desaparecimento e/ou ameaça de pelo menos 200 espécies da região (GOLDSCHMIDT, 1993, 1998).

Países que tem seus corpos hídricos afetados com introdução de espécies de peixes exóticos, não sofrem somente perdas ecossistêmicas e da ictiofauna nativa, mas também econômica (HALL e MILLS, 2000, NAYLOR *et al.*, 2001). O rio das Pérolas, localizado na China, é um exemplo neste sentido, considerado um *hotspot* global, perde pelo menos 5 bilhões de dólares por ano dos lucros pesqueiros, devido a introdução de 23 espécies de peixes exóticos em seu corpo hídrico (XU *et al.*, 2006; XIA *et al.*, 2019). Similarmente, os Estados Unidos também perdem vários bilhões de dólares anualmente pela mesma razão (PIMENTEL *et al.*, 2005).

A introdução de espécies exóticas em ambientes aquáticos ocorre por diversos meios, como escapes de aquicultura, cascos ou água de lastro de navios, comércio ornamental, pesca esportiva e iscas vivas (WELCOMME, 1986, 1988; COURTENAY e TAYLOR, 1986; MILLS *et al.*, 1993, 1994; WOLFF, 1998; SOUZA *et al.*, 2009; CHAN *et al.*, 2019). Dentre os principais efeitos já relatados da introdução de espécies de peixes exóticos, destacam-se o surgimento de patógenos, eutrofização e competição por alimentos, com consequente prejuízo para as espécies nativas (HOFFMAN *et al.*, 1984; WELCOMME, 1988; KOHLER e COURTENAY, 1986; MILLS *et al.*, 1993, 1994; KUMAR, 2000; CHARLES e DUKES, 2008).

A região neotropical, possui a maior biodiversidade de peixes nativos do mundo (ALBERT e REIS, 2011; GUBIANI *et al.*, 2018; veja Reis *et al.* 2016) e foi a zona mais afetada com introduções de peixes exóticos na tentativa de estimular a piscicultura. (WELCOMME, 1988). Dentre os países que compõem a zona neotropical, o Brasil se destaca ao possuir a mais extensa biodiversidade de água doce do planeta (AGOSTINHO *et al.*, 2005), com pelo menos 3.148 espécies de peixes endêmicos (ICMBIO, 2018), números superiores aos da América do Norte, América Central, Europa e Oceania juntas (DAGOSTA e DE PINNA, 2019).

O Brasil possui uma gama de leis, que visam inibir possíveis impactos aos ecossistemas e a espécies nativas, como por exemplo a Constituição Federal, que discorre em seu artigo 225, que o poder público e a sociedade em geral devem preservar a diversidade genética, a fauna e a flora, juntamente com seus ecossistemas (BRASIL, 1988). Além disso, o país é signatário da Convenção Sobre Biodiversidade Biológica (CDB) (PRATES e DE AZEVEDO IRVING, 2015) e consolidou este acordo, promulgando o decreto 2.519/98 (BRASIL, 1998), além de proteger os recursos hídricos, através da lei 9.433/97 (BRASIL, 1997).

Contudo, nos últimos anos, vêm ocorrendo iniciativas para enfraquecer as legislações que amparam ecossistemas aquáticos e a ictiofauna nativa, por meio de medidas como o PL 5989/09 que circulou na Câmara dos Deputados Federais, que objetivava liberar o cultivo da espécie exótica tilápia do Nilo (JUNIOR *et al.*, 2012), reconhecendo-a, através de lei, como uma espécie nativa (PADIAL *et al.*, 2017). Na mesma direção, encaminhava-se a resolução número 413, artigo 14º de 26 de junho de 2009, do Conselho Nacional do Meio Ambiente

(CONAMA), autorizando a criação de espécies de peixes exóticos, desde que obedeça a normas federais (CONAMA, 2009).

Em razão destas investidas, os ecossistemas e a biodiversidade brasileiros não estão livres de possíveis impactos por conta de introdução de espécies exóticas, principalmente em ambientes aquáticos (BARROS e AMIN, 2008; BUENO *et al.*, 2015; PELICICE *et al.*, 2017). Tendo em vista, que o país, dispõe de características favoráveis à desenvolver atividades aquícolas (LÖVEI *et al.*, 2012; KUBITZA, 2015), pois são aproximadamente 12% de toda água doce existente no planeta (TUNDISI e TUNDISI, 2008), além de uma imensa zona costeira, que abrange uma área de pelo menos 8,5 mil km de extensão (PEREIRA *et al.*, 2009).

Fomentos por parte do governo brasileiro, tem provocado aumento na produção aquícola envolvendo a espécie exótica tilápia do Nilo (*Oreocromis niloticus*), em diversas regiões do país, com destaque para as regiões Sul, Sudeste e Nordeste (MPA, 2015; IBGE, 2019). Somente em 2019 a tilápia representou 81,36% da produção nacional na piscicultura, gerando uma receita de 9,7 milhões de dólares, com exportação, colocando o Brasil, como o 4º maior produtor da espécie no mundo (PEIXE BR, 2019). A tilápia do Nilo, é atrativa para investidores, devido seus elevados índices produtivos e rápido retorno econômico (YAKUBU *et al.*, 2014; ROCHA *et al.*, 2020). Muito embora, as atividades aquícolas que utilizam espécies exóticas tornam-se vetores e contribuem para a dispersão de espécies como a tilápia do Nilo (GOSLAN, 2008; PELICICE *et al.*, 2014), uma vez que estes ambientes são facilitadores à possíveis fugas (LODGE *et al.*, 1998).

Na contramão deste cenário que impulsiona a economia do Brasil (CASTILHO-BARROS *et al.*, 2020), a espécie exótica tilápia do Nilo, quando introduzida em ambientes, diferente do seu de origem provoca impactos ao ecossistema e a ictiofauna nativa, além de, sobreviver mesmo exposta a ambientes eutrofizados (PETERSON *et al.*, 2004; BWANIKA *et al.*, 2006; GAMA, 2008; VITULE *et al.*, 2009; BEYRUTH *et al.*, 2018; HILSDORF, 2018).

A Amazônia brasileira, até então apresentam um número baixo ou mesmo ausência de introdução de espécies exóticas como tilápia do Nilo (PELICICE *et al.* 2014; IBGE, 2019), isto pode estar relacionado com o baixo número de pesquisas voltadas ao tema (FREHSE *et al.*, 2016). O estado do Pará, é um

exemplo da necessidade de intensificar pesquisas relacionadas a presença de tilápia do Nilo, na bacia amazônica, pois, estudos na região, identificaram o cultivo ilegal desta espécie exótica (BRABO *et al.*, 2015). Já no Amapá, uma pesquisa identificou que, após a introdução deste indivíduo, em suas bacias hidrográficas, observou-se declínio de ciclídeos nativos na região (BITTENCOURT *et al.*, 2014).

No Estado do Amazonas, as assembleias de peixes nativos e ecossistema aquático não estão protegidas de possível introdução da espécie exótica tilápia do Nilo (PADIAL *et al.*, 2017). Recentemente tramitou na Assembleia Legislativa do Estado do Amazonas (ALEAM), o Projeto de Lei Ordinária 79/2016, relacionado à atividades aquícolas, que apresentava como objetivo principal permitir o cultivo de espécies exóticas, em especial a tilápia do Nilo, com ausência de fiscalização dos órgãos ambientais federais, tanto para liberar quanto acompanhar o desenvolvimento destas atividades (POZZETTI e GASPARINI, 2018). Cabe destacar que esta lei não se consolidou devido a repercussão negativa em âmbito nacional e pressão de entidades e órgãos ambientais (BARROS, 2016).

Diante do exposto, houve a necessidade de investigar a introdução da espécie exótica tilápia do Nilo, na Bacia Hidrográfica do Tarumã- Açu, localizada na região periurbana da cidade de Manaus-AM. Para avaliar se: I) a ocorrência desta espécie está relacionada com a presença de pisciculturas nesta bacia hidrográfica II) testar se os possíveis impactos na composição e estrutura das assembleias de peixes nativos estão relacionados com a presença da tilápia do Nilo e/ou a possíveis variações dos parâmetros ambientais. Espera-se que os resultados deste ensaio possam provocar os órgãos competentes à tomada de decisões que visem proteger as espécies de peixes nativos e os recursos hídricos da região Amazônica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu (BHTA), localizada na zona Oeste, região periurbana da cidade de Manaus - AM região que compreende 1.372,73 km², e mais de 40 km de extensão, tendo 13 igarapés como tributários (BUHRING *et al.*, 2006; DA SILVA COSTA *et al.*, 2013;

SIQUEIRA, 2019). A BHTA tem como canal principal o rio Tarumã-açu, afluente na margem esquerda do rio Negro, um dos principais afluentes do rio Amazonas (MELO e ROMANEL, 2017) (Figura 1). A Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu vem sendo impactada, por conta de ações antrópicas, ao longo das últimas décadas (VASCONCELOS *et al.*, 2012). O despejo *in natura* de efluentes industriais e domésticos e o carreamento de águas pluviais drenadas da zona urbana de Manaus, são algumas das diversas causas que geram impactos negativos nesse corpo hídrico (DA COSTA *et al.*, 2021).

2.2 Caracterização da área de estudo

Os dois primeiros pontos de coleta de montante à jusante identificados como local “A” e “B”, ficam localizados no rio Tarumã-açu, que é o canal principal da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu. Estes sítios amostrais têm como coordenadas 2°55'03.6"S e 60°06'03.3"W e 2°57'34.6"S e 60°06'35.0"W, respectivamente. O local “A” se encontra a pelo menos 5 km de distância à jusante da primeira piscicultura (2°54'02.4"S e 60°04'11.0"W) que serviu de gradiente por se encontrar próximo a pisciculturas que cultivam a espécie exótica tilápia do Nilo (Figura 2), enquanto o local “B” fica a 2 km de distância da segunda piscicultura (2°56'39.6"S e 60°06'27.6"W) que foi escolhida por possuir características semelhantes as da primeira piscicultura (Figura 4). Tanto o primeiro sítio amostral (Figura 3) como o segundo sítio amostral (Figura 5) estão menos impactados pelas ações antrópicas, possivelmente por estar mais afastado da zona urbana de Manaus, ou por possuir maior volume de água quando comparado aos seus tributários, o que contribui para autodepuração principalmente nos períodos de águas altas.

O terceiro local escolhido à realizar a coleta identificado como local “C”, está localizado no igarapé do Mariano, mais precisamente na desembocadura da cachoeira alta do Tarumã e igarapé da Bolívia, e tem como coordenadas 2°59'49.1"S e 60°04'31.2"W. O local “C” estar situado a um pouco mais de 6 km de distância à jusante da terceira piscicultura (2°57'44.9"S e 60°02'44.9"W) (Figura 6). Este sítio amostral encontra-se impactado em razão do avanço da urbanização (residências domésticas, indústrias) e perda da mata ciliar (Figuras 7).

O quarto local de amostragem identificado como local “D”, fica situado na Cachoeira Alta do Tarumã, área urbana da cidade Manaus, tem como coordenada geográfica 3°00'30.3"S e 60°03'19.2"W. Este ponto amostral está a 5 km de distância à jusante da quarta piscicultura (3°00'25.3"S e 60°01'19.8"W) escolhida como gradiente (Figura 8). Esta área está com suas características ambientais alteradas em função do descarte *in natura* de efluentes domésticos e industriais (Figura 9).

O quinto local de amostragem identificado como local “E”, fica localizado na desembocadura do igarapé do Gigante, há menos de 500 metros, da foz do rio Tarumã-açu, possui coordenadas 3°03'06.1"S e 60°06'28.0"W. O local “E” fica situado a 2 km de distância à jusante da quinta piscicultura (3°02'41.7"S e 60°06'19.2"W) escolhida como gradiente (Figura 10). Este local possui suas características naturais alteradas em função das descargas de efluentes *in natura* produzidos por residências, marinas, flutuantes e embarcações, existentes nesta área (Figura 11).

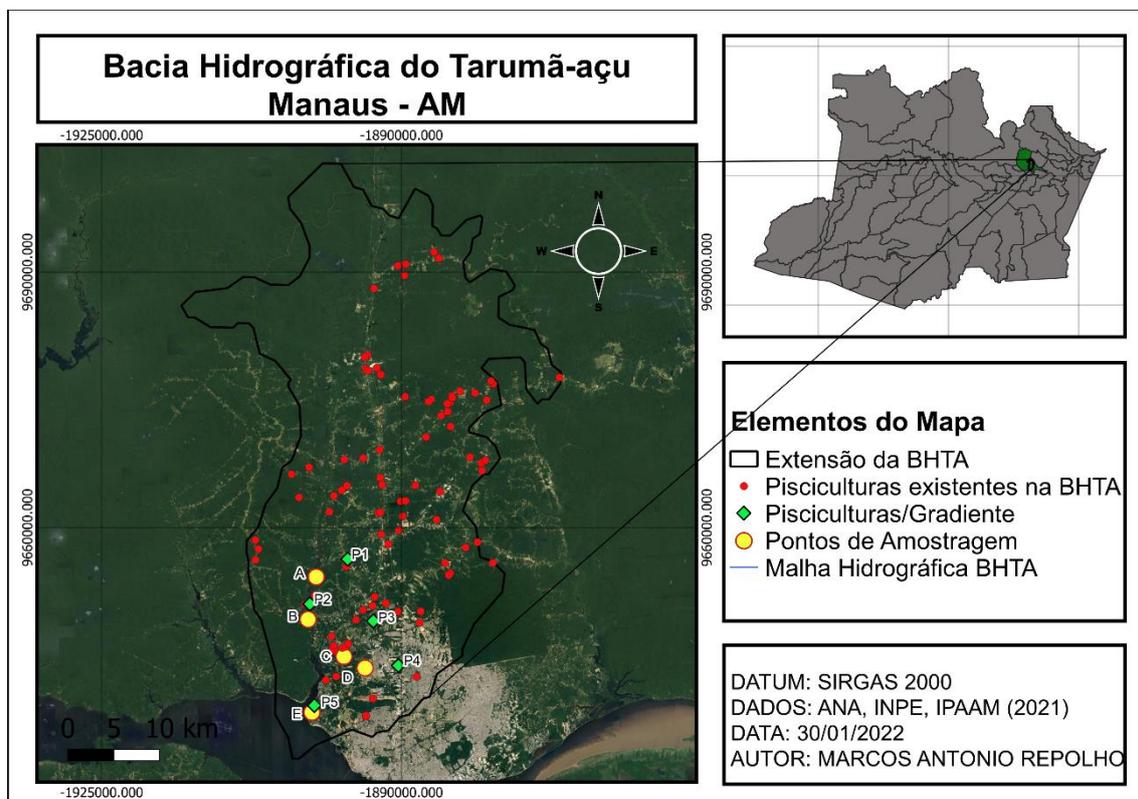


Figura 1. Extensões da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu (Bacia Amazônica, Brasil), localização das pisciculturas existentes na BHTA, localização das pisciculturas de montantes à jusante que serviram de gradiente para demarcação dos pontos de amostragens, locais de amostrais.

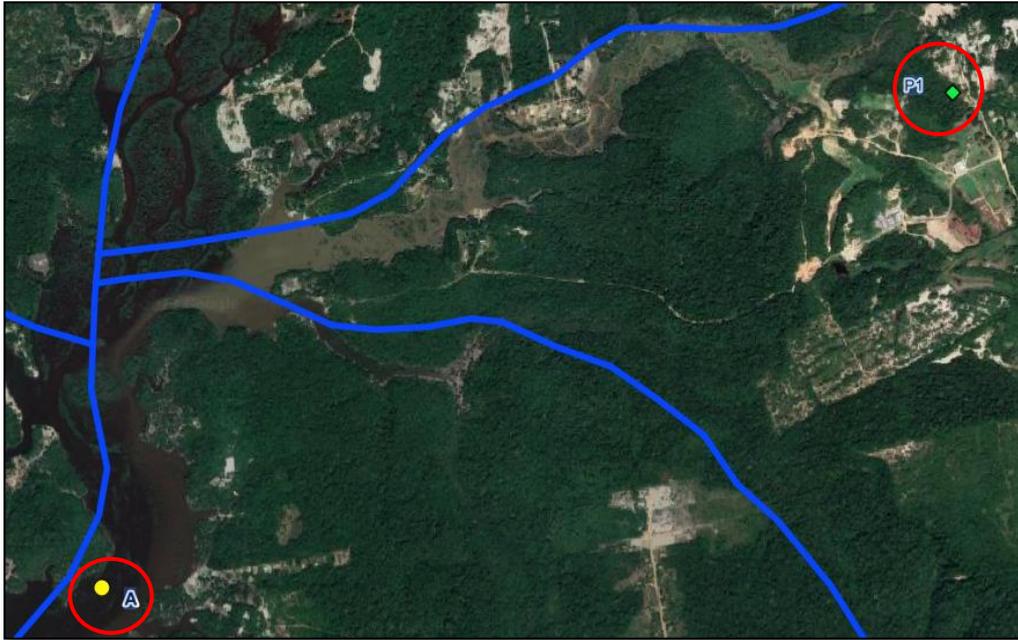


Figura 2. P1 = piscicultura situada de montante à jusante que serviu de gradiente para demarcar o primeiro local de amostragem, “A” = primeiro local de amostragem.



Figura 3. Primeiro local de amostragem (local “A”) de montante à jusante localizado no rio Tarumã-açu, canal principal da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.

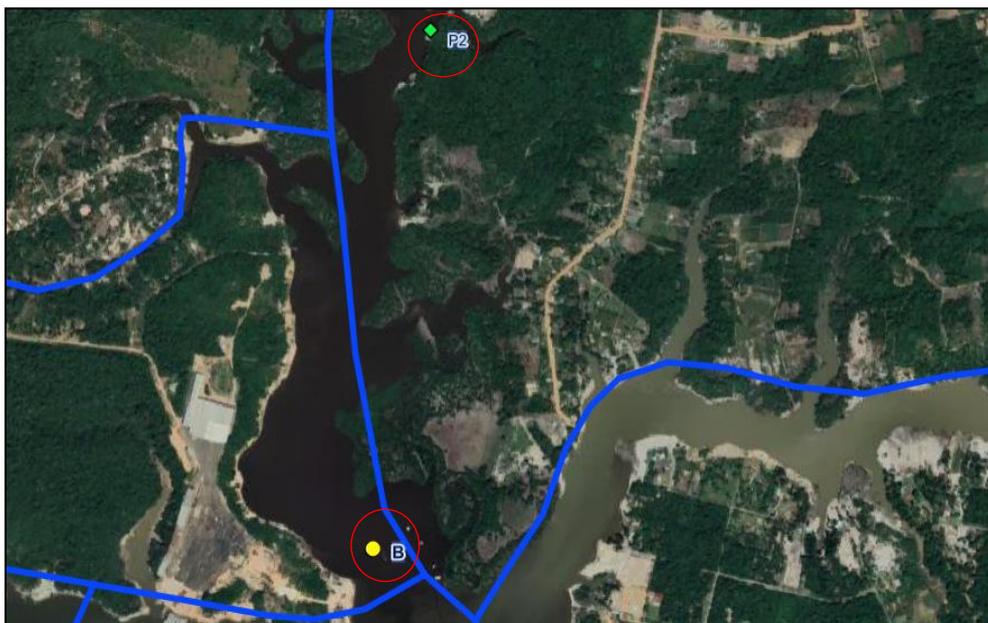


Figura 4. P2 = piscicultura situada de montante à jusante que serviu de gradiente para demarcar o segundo local de amostragem, “B” = segundo local de amostragem.



Figura 5. Segundo local de amostragem (local “B”) de montante à jusante, localizado no rio Tarumã-açu, canal principal da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.

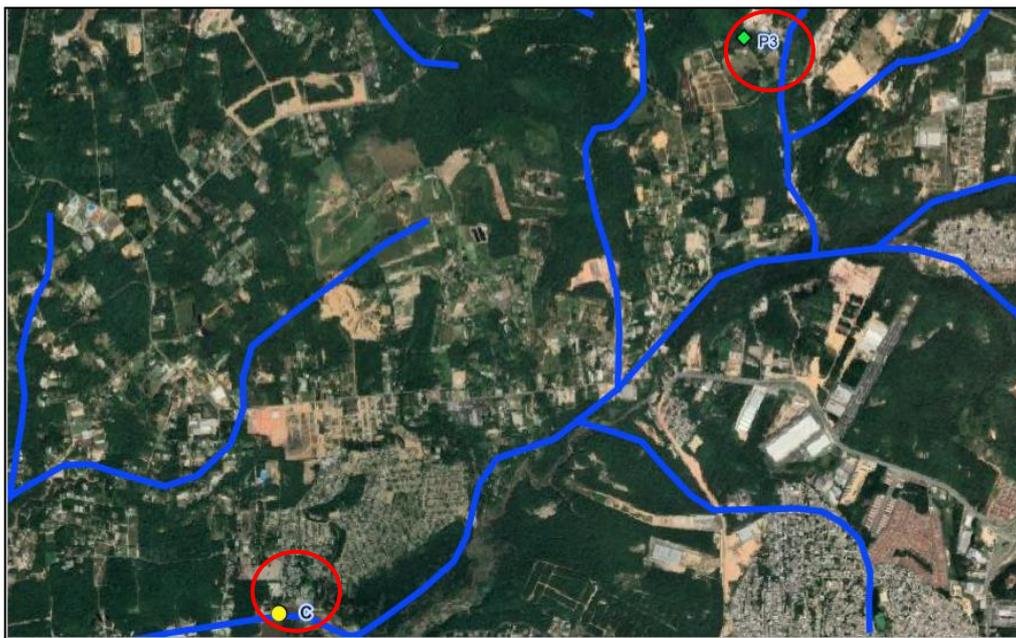


Figura 6. P3 = piscicultura situada de montante à jusante que serviu de gradiente para demarcar o terceiro local de amostragem, “C” = terceiro local de amostragem.



Figura 7. Terceiro local de amostragem (local “C”) de montante à jusante, localizado no igarapé do Mariano, na desembocadura do igarapé da Bolívia com a igarapé da cachoeira alta do Tarumã, região periurbana da cidade de Manaus.

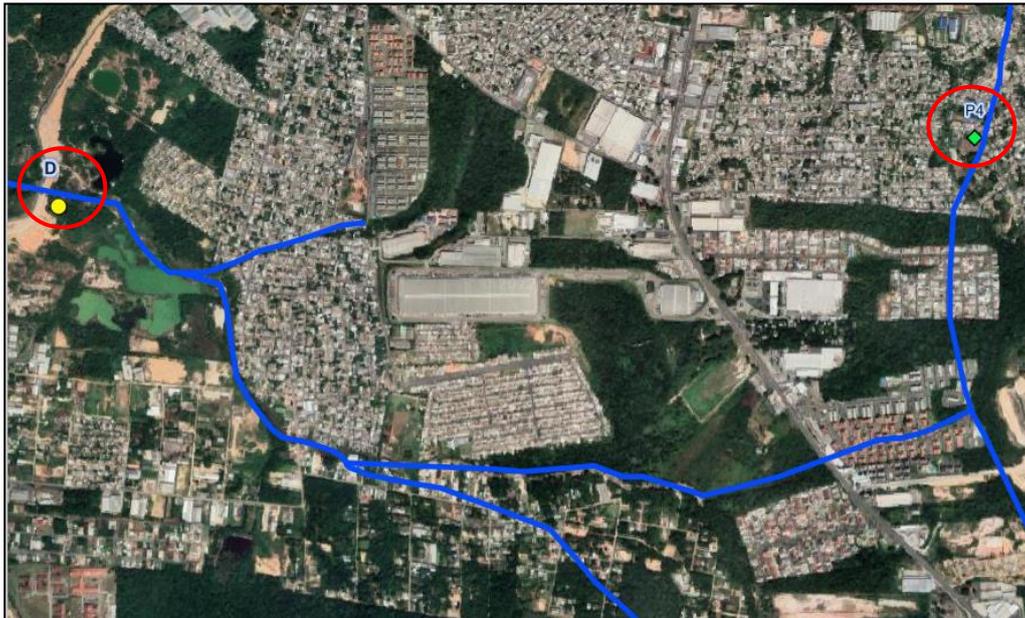


Figura 8. P4 = piscicultura situada de montante à jusante que serviu de gradiente para demarcar o quarto local de amostragem, “D” = quarto local de amostragem.



Figura 9. Quarto local de amostragem (local “D”) de montante à jusante, localizado no igarapé da cachoeira alta do Tarumã, região urbana da cidade de Manaus.



Figura 10. P5 = piscicultura situada de montante à jusante que serviu de gradiente para demarcar o quinto local de amostragem, “E” = quinto local de amostragem.



Figura 11. Quinto local de amostragem (local “E”) de montante à jusante, localizado na foz do Igarapé do Gigante a menos de 500 metros do rio Negro.

2.2 Coleta de dados

2.2.1 Dados biológicos

A captura dos peixes ocorreu no mês de outubro de 2021, correspondente ao período de seca na região Amazônica (BITTENCOURT e AMADIO, 2007). Neste período ocorre redução na conectividade entre o curso principal e seus tributários (Thomaz *et al.*, 2007), diferente do período de águas altas onde ocorre maior conexão, e os peixes migram para regiões alagadas em razão destas possuírem maior oferta de alimento, além servir de berçários para indivíduos jovens (VANNOTE *et al.*, 1980; JUNK *et al.*, 1989).

Foram utilizadas como apetrecho de pesca redes de emalhe e tarrafa. O primeiro apetrecho foi estabelecido em 8 malhadeiras com tamanhos diferentes de malha (20, 30, 40 e 50 mm entre nós opostos), com dimensões de 20 m de comprimento x 2 m de altura, cada malhadeira. As malhadeiras ficaram dispostas na água durante 15 horas diárias (de 04:00 às 19:00), em horários de maior atividade de peixes. Para evitar possíveis extravios das malhadeiras e também perdas dos exemplares emalhados, em razão de ataques de espécies predadoras, as despescas aconteciam em intervalos de uma hora.

A tarrafa possuía 3 m de altura x 6 m de raio, e malha de 40 mm entre nós opostos. Com o apetrecho foram realizados 30 lances por local amostrado, sendo 15 lances entre 06:00 e 08:00 da manhã e 15 lances 16:30 e 18:30 da noite em cada local amostrado. Após as despescas, os exemplares foram armazenados em sacos plásticos previamente identificados e acondicionados em isopor com gelo, com os peixes morrendo por choque térmico. Posteriormente, os exemplares foram transportados ao laboratório de Ecologia Pesqueira – localizado na Universidade Federal do Amazonas, e identificados com auxílio de literatura especializada, e quando necessário consultando especialistas na área. A referida pesquisa deu-se sob as licenças do SISBIO: 65838-5 e CEUA-UFAM: N. 012/2021.

2.2.2 Parâmetros Limnológicos

Foram medidos com aparelho multi-parâmetros Hanna Hi 98194 os seguintes parâmetros ambientais: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogenado (pH), condutividade (CE), temperatura (°C). A medida de transparência da água (Secchi) foi realizada com disco de Secchi.

Foram coletadas amostras de água na margem direita, esquerda e central da superfície dos sítios amostrais utilizando frascos de polietileno de 1000 mililitros, acondicionados em isopor com gelo e transportado ao laboratório de

limnologia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM – Manaus, para analisar amônia (NH_4^+) mg/L, nitrito (NO_2^-) mg/L, fósforo total (PT) mg/L.

2.3 Análise dos dados

2.3.1 Análises dos índices ecológicos

Foram estimados os seguintes índices de diversidade das assembleias de peixes:

Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), (KREBS, 1989), foi estimado através da equação:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Onde: p_i é a proporção da espécie em relação ao número total de espécimes encontrados nas amostragens realizadas.

Índice de Pielou (J'), equitabilidade, (MAGURRAN, 1988), estimado por meio da equação:

$$J = H' / H_{\max}'$$

Sabendo que H' é o Índice de Shannon-Wiener, e H_{\max}' , que foi encontrado pela seguinte expressão:

$$H_{\max}' = \log.s$$

Índice de dominância de Berger-Parker (d) (BERGER-PARKER, 1970), estimado conforme a equação:

$$d = N_{\max} / NT$$

Onde: N_{\max} é o número de indivíduos da espécie mais abundante e NT é o número total de indivíduos encontrados nas amostragens.

2.3.2 Análise dos parâmetros limnológicos

Um aparelho multi-parâmetros Hanna Hi 98194 foi usado para medir os parâmetros ambientais: Oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica $\mu\text{S} / \text{cm}$, temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Foi utilizado um disco de Secchi, para medir a transparência da água.

No laboratório de Limnologia UFAM – Manaus, foi realizada as seguintes análises:

Nitrogênio amoniacal (amônia)

A amônia foi analisada através do método (MACKERETH, *et al.*, 1978). Neste método, a amônia reage com fenol, em meio alcalino, e em presença de

hipoclorito de sódio, forma um complexo de cor azul, realizando leitura no espectrômetro FEMTO modelo Cirrus 80 MB, após 2 horas de estabilidade.

Nitrito

O método descrito por Apha (2005) e Golterman e Clymo (1971), foi usado para determinar a concentração de nitrito, com posterior leitura no espectrômetro FEMTO modelo Cirrus 80 MB. Este método utiliza a reação de Griess modificada, com espectrofotometria a 535 nm. São realizados com amostras de águas naturais preservadas ou não, com 1,0 mL de H₂SO₄ por 1000 mL de amostra.

Fósforo total

Obteve-se o teor de fósforo total a partir do método de Valderrama (1981), onde as várias formas dos compostos fosfatados são oxidados por persulfato de potássio a 120° °C, por 1 hora, a seguir o fósforo total foi analisado no espectrofotômetro (STRICKLAND e PEARSONS, 1968).

2.4 Análises estatísticas

Foi construída uma matriz de distância (distância ecológica) com os dados de abundância de espécies de peixes dos locais amostrados e outra com abundância relativa da tilápia do Nilo, usando a métrica de dissimilaridade de Bray-Curtis, que é indicada para transformar números inteiros (BRAY e CURTIS, 1957; SHYAM e SINGH, 2014). As matrizes de distâncias das variáveis ambientais e das distâncias geográficas (pisciculturas), foram padronizadas utilizando a métrica de distância euclidiana que é indicada à padronização de números decimais (GOWER e LEGENDRE, 1986; LEGENDRE e LEGENDRE, 2012).

Foi aplicado um teste de Mantel para avaliar se a dissimilaridade na composição e na estrutura das assembleias de peixes ocorre em função da distância geográfica (espaço) que existe entre as pisciculturas (LEGENDRE e LEGENDRE, 2012). Um teste de Mantel parcial foi realizado para avaliar se a dissimilaridade existente nas assembleias de peixes ocorre em razão das variáveis ambientais e da tilápia do Nilo (LEGENDRE e LEGENDRE, 2012). As análises foram realizadas utilizando o software R-4.0.1, empregando os pacotes Vegan e geosphere (OKSANEN *et al.*, 2007; WICKHAM, 2016; R CORE TEAM, 2020).

3 RESULTADOS

3.1 Amostras biológicas

Um total de 427 exemplares de peixes foram capturados, distribuídos em 5 ordens, 18 famílias, 40 espécies. A ordem Characiformes foi a mais rica com 23 espécies, seguido de siluriformes com 6 espécies. As famílias que apresentaram maior abundância foram as Cichlidae e Hemiodontidae, com 9 e 5 espécies, respectivamente. Quanto as espécies mais abundantes se destacaram *Hemiodus immaculatus*, com 86 exemplares, seguido de *Oreochromis niloticus* com 82 exemplares (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das espécies de peixes da BHTA, total de exemplares amostrados. Ordem, família, espécie, N = abundância de exemplares amostrados, tomo da espécie exótica tilápia do Nilo.

Ordem	Família	Espécie	N	Tombo
Characiformes	Hemiodontidae	<i>Hemiodus gracilis</i> Günther, 1864	45	-
		<i>Hemiodus immaculatus</i> Kner, 1858	86	-
		<i>Hemiodus unimaculatus</i> (Bloch, 1794)	4	-
		<i>Hemiodus langeanii</i> Beltrão e Zuanon, 2012	4	-
		<i>Anodus elongatus</i> Agassiz, 1829	2	-
	Serrasalminidae	<i>Myloplus rubripinnis</i> (Müller e Troschel, 1844)	2	-
		<i>Mylossoma aureum</i> (Spix e Agassiz, 1829)	2	-
		<i>Pygocentrus nattereri</i> Kner, 1858	1	-
		<i>Pristobrycon striolatus</i> (Steindachner, 1908)	1	-
	Anostomidae	<i>Leporinus fasciatus</i> (Bloch, 1794)	1	-
		<i>Leporinus friderici</i> (Bloch, 1794)	4	-
		<i>Anostomoides laticeps</i> (Eigenmann, 1912)	10	-
		<i>Schizodon fasciatus</i> Spix e Agassiz, 1829	1	-
	Prochilodontidae	<i>Semaprochilodus taeniurus</i> (Valenciennes, 1821)	25	-
		<i>Semaprochilodus insignis</i> (Jardine, 1841)	18	-
	Ctenoluciidae	<i>Boulengerella cuvieri</i> (Spix e Agassiz, 1829)	2	-
		<i>Boulengerella lucius</i> (Cuvier, 1816)	3	-
	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus falcirostris</i> (Cuvier, 1819)	13	-
	Cynodontidae	<i>Rhaphiodon vulpinus</i> Spix e Agassiz, 1829	1	-
	Characidae	<i>Roeboides myersi</i> Gill, 1870	7	-
	Triporthidae	<i>Triporthus angulatus</i> (Spix e Agassiz, 1829)	19	-
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	1	-
	Curimatidae	<i>Curimatella meyeri</i> (Steindachner, 1882)	8	-
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Auchenipterus nuchalis</i> (Spix e Agassiz, 1829)	6	-
		<i>Pseudoloricaria laeviuscula</i> (Valenciennes, 1840)	1	-
	Loricariidae	<i>Pterygoplichthys pardalis</i> (Castelnau, 1855)	6	-
		<i>Loricaria cataphracta</i> Linnaeus, 1758	2	-
		<i>Oxydoras niger</i> (Valenciennes, 1821)	3	-
Callichthyidae	<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	3	-	
Cichliformes	Cichlidae	* <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	82	UFAM470

		<i>Mesonauta festivus</i> (Heckel, 1840)	6	-
		<i>Geophagus proximus</i> (Castelnau, 1855)	5	-
		<i>Geophagus altifrons</i> Heckel, 1840	12	-
		<i>Cichla orinocensis</i> Humboldt, 1821	1	-
		<i>Cichla temensis</i> Humboldt, 1821	14	-
		<i>Satanoperca acuticeps</i> (Heckel, 1840)	15	-
		<i>Crenicichla brasiliensis</i> (Bloch, 1792)	1	-
		<i>Symphysodon aequifasciatus</i> Pellegrin, 1904	1	-
Clupeiformes	Pristigasteridae	<i>Pellona castelnaeana</i> Valenciennes, 1847	1	-
Beloniformes	Belonidae	<i>Potamorrhaphis guianensis</i> (Jardine, 1843)	8	-
Total			427	

O local B apresentou a maior abundância, com 103 exemplares de peixes, equivalente a 24% do total de peixes amostrados, e o local E, foi o menos abundante com 51 exemplares, proporcional a 12% da abundância total. O local C, com 21 espécies, apresentou a maior riqueza de espécies, a menor riqueza foi encontrada no local D, com apenas três espécies (Tabela 2).

Tabela 2. Locais amostrados, N = abundância por local, (%) porcentagem da abundância de espécies por local, S = riqueza, por local.

Local	N	(%)	S
A	90	21	9
B	103	24	14
C	99	23	21
D	83	19	3
E	52	12	15

As espécies que apresentaram maior abundância por local foram a espécie exótica *Oreochromis niloticus* (Figura 12) com 75 exemplares, equivalente a 90,3% dos indivíduos amostrados no local D, seguido de *Hemiodus immaculatus* (Figura 13) com 54 exemplares, correspondendo 60% da abundância total capturada no local A (Tabela 3).



Figura 12. Espécie exótica *Oreochromis niloticus*



Figura 13. Espécie exótica *Hemiodus immaculatus*

Tabela 3. Espécie mais abundante por local, com sua respectiva porcentagem. A,B,C,D, e E = Locais amostrais.

Espécie	A	B	C	D	E	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)
<i>O. niloticus</i>	0	0	0	75	7				90,3	
<i>H. gracilis</i>	11	28	6	0	0					
<i>H. immaculatus</i>	54	32	0	0	0	60	31			
<i>C. temensis</i>	6	5	3	0	0					
<i>S. insignis</i>	1	3	14	0	0					
<i>M.festivus</i>	5	0	1	0	0					
<i>B. cuvieri</i>	2	0	0	0	0					
<i>A. falcistrostris</i>	2	10	1	0	0					
<i>A. elongatus</i>	1	1	0	0	0					
<i>M. rubripinnis</i>	0	2	0	0	0					
<i>A. nuchalis</i>	0	4	0	0	2					
<i>P. laeviuscula</i>	0	1	0	0	0					
<i>G. proximus</i>	0	4	1	0	0					
<i>L. fasciatus</i>	0	1	0	0	0					
<i>B. lucius</i>	0	3	0	0	0					
<i>H. unimaculatus</i>	0	2	2	0	0					
<i>G. altifrons</i>	0	7	2	0	3					
<i>C. orinocensis</i>	0	0	1	0	0					
<i>R. vulpinus</i>	0	0	1	0	0					

<i>S. taeniurus</i>	0	0	21	0	4	21,2
<i>P. castelnaeana</i>	0	0	1	0	0	
<i>S. acuticeps</i>	0	0	7	0	8	
<i>R. myersii</i>	0	0	6	0	1	
<i>C. brasiliensis</i>	0	0	1	0	0	
<i>T. angulatus</i>	0	0	15	0	4	
<i>M. aureum</i>	0	0	2	0	0	
<i>S. aequifasciatus</i>	0	0	1	0	0	
<i>H. malabaricus</i>	0	0	1	0	0	
<i>C. meyeri</i>	0	0	8	0	0	
<i>H. langeanii</i>	0	0	4	0	0	
<i>A. laticeps</i>	0	0	0	0	10	19,2
<i>L. friderici</i>	0	0	0	0	4	
<i>S. fasciatus</i>	0	0	0	0	1	
<i>O. niger</i>	0	0	0	0	3	
<i>P. nattereri</i>	0	0	0	0	1	
<i>P. striolatus</i>	0	0	0	0	1	
<i>H. littorale</i>	0	0	0	3	0	
<i>P. guianensis</i>	8	0	0	0	0	
<i>P. pardalis</i>	0	0	0	5	1	
<i>L. cataphracta</i>	0	0	0	0	2	
Total	90	103	99	83	52	

O índice de diversidade de Shannon (H'), estimou a maior e a menor diversidade das assembleias de peixes nos locais C e D, com 2,51 e 0,38, respectivamente. O índice de Pielou (J), estimou o maior valor de equitabilidade, no local E, 0,89, e a menor ocorreu no local D, 0,34. O índice de dominância de Berger – Parker, estimou maior dominância das assembleias de peixes no local D, apresentando o valor 0,90, e o menor valor 0,19, foi encontrado no local E (Tabela 4).

Tabela 4. Local amostrado, H' = índice de diversidade de Shannon, J = índice de equitabilidade de Pielou, d = índice de dominância de Berger – Parker.

Local	H'	J	D
A	1,38	0,63	0,60
B	2,02	0,76	0,31
C	2,51	0,82	0,21
D	0,38	0,34	0,90
E	2,42	0,89	0,19

3.2 Parâmetros limnológicos

A maior concentração de oxigênio dissolvido (OD), foi encontrado no local E (foz do igarapé do Gigante), enquanto o local A (rio Tarumã-açu), apresentou

a menor concentração deste parâmetro 2,14 mg/L e 1,56 mg/L, respectivamente. O potencial hidrogenado (pH), apresentou o maior e o menor valor nos locais D e B (cachoeira alta do Tarumã e rio tarumã-açu), com 6,29 e 4,13 nesta ordem. Quanto a condutividade elétrica (CE), se observou variações extremas entre os locais C e A, (igarapé do Mariano e rio Tarumã-açu), 254 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. O maior valor da temperatura da água foi encontrado no local E (igarapé do gigante), enquanto o local A (rio Tarumã-açu) apresentou o menor valor deste parâmetro, 31,33 °C, e 27,55 °C, simultaneamente (Tabela 5).

Quanto a transparência da água o maior valor foi observado no local B (rio Tarumã-açu), 1,63 cm, enquanto o igarapé do Gigante (local E) apresentou o menor valor de transparência 0,55 cm. A amônia (NH_4^+), apresentou a maior e a menor variação nos locais E e C (igarapé do Gigante e igarapé do Mariano) 0,413 mg/L, e 0,059 mg/L, nesta ordem. O nitrito (NO_2^-), apresentou maior concentração no local E (igarapé do Gigante), 0,105 mg/L, e a menor ocorreu no local A (rio Tarumã-açu), 0,014 mg/L, os maiores valores de concentração de fósforo total (PT), foram observados no local D e E, 0,602 mg/L, 0,116 mg/L, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Locais das amostragens, parâmetros ambientais da BHTA, OD = oxigênio dissolvido, pH = potencial hidrogenado, CE= condutividade elétrica, °C = temperatura, Secchi = transparência, NH_4^+ = amônia, NO_2^- = nitrito, PT = fósforo total.

Local	OD (mg/L)	pH	CE (mS/cm)	°C	Secchi	NH_4^+ (mg/L ⁻¹)	NO_2^- (mg/L)	PT (mg/L ⁻¹)
A	1,56	4,62	8	27,55	1,60	0,101	0,014	0,116
B	1,74	4,13	8	28,86	1,63	0,059	0,015	0,491
C	2,10	5,89	254	29,95	1,10	0,117	0,020	0,383
D	2,11	6,29	245	29,11	1,11	0,166	0,058	0,602
E	2,14	5,29	95	31,33	0,55	0,413	0,105	0,578

Considerando a probabilidade do nível de significância a 5%, observou-se estatisticamente que a distância existente na composição e estrutura das assembleias de peixes da BHTA, não se dá em função das distâncias geográfica (espaço) ($r = 0,1$ e $p = 0,5$). Da mesma forma, não foi observado influência das

variáveis ambientais e da tilápia do Nilo sobre as assembleias de peixes da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu ($r = 0,3$ e $p = 0,2$).

4 DISCUSSÃO

As assembleias de peixes amostradas na BHTA, são caracterizadas pela dominância das ordens Characiformes, seguido dos Siluriformes. Estes achados corroboram com diversos resultados que reportam a abundância destas ordens na Bacia Amazônica (ROBERTS, 1972; LOWE-MCCONNELL., 1987; REIS *et al.*, 2016). A adaptação das espécies pertencentes a estas ordens aos mais variados ambientes aquáticos ao longo dos tempos (WEITZMAN 1962; DE PINNA, 1993), possivelmente seja uma das razões de maior abundância das mesmas nestes locais. Quanto a maior abundância observada nas famílias Cichlidae e Hemiodontidae, provavelmente ocorra devido espécies pertencentes a primeira família, possuir cuidado parental, e hábitos territoriais (FERREIRA, 1981), enquanto as espécies da segunda família apresentam hábitos de nadar em cardumes (FINK e FINK, 1978). Estas características associadas as características físicas dos locais estudados como por exemplo canais rasos e estreitos podem ter contribuído para as capturas das espécies pertencentes a estas famílias.

As espécies *Hemiodus immaculatus*, seguido de *Oreochromis niloticus* apresentaram maior abundância nas assembleias de peixes amostradas na BHTA. Entretanto, analisando individualmente os locais amostrados, a espécie que apresentou maior abundância foi a tilápia do Nilo, isto se deu na Cachoeira Alta do Tarumã (local D), igarapé pertencente a zona urbana de Manaus, que se encontra com padrões limnológicos alterados. Esta abundância pode estar relacionada com o fato da tilápia do Nilo ser territorialista (LOWE-MCCONNEL, 2000), possuir plasticidade alimentar quando exposta em ambientes alterados e com escassez de alimento (TESFAHUN e TEMESGEN, 2018). Neste sentido, ambientes com padrões limnológicos alterados semelhantes ao do presente estudo, são favoráveis ao estabelecimento e aumento populacional da tilápia do Nilo em razão da sua rusticidade (ANJOS, 2007, GUARIDO *et al.*, 2014), o que pode se constituir uma ameaça a diversidade de peixes nativos (AGOSTINHO *et al.*, 2018).

Para região neotropical do qual faz parte a bacia do rio Negro é esperado que os valores da diversidade de Shannon das assembleias de peixes oscilem entre 2,46 e 4,74 (LOWE-MCCONNELL, 1999). Contudo, Goulding *et al.* (1988) reportam que as assembleias de peixes desta região só podem ser consideradas com alta diversidade quando apresentarem os valores de Shannon acima de 3.0. Neste sentido, a diversidade das assembleias de peixes amostradas na BHTA é baixa, uma vez que, o maior valor de Shannon encontrado foi de 2,51. Os baixos valores deste índice encontrados na BHTA, podem estar relacionados com o avanço das ações antrópicas que vêm contribuindo para variações nos parâmetros limnológicos, acarretando a redução da diversidade de peixes (CLETO FILHO e WALKER, 2001; SILVA, 2016; ANJOS *et al.*, 2022).

As ações antrópicas reportadas anteriormente também podem ser responsáveis pelo baixo valor de equitabilidade encontrado na Cachoeira Alta do Tarumã (local D). Entretanto, a uniformidade observada nas assembleias de peixes nos demais locais, possivelmente deu-se em razão do sistema de água preta ter como característica a ocorrência de grande número de espécies e reduzido número de exemplares, o que torna a abundância relativa muito próxima entre as espécies (MATTHEWS, 1998), ou ainda, por algumas destas espécies por exemplo *Symphysodon aequifasciatus*, *Triportheus angulatus* e *Hoplias malabaricus*, se adaptarem ao longo dos anos aos mais diversos tipos de variações ambientais (GOMES, 2002; SAINT-PAUL e SOARES, 1987; JUNK, *et al.*, 1997), e serem comumente encontradas em habitats semelhantes aos locais estudados (DA COSTA *et al.*, 2021).

Para a dominância de Berger-Parker, o maior valor estimado foi encontrado na Cachoeira Alta do Tarumã (local D), onde foi observado a dominância da tilápia do Nilo. Este achado demonstra a rusticidade desta espécie quando introduzida em habitats diferentes do seu de origem, mesmo quando estes ambientes não se encontram íntegros, semelhantes ao local D (ANJOS, 2007). Entretanto, cabe destacar que mesmo que a tilápia do Nilo não tenha apresentado maior valor de dominância na foz do igarapé do Gigante (local E), esta espécie já é a segunda mais abundante neste local. Esta dominância pode estar relacionada com tempo de estabelecimento da tilápia do Nilo nesses locais, uma vez que, o trabalho de Bittencourt *et al.* (2014) reportaram que após 8 ou 9 anos da introdução da tilápia do Nilo, na bacia do Igarapé de Fortaleza (Macapá-

AP, Amazônia oriental), curso d'água que se encontra com padrões limnológicos alterados, esta espécie já é mais abundante que 16 ciclídeos daquela região.

As alterações nos valores dos parâmetros limnológicos como oxigênio dissolvido, pH reportados no presente estudo, demonstram o aumento da poluição na BHTA, em razão do despejo *in natura* de efluentes domésticos e industriais, (SILVA *et al.*, 2020), e também atividades agrícolas nesta região (NODA, 2018). Quanto a condutividade elétrica, possivelmente as alterações observadas, estão relacionados com o aumento de nutrientes ricos em íons como por exemplo o fósforo que foi encontrado altos valores nos cinco locais amostrados fora do previsto pela resolução CONAMA 357/2005 para rios de água doce classe 2 (BRASIL, 2005). Também pode ser devido a composição de amônia e nitrito, que mesmo estando dentro dos padrões recomendados pelo CONAMA 357/2005, contribuem para o aumento do valor deste parâmetro. Cabe destacar, que estas alterações reportadas anteriormente além de contribuírem com aumento da poluição/eutrofização nestes locais (SILVA *et al.*, 2016), também podem favorecer o estabelecimento e dispersão da tilápia do Nilo na BHTA (ANJOS, 2022).

Quanto as análises estatísticas, considerando um p-valor de 0,05%, não se observou influência das distâncias das pisciculturas na composição e na estrutura das assembleias de peixes da BHTA. Da mesma forma não foi encontrado influência das variáveis limnológicas e da tilápia do Nilo sobre as assembleias de peixes nativos desta bacia hidrográfica. Os achados destacados anteriormente, contrapõem diversos trabalhos que demonstraram que as pisciculturas, as alterações nos parâmetros limnológicos e a tilápia do Nilo, influenciam na composição e na estrutura das assembleias de peixes nativos (ATTAYDE *et al.*, 2011; FORNECK *et al.*, 2021). Aumentando a preocupação diante do exposto, esta espécie já é a segunda mais abundante a menos de 500 metros do rio Negro que é um dos principais tributários do rio Amazonas, não o bastante diversos piscicultores cultivam ilegalmente a tilápia do Nilo, como uma espécie forrageira. Portanto, mesmo não se observando influências das variáveis supracitadas, faz-se necessário novas pesquisas relacionadas ao tema visando proteção das assembleias de peixes nativos da BHTA.

5 CONCLUSÃO

A tilápia do Nilo, já se encontra introduzida e estabelecidas em várias zonas da BHTA. Entretanto, esta espécie ainda não exerce influência sobre composição e na estrutura das assembleias de peixes desta região, possivelmente isto se dê em razão do tempo de estabelecimento desta espécie na BHTA, uma vez que a tilápia do Nilo é cultivada em diversas pisciculturas. As ações antrópicas contemporâneas têm potencializado as variações nos parâmetros limnológicos e poderá provocar impactos tanto às assembleias de peixes nativos como à população que reside as margens desta bacia hidrográfica. Neste sentido, faz-se necessário a realização de novos estudos que vise monitorar o avanço da tilápia do Nilo e seu uso ilegal em pisciculturas, pois, esta espécie, já é a segunda com maior abundância entre as 15 espécies nativas capturadas na foz do igarapé do Gigante, situado a menos de 500 metros do rio Negro.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S. M.; GOMES, L. C. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 646-652, 2005.

AGOSTINHO, A. A.; VITORINO JÚNIOR, O. B.; PELICICE, F. M. Riscos ambientais do cultivo de tilápia em tanques redes. **Boletim SBI**, v. 124, p. 2-9, 2018.

ALBERT, J. S.; REIS, R. (Ed.). **Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes**. Univ of California Press, 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods of the Experimentation of Water and Wasterwater**. New York.21 ed. 2005.

ANJOS, H. D. B. Impactos da urbanização sobre as assembleias de peixes de igarapés de Manaus, Amazonas, Brasil: processos ecológicos e perspectivas de conservação. 2022.

ANJOS, H.D. B. DOS. Efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de igarapés da zona urbana de Manaus, Amazonas. 2007.

BARROS, Cimone. Criação de peixes exóticos no Amazonas trará prejuízos ambientais e econômicos. *In: Criação de peixes exóticos no Amazonas trará prejuízos ambientais e econômicos*. Amazonas- AM: INPA, 3 jun. 2016. Disponível em: <http://portal.inpa.gov.br/index.php/component/content/article?id=2511>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BARROS, F. G. N.; AMIN, M. M. Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 4, n. 1, 2008.

BELTRÃO, H., MAGALHÃES, E. R. S., DA COSTA, S. B., DE CASTRO LOEBENS, S., YAMAMOTO, K. C. Ictiofauna do maior fragmento florestal urbano da Amazônia: sobrevivendo ao concreto e à poluição. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 13, n. 2, p. 124-137, 2018.

BELTRÃO, H.; ZUANON, J.; FERREIRA, E. Checklist of the ichthyofauna of the Rio Negro basin in the Brazilian Amazon. **ZooKeys**, v. 881, p. 53, 2019.

BERGER, Wolfgang H.; PARKER, Frances L. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. **Science**, v. 168, n. 3937, p. 1345-1347, 1970.

BITTENCOURT, Luana Silva; SILVA, LMA; TAVARES-DIAS, M. Impact of the invasion from Nile tilapia on natives Cichlidae species in tributary of Amazonas River, Brazil. **Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 303-308, 2007.

BLACKBURN, T. M., ESSL, F., EVANS, T., HULME, P. E., JESCHKE, J. M., KUHN, I., KUMSCHICK, S.; MARKOVÁ, Z.; MRUGATA, A. NENTWIG, W.; PERGL, J.; RABITSCH, W. [...]; BACHER, S. A unified classification of alien species based on the magnitude of their environmental impacts. **PLoS biology**, v. 12, n. 5, p. e1001850, 2014.

BOESCH, Donald F. Challenges and opportunities for science in reducing nutrient over-enrichment of coastal ecosystems. **Estuaries**, v. 25, n. 4, p. 886-900, 2002.

BRABO, M. F., COSTA, M. M., PAIXÃO, D. J. D. M. R., COSTA, J. W. P., & VERAS, G. C. Potencial invasor de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em microbacias hidrográficas do Nordeste paraense, Amazônia, Brasil. **Magistra**, v. 27, n. 2, p. 227-234, 2015.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: [s. n.], 1988.

BRASIL. Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998. Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. **Presidência da República Federativa do Brasil**. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2519.htm. Acesso: 18/04/2020.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, 1997. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. 01/01/2021

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em 12/12/2021.

BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. "An ordination of the upland forest communities of southern wisconsin", **Ecological Monographs**, vol. 27, no. 4, pp. 325-349; 1957.

BRINKMANN, W.L.F., SANTOS, A.. Natural water in Amazonia.: Soluble calcium properties. *Acta Amazonica*, vol. 3. p. 33 a 40. 1973

BUENO, G. W., OSTRENSKY, A., CANZI, C., DE MATOS, F. T., ROUBACH, R. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2015.

BWANIKA, G. N., CHAPMAN, L. J., KIZITO, Y., BALIRWA, J. Cascading effects of introduced Nile perch (*Lates niloticus*) on the foraging ecology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Ecology of freshwater fish**, v. 15, n. 4, p. 470-481, 2006.

CAMBRAY, J. Ar. Impact on indigenous species biodiversity caused by the globalisation of alien recreational freshwater fisheries. **Hydrobiologia**, v. 500, n. 1, p. 217-230, 2003.

CARVALHO, L. N. História natural de peixes de igarapés amazônicos: utilizando a abordagem do conceito do rio contínuo. 2008. 142 f. Tese (Doutorado em Biologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2008.

CARVALHO, M. L. Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazônia, Brasil. **Acta amazonica**, v. 13, p. 715-724, 1983.

CASTILHO-BARROS, L., OWATARI, M. S., MOURIÑO, J. L. P., SILVA, B. C., SEIFFERT, W. Q. Viabilidade econômica da cultura da tilápia no sul do Brasil: um modelo de pequena fazenda. **Aquacultura**, v. 515, p. 734551, 2020.

CHAN, F. T., BEATTY, S. J., GILLES JR, A. S., HILL, J. E., KOZIC, S., LUO, D., [...]; COPP, G. H. Saindo do aquário: o comércio ornamental como vetor global de invasões de peixes de água doce. **Saúde e Gestão de Ecossistemas Aquáticos**, v. 22, n. 4, pág. 417-439, 2019.

CHARLES, H.; DUKES, J. S. Impacts of invasive species on ecosystem services. In: **Biological invasions**. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 217-237. 2008.

CLETO FILHO, S. E. N.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM-Amazônia Central. **Acta amazônica**, v. 31, p. 69-89, 2001.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA (2009). Resolução nº 413, de 26 de junho de 2009. **Estabelece normas e critérios para o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Brasília/DF.

COURTENAY Jr., W.R.; TAYLOR, J. N. Strategies for reducing risks from introductions of aquatic organisms: a philosophical perspective. **Fisheries**, v. 11, n. 2, p. 30-33, 1986.

DA COSTA, J. S., DE SOUSA RODRIGUES, L., DA SILVA, A. G. C., DA COSTA REIS, T., DE MELO, M. D. G. G., LIBERATO, M. A. R. Estado de conservação e qualidade da água em uma bacia hidrográfica periurbana na Amazônia Central. **Scientia Plena**, v. 17, n. 9, 2021.

DA SILVA, M. L.; DA SILVA COSTA, E. B.; DA SILVA, C. L. Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus-AM. 2013.

DAGOSTA, F. C.; DE PINNA, M. The fishes of the Amazon: Distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 2019, n. 431, p. 1-163, 2019.

DARWICH, A. J.; APRILE, F. M.; ROBERTSON, B. A. Variáveis limnológicas: contribuição ao estudo espaço-temporal de águas pretas amazônicas. **BioTupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro**

Amazônia Central. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p. 20-33, 2005.

DE PINNA, M. C. C. **Higher-level phylogeny of Siluriformes, with a new classification of the order (Teleostei, Ostariophys)**. City University of New York, 1993.

DE PINNA, M. C. C.; KIROVSKY, A. L. A new species of sand-dwelling catfish, with a phylogenetic diagnosis of *Pygidianops* Myers (Siluriformes: Trichomycteridae: Glanapteryginae). **Neotropical Ichthyology**, v. 9, p. 493-504, 2011.

DE PINNA, M., ZUANON, J., RAPP PY-DANIEL, L., PETRY, P. A new family of neotropical freshwater fishes from deep fossorial Amazonian habitat, with a reappraisal of morphological characiform phylogeny (Teleostei: Ostariophys). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 182, n. 1, p. 76-106, 2018.

DE VASCONCELOS, M. A., DE OLIVEIRA, M. A. F., JUNIOR, J. C. L., DA SILVA, S. C. P. ANÁLISE DO USO E DA COBERTURA DA TERRA DA BACIA DO TARUMÃ-AÇU: UM OLHAR PARA A SUSTENTABILIDADE. **Terceira Margem Amazônia**, v. 5, n. 13, 2019.

DOMINGOS, F. X. V. Contaminação da biota por mercúrio e metais pesados. **Anais da 61ª Reunião Anual da SBPC**, 2009.

ELTON, C. S. The reasons for conservation. In: **The ecology of invasions by animals and plants**. Springer, Boston, MA, 1958. p. 143-153.

ESTEVES, F. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 826 p, 2011.

FARIAS, E. U., LOEBENS, S. D. C., YAMAMOTO, K. C., SIQUEIRA-SOUZA, F. K., FREITAS, C. E. D. C., DOS ANJOS, H. B., MAGALHÃES, E. R. S. Assembleia de peixes em lagos do rio Quiuini, um tributário do rio Negro, Amazonas, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 7, n. 1, p. 74-81, 2017.

FERREIRA, Efreim Jorge Gondim. Alimentação dos adultos de doze espécies de Cichlideos (Perciformes, Cichlidae) do Rio Negro, Brasil. 1981.

FINK, W. I.; FINK, S.V. A Amazônia Central e seus peixes. **Acta Amazonica**, v. 8, p. 19-42, 1978.

FONSECA, O. J. M.; SALEM, J. I.; GUARIM, V.L. Poluição e autopurificação do rio Negro nas cercanias de Manaus. **Acta amazônica**, v. 12, p. 271-278, 1982.

FORNECK, S. C., DUTRA, F. M., DE CAMARGO, M. P., VITULE, J. R. S., CUNICO, A. M. Aquaculture facilities drive the introduction and establishment of non-native *Oreochromis niloticus* populations in Neotropical streams. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 9, p. 1955-1966, 2021.

FREHSE, F. D. A., BRAGA, R. R., NOCERA, G. A., & VITULE, J. R. S. Non-native species and invasion biology in a megadiverse country: scientometric analysis and ecological interactions in Brazil. **Biological Invasions**, v. 18, n. 12, p. 3713-3725, 2016.

FREITAS, E. P. Avaliação dos Coliformes nas Águas do Rio Negro, Balneários e ao Longo da Orla de Manaus/AM. In: **III Congresso de Iniciação Científica do INPA-CONIC**. 2014.

GAMA, C. S. A criação de tilápia no estado do Amapá como fonte de risco ambiental. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 3, p. 525-530, 2008.

GARCIA, M. Aspectos ecológicos dos peixes das águas abertas de um lago no arquipélago das Anavilhanas, Rio Negro, AM. **Unpublished MS Dissertation, INPA/UFAM, Manaus**, 1995.

GOLDSCHMIDT, T. **Darwin's dreampond: drama in Lake Victoria**. MIT Press, 1998.

GOLDSCHMIDT, T.; WITTE, F.; WANINK, J. Cascading effects of the introduced Nile perch on the detritivorous/phytoplanktivorous species in the sublittoral areas of Lake Victoria. **Conservation biology**, v. 7, n. 3, p. 686-700, 1993.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. **Methods for Chemical Analysis of Fresh Water**. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 160 p. (IBP Handbook, 8), 1971.

GOMES, Adriana Regina Chippari. Adaptações metabólicas dos ciclídeos aos ambientes hipóxicos da Amazônia. 2002.

GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L.; FERREIRA, E. J. G. Rio Negro. Rich life in poor water. 1988.

GOWER, J. C.; LEGENDRE, P. Metric and Euclidean properties of dissimilarity coefficients. **Journal of classification**, v. 3, n. 1, p. 5-48, 1986.

GOZLAN, R. E. Introduction of non-native freshwater fish: is it all bad?. *Fish and fisheries*, v. 9, n. 1, p. 106-115, 2008.

GUARIDO, P. C. P. Degradação ambiental e presença de espécies de peixes não nativas em pequenos igarapés de terra firme de Manaus, Amazonas. 2014.

GUBIANI, E. A., RUARO, R., RIBEIRO, V. R., EICHELBERGER, A. C. A., BOGONI, R. F., LIRA, A. D., [...]; DA GRACA, W. J. Non-native fish species in Neotropical freshwaters: how did they arrive, and where did they come from?. **Hydrobiologia**, v. 817, n. 1, p. 57-69, 2018.

GUIMARÃES, José Roberto; NOUR, Edson Aparecido Abdul. Tratando nossos esgotos: processos que imitam a natureza. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 1, n. 1, p. 19-30, 2001.

GUREVITCH, J.; PADILLA, D. K. Are invasive species a major cause of extinctions?. **Trends in ecology & evolution**, v. 19, n. 9, p. 470-474, 2004.

HALL, S. R.; MILLS, E. L. Exotic species in large lakes of the world. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 3, n. 1, p. 105-135, 2000.

HAVEL, J. E., KOVALENKO, K. E., THOMAZ, S. M., AMALFITANO, S., KATS, L. B. Aquatic invasive species: challenges for the future. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 147-170, 2015.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas—uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, n. 1, p. 73-84, 2018.

HOFFMAN, G. L.; SCHUBERT, G. Some parasites of exotic fishes. **Distribution, biology and management of exotic fishes.**, p. 233-261, 1984.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 12/12/2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. Brasil, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultado_s_definitivos.pdf. Acesso em: 10/05/2020.

ICKHAM, H. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, NY: Springer- Verlag New York. 2016.

ICMBIO/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1. ed. atual. Brasília,DF: [s. n.], 2018. v. VI.

JUNIOR, D. P. L., PELICICE, F. M., VITULE, J. R. S., AGOSTINHO, A. A. Aquicultura, política e meio ambiente no Brasil: Novas propostas e velhos equívocos. **Nat Conservação**, v. 10, n. 1, p. 88-91, 2012.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse conception river-floodplains systems. *Proceedings of the International Large River Symposium*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; SOARES, M. G. M.; BAYLEY, P. B. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 10, n. 2, p. 153-173, 2007.

JUNK, W. J.; SOARES, M.G. M.; SAINT-PAUL, U. The fish. **The central Amazon floodplain**, p. 385-408, 1997.

KOHLER, C. C.; COURTENAY, W. R. American Fisheries Society position on introductions of aquatic species. **Fisheries**, v. 11, n. 2, p. 39-42, 1986.

- KREBS, C. J. *Ecological Methodology*, (Harper & Row Publishers: New York.). 1989.
- KUBITZA, F.; CAMPOS, J. L. Aquicultura no Brasil. **Conquistas e Desafios. Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 150, p. 11-13, 2015.
- KUMAR, A. B. Exotic fishes and freshwater fish diversity. **Zoos' Print Journal**, v. 15, n. 11, p. 363-367, 2000.
- LACAZE, B.; DUDEK, J. ; PICARD, J. Grass gis software with qgis. **QGIS and generic tools**, v. 1, p. 67-106, 2018.
- LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Elsevier, 2012.
- LIMA, F. C.; SOARES, I. M. A new Moenkhausia (Actinopterygii: Characiformes: Characidae) from the upper rio Negro basin, Brazil. **Zootaxa**, v. 4461, n. 1, p. 69-76, 2018.
- LIMA, L. B., OLIVEIRA, F. J. M., GIACOMINI, H. C., LIMA-JUNIOR, D. P.. Expansion of aquaculture parks and the increasing risk of non-native species invasions in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 1, p. 111-122, 2018.
- LODGE, D. M., Stein, R. A., Brown, K. M., Covich, A. P., Brönmark, C., Garvey, J. E., & KLOSIEWSKI, S. P. Predicting impact of freshwater exotic species on native biodiversity: challenges in spatial scaling. **Australian journal of ecology**, v. 23, n. 1, p. 53-67, 1998.
- LOEBENS, S.C., FARIAS, E. U., YAMAMOTO, K. C. Diversidade de assembleias de peixes em floresta alagada de águas pretas da Amazônia Central. **Revista Scientia Amazonia**, v. 5, n. 1, p. 37-44, 2016.
- LÖVEI, G. L., LEWINSOHN, T. M., DIRZO, R., ELHASSAN, E. F. M., EZCURRA, E., DE OLIVEIRA FREIRE, C. A., [...]; BIOLOGICAL INVASIONS IN MEGADIVERSE REGIONS NETWORK. Megadiverse developing countries face huge risks from invasives. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 1, p. 2-3, 2012.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. The roles of tilapias in ecosystems. In: **Tilapias: biology and exploitation**. Springer, Dordrecht, p. 129-162, 2000.
- LOWE-MCCONNELL, R.H. **Ecological studies in tropical fish communities**. Cambridge University Press, p. 536, 1987.
- LOWE-MCCONNELL, Rosemary H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In: **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. p. 534-534, 1999.
- MACK, R. N., SIMBERLOFF, D., MARK LONSDALE, W., EVANS, H., CLOUT, M., BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000.

MACKERETH, F. J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. **Water Analysis: Some revised methods for Limnologists**. Freshwater Biological Association Cumbria. 121 p. 1978.

MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurement—Chapman and Hall. **London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras**, 1988.

MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton university press, 1988.

MARINHO, M. M. F.; LIMA, F. C. *Astyanax ajuricaba*: a new species from the Amazon basin in Brazil (Characiformes: Characidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 7, p. 169-174, 2009.

MARINHO, M. M., CAMELIER, P., & BIRINDELLI, J. L. Redescription of *Astyanax guianensis* Eigenmann 1909 (Characiformes: Characidae), a poorly known and widespread fish from the Amazon, Orinoco and Guiana Shield drainages. **Zootaxa**, v. 3931, n. 4, p. 568-578, 2015.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology**. 1998.

MCGEOCH, M.; JETZ, W.. Measure and reduce the harm caused by biological invasions. **One Earth**, v. 1, n. 2, p. 171-174, 2019.

MCNEELY, J. A. (Ed.). **Global strategy on invasive alien species**. IUCN, 2001.

MELO, E.G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos de geografia**, v. 5, n. 16, p. 40-47, 2005.

MELO, S.F.S.; ROMANEL, C. **Gestão de recursos hídricos no estado do Amazonas: o caso da bacia do Tarumã-Açu**. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MILARDI, M., ASCHONITIS, V., GAVIOLI, A., LANZONI, M., FANO, E. A., CASTALDELLI, G. Run to the hills: exotic fish invasions and water quality degradation drive native fish to higher altitudes. **Science of the Total Environment**, v. 624, p. 1325-1335, 2018.

MILLS, E. L., LEACH, J. H., CARLTON, J. T., SECOR, C. L. Exotic species and the integrity of the Great Lakes. **BioScience**, v. 44, n. 10, p. 666-676, 1994.

MILLS, E. L., LEACH, J. H., CARLTON, J. T., SECOR, C. L. Exotic species in the Great Lakes: a history of biotic crises and anthropogenic introductions. **Journal of Great Lakes Research**, v. 19, n. 1, p. 1-54, 1993.

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Plano de Desenvolvimento da Aquicultura Brasileira – 2015/2020**. Brasil. 2015. Disponível em: https://www.seafoodbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Plano_de_Desenvolvimento_da_Aquicultura-2015-2020.pdf. Acesso em: 17/04/2020.

NAYLOR, R. L.; WILLIAMS, S. L.; STRONG, D. R. Aquaculture--A gateway for exotic species. **Science**, v. 294, n. 5547, p. 1655-1656, 2001.

NODA, E. A. N. Agroecossistemas periurbanos no município de Manaus, Amazonas. 2018.

NOVERAS, J.; YAMAMOTO, K. C.; FREITAS, C. E. C. Uso do igapó por assembleias de peixes nos lagos no Parque Nacional das Anavilhanas (Amazonas, Brasil). *Acta Amazonica*, Amazonas, v. 42, n. 4, p. 567 – 572, 2012.

OKSANEN, J., KINDT, R., LEGENDRE, P., O'HARA, B., STEVENS, M. H. H., OKSANEN, M. J., SUGGESTS, M. A. S. S. The Vegan Package: Community Ecology Package, 10:719, 2007.

PADIAL, A. A., AGOSTINHO, Â. A., AZEVEDO-SANTOS, V. M., FREHSE, F. A., LIMA-JUNIOR, D. P., MAGALHÃES, A. L., [...]; VITULE, J. R. The "Tilapia Law" encouraging non-native fish threatens Amazonian River basins. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 1, p. 243-246, 2017.

PADIAL, A. A.; VITULE, J. R. S.; OLDEN, J. D. Preface: aquatic homogenocene—understanding the era of biological re-shuffling in aquatic ecosystems. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 18, p. 3705-3709, 2020.

PEIXE BR - Associação Brasileira da Piscicultura. Piscicultura brasileira, uma atividade em constante expansão. Brasil, 2019. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>. Acesso em: 21/04/2020.

PELICICE, F. M., AZEVEDO-SANTOS, V. M., VITULE, J. R., ORSI, M. L., LIMA JUNIOR, D. P., MAGALHÃES, A. L., [...] AGOSTINHO, A. A. Neotropical freshwater fishes imperilled by unsustainable policies. **Fish and fisheries**, v. 18, n. 6, p. 1119-1133, 2017.

PELICICE, F. M., VITULE, J. R. S., LIMA JUNIOR, D. P., ORSI, M. L., AGOSTINHO, A. A. A serious new threat to Brazilian freshwater ecosystems: the naturalization of nonnative fish by decree. **Conservation Letters**, v. 7, n. 1, p. 55-60, 2014.

PEREIRA, L. C. C., DIAS, J. A., DO CARMO, J. A., POLETTE, M. A zona costeira amazônica brasileira. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 9, n. 2, p. 3-7, 2009.

PETERSON, M. S., SLACK, W. T., BROWN-PETERSON, N. J., MCDONALD, J. L. Reproduction in nonnative environments: establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi watersheds. **Copeia**, v. 2004, n. 4, p. 842-849, 2004.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological economics*, v. 52, n. 3, p. 273-288, 2005.

PINEIRO, J.; MARTINEZ, J. GARCIA. P., ALONSO, J., DIAZ, C.; TABOADA, J. "Analysis and detection of outliers in water quality parameters from different automated monitoring stations in the Mino river basin (NWSpain)". **Ecological Engineering**, v. 60, p. 60-66, 2013.

PINTO, A. G. N., HORBE, A. M. C., SILVA, M. D. S. R. D., MIRANDA, S. A. F., PASCOALOTO, D., SANTOS, H. M. D. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta amazonica**, v. 39, p. 627-638, 2009.

PIRES, J.; PRANCE, G. The vegetation types of the Brazilian Amazon. 1985.

POZZETTI, V. C.; GASPARINI, M. R. P. A Inserção de Peixe Exótico Tilápia nos Rios do Estado do Amazonas: Prejuízos Ambientais à Panamazônia. In: **V Congresso Internacional de Direito Ambiental**. 2018.

PRATES, A. P. L.; DE AZEVEDO IRVING, M.. Conservação da biodiversidade e políticas públicas para as áreas protegidas no Brasil: desafios e tendências da origem da CDB às metas de Aichi. **Revista brasileira de políticas públicas**, v. 5, n. 1, p. 27-57, 2015.

PYSEK, P., HULME, P. E., SIMBERLOFF, D., BACHER, S., BLACKBURN, T. M., CARLTON, J. T., [...]; RICHARDSON, D. M. Scientists' warning on invasive alien species. **Biological Reviews**, v. 95, n. 6, p. 1511-1534, 2020.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2020.

REIS RE, A. J. S., DI DARIO F, M. M. M., PETRY P, ROCHA L. A. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of fish biology**, v. 89, n. 1, p. 12-47, 2016.

ROBERTS, Tyson R. Ecology of fishes in the Amazon and Congo basins. **BULL MUS COMP ZOOL**, VOL 143, NO 2, P 117-147, 1972., 1972.

ROCHA, G. D. S. R., KUCHAK, M. L., BIGUELINI, D., ROCHA, P. D., OLIVEIRA, L., LAGO, A. Viabilidade econômica em um sistema de produção do cultivo de tilápia: Um estudo de caso em uma propriedade rural. **Nucleus**, v. 17, n. 1, 2020.

SAINT-PAUL, U.; SOARES, G. M. Diurnal distribution and behavioral responses of fishes to extreme hypoxia in an Amazon floodplain lake. **Environmental Biology of Fishes**, v. 20, n. 2, p. 91-104, 1987.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 111-118, 2007.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. Peixes da bacia amazônica. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**, pgs. 345-373, 1999.

SANTOS, S. M.; OLIVEIRA, A. T.; ARIDE, P. H. R., MENDONÇA, F. P.; ZUANON, J. LIMA, J. P. Efeitos da piscicultura em canais de igarapés sobre a ictiofauna na Amazônia Central. 2018.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. Urbana, USA: University of Illinois Press, 1949.

SHYAM, R., SINGH, Y. N. (2014, December). Evaluation of eigenfaces and fisherfaces using bray curtis dissimilarity metric. **International Conference on Industrial and Information Systems ICIS** pp. 1-6; 2014.

SILVA, J. A. Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus. 2016.

SILVA, L. D. J., MENEGHETTI, G. A., PINHEIRO, J. O. C., DOS SANTOS, A. C., DA FONSECA, A. I. H., OSSAME, A. L. Agricultura familiar, desafios e oportunidades da Cooptarumã nas comunidades do Tarumã-Açu, Manaus, AM. 2020.

SIOLI, H. As águas da região do alto Rio Negro. 1956.

SIOLI, H.; Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. Boletim técnico do Instituto Agrônômico do Norte, Belém, n. 24. 1951

SIQUEIRA, L. F. Estudo hidrológico do efeito de barramento hidráulico no Rio Tarumã-Açu, Manaus-AM. 2019.

SOARES, M. G. M.; YAMAMOTO, K. C. Diversidade e composição da ictiofauna do lago Tupé. **Santos-Silva et al**, p. 181-197, 2005.

SOUZA, E. B. A comunidade de peixes como base para a avaliação da integridade biótica do rio Tarumã-Açu (Manaus-Amazonas). 2007.

SOUZA, R. C. C. L. DE; CALAZANS, S. H.; SILVA, Ed. P. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. **Ciência e cultura**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009.

TEDESCO, P. A., BEAUCHARD, O., BIGORNE, R., BLANCHET, S., BUISSON, L., CONTI, L., [...]; OBERDORFF, T. A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. **Scientific data**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2017.

THOMAZ, Sidinei M.; BINI, Luis Mauricio; BOZELLI, Reinaldo Luiz. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 1-13, 2007.

TORRES, P. R. S. Avaliação da qualidade da água de igarapés com criação de matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix e Agassiz, 1829) na zona rural de Rio Preto da Eva e Manaus-AM. 2017.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos. 631 p. **Soils and Sediments**, v. 2, n. 4, p. 216-222, 2008.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. Oficina de textos, 2016.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus *in natural waters*. **Marine chemistry**, v. 10, n. 2, p. 109-122, 1981.

VANNOTE, R. L. MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R., CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

VELLEND, M., HARMON, L. J., LOCKWOOD, J. L., MAYFIELD, M. M., HUGHES, A. R., WARES, J. P., SAX, D. F. Effects of exotic species on evolutionary diversification. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 22, n. 9, p. 481-488, 2007.

VITOUSEK, P. M., MOONEY, H. A., LUBCHENCO, J., MELILLO, J. M. Human domination of Earth's ecosystems. **Science**, v. 277, n. 5325, p. 494-499, 1997.

VITULE, J. R. S.. Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 4, n. 2, p. 111-122, 2009.

VITULE, J. R. S.; FREIRE, C. A.; SIMBERLOFF, Daniel. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. **Fish and Fisheries**, v. 10, n. 1, p. 98-108, 2009.

WEITZMAN, S. H. The osteology of *Brycon meeki*, a generalized characid fish, with an osteological definition of the family. **Stanford Ichthyol. Bull.**, v. 8, p. 1-77, 1962.

WELCOMME, R. L. (Comp.) International introductions of inland aquatic species. **FAO Fisheries Technical Paper (FAO)**, v. 294, n. 213, p. 328, 1988.

WELCOMME, R. L. International transfers of inland fish species. **Distribution, biology, and management of exotic fishes**, p. 22-40, 1984.

WELCOMME, Robin L. International measures for the control of introductions of aquatic organisms. **Fisheries**, v. 11, n. 2, p. 4-9, 1986.

WOLFF, W. J. Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many?. **Helgoländer Meeresuntersuchungen**, v. 52, n. 3-4, p. 393, 1998.

www.mma.gov.br/port/conana/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 8 out. 2021.

XIA, Y., ZHAO, W., XIE, Y., XUE, H., LI, J., LI, Y., [...] LI, X. Ecological and economic impacts of exotic fish species on fisheries in the Pearl River basin. **Management of Biological Invasions**, v. 10, n. 1, p. 127, 2019.

XU, H., DING, H., LI, M., QIANG, S., GUO, J., HAN, Z., [...]; WAN, F. The distribution and economic losses of alien species invasion to China. **Biological Invasions**, v. 8, n. 7, p. 1495-1500, 2006.

YAKUBU, A. F., NWOGU, N. A., APOCHI, J. O., OLAJI, E. D., ADAMS, T. E. Economic profitability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1757) in

semi flow through culture system. **Journal of Aquatic Science**, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2014.

YAMAMOTO, K. C. A estrutura de comunidades de peixes em lagos manejados da Amazônia Central. 2004.

YAMAMOTO, K. C.; FREITAS, C. E. C.; ZUANON, J.; HURD, L. E. Fish diversity and species composition in small-scale artificial reefs in Amazonian floodplain lakes: Refugia for rare species?. **Ecological Engineering**, p. 165–170, 2014.

CAPÍTULO II

PLASTICIDADE TRÓFICA DA TILÁPIA DO NILO NO IGARAPÉ DA CACHOEIRA ALTA DO TARUMÃ, BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-AÇU (AMAZONAS - BRASIL)

Marcos Antonio Repolho Ramos¹; Giulia Cristina dos Santos Lopes²; Carlos Edwar de Carvalho Freitas³

¹marcos.repolho@gmail.com; ²giuliacristinaa@gmail.com; ³freitasc50@gmail.com

RESUMO

A plasticidade trófica é um fator importante para avaliar a capacidade de uma espécie permanecer em um ambiente alterado ou ser introduzida em um novo ambiente. A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie que vem sendo introduzida ilegalmente em aquiculturas na porção central da Amazônia. O escape para o ambiente natural vem ocorrendo e já é possível encontrar exemplares em igarapés do entorno de Manaus, capital do estado do Amazonas. Este trabalho teve como objetivo investigar a dieta de *Oreochromis niloticus* no igarapé conhecido como Cachoeira Alta do Tarumã (Manaus, Amazonas, Brasil), um pequeno tributário do rio Tarumã-açu, impactado por ações antrópicas, a fim de avaliar sua capacidade de adaptação aos itens alimentares disponíveis. Foram analisados 43 estômagos, através do grau de repleção, frequência de ocorrência (FO%), método volumétrico (V%) e índice alimentar (IAi). A espécie foi identificada como detritívora com tendência a herbívora. Entretanto, foi identificado plástico na dieta desta espécie indicando hábitos generalista e oportunista, quando inserido em habitats com baixa oferta de alimento.

Palavras-chave: Hábito Alimentar; Conteúdo Stomacal; *Oreochromis niloticus*; Cachoeira Alta do Tarumã.

CHAPTER II

TROPHIC PLASTICITY OF NILE TILAPIA IN THE CACHOEIRA ALTA DO TARUMÃ STREAM, TARUMÃ-AÇU HYDROGRAPHIC BASIN (AMAZON RIVER, BRAZIL)

Marcos Antonio Repolho Ramos¹; Giulia Lopes²; Carlos Edwar de Carvalho Freitas³

1marcos.repolho@gmail.com; 2giuliacristinaa@gmail.com; 3freitasc50@gmail.com

ABSTRACT

Trophic plasticity is an important factor in assessing the ability of a species to remain in an altered environment or its ability to be introduced into a new environment. The Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a species that has been illegally introduced into aquaculture in the central portion of the Amazon. Its escape to the natural environment has been occurring and it is already possible to find specimens in streams around Manaus, capital of the state of Amazonas. This study aimed to investigate the diet of *Oreochromis niloticus* in the stream known as Cachoeira Alta do Tarumã (Manaus, Amazonas, Brazil), a small tributary of the Tarumã-açu River that has been impacted by anthropogenic actions, in order to evaluate its ability to adapt to available food items. A total of 43 stomachs were analyzed via their degree of repletion, frequency of occurrence (FO%), the volumetric method (V%) and the food index (IAi). The species was identified as being detritivorous with a tendency to herbivore. However, plastic was identified in the diet of this species, which indicates generalist and opportunistic habits when inserted in habitats with a low supply of food.

Keywords: Feeding Habits; Stomach Contents; *Oreochromis niloticus*; Cachoeira Alta do Tarumã.

6 INTRODUÇÃO

Os peixes são excelentes indicadores da qualidade do ambiente (KARR 1981, SMITH *et al.*, 1997; Araújo, 1998), pois a partir da identificação dos conteúdos estomacais das espécies é possível compreender a oferta de alimento existente nos habitats (WOOTTON, 1990). Entender a dinâmica trófica de peixes e as interações específicas desses indivíduos, como: forrageio, comportamento, uso do habitat e ganho de energia, podem auxiliar a compreender estruturas ecológicas (ROSS, 1986; GARVEY, 1998; BONATO *et al.*, 2012; GANDINI *et al.*, 2012). Em regiões tropicais, mesmo existindo peixes especialistas quanto a dieta alimentar, a maioria da ictiofauna possui elevada plasticidade trófica (LOWE-MCCNELL, 1999), com variações ontogênicas e sazonais. A plasticidade trófica da ictiofauna pode estar relacionada a necessidade de adaptação por conta das variações sazonais, que influenciam à oferta de alimento e/ou características do habitat (ABELHA *et al.*, 2018).

A Bacia Amazônica, possui a mais extensa rede hidrográfica de água doce do planeta, (JUNK *et al.*, 2007; TEDESCO *et al.*, 2017). A Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu é formada por uma densa rede hidrográfica, situada na margem esquerda do Rio Negro, e o Igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã é um de seus tributários ((VASCONCELOS *et al.*, 2015; MELO e ROMANEL, 2017). Está localizado na periferia de Manaus e encontra-se impactado em razão de diversas ações antrópicas, que vêm ocorrendo em suas margens nas últimas décadas (PASCOALOTO *et al.*, 2009; SILVA, 2016).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), foi introduzida no Brasil, na década de 1970 (SILVA *et al.*, 2012), com o intuito de erradicar a fome na região Nordeste (BITTENCOURT *et al.*, 2014). Essa espécie apresenta hábitos agressivos e plasticidade trófica (MCKAYE *et al.*, 1995), o que facilita sua adaptação ao ser inserida em um novo habitat, mesmo quando este encontra-se eutrofizado (TEIXEIRA and ATTAYDE, 2015; CARDOSO, 2016). Diversos estudos identificaram a plasticidade trófica da tilápia do Nilo, em razão desta espécie se adaptar tanto em ambientes onde ocorre maior oferta de vegetais e fitoplanctons, característicos de águas rasas e rios lênticos (PICKER & GRIFFITHS, 2011; RUPINDER *et al.*, 2014; TESFAHUN and TEMESGEN, 2018), quanto ambientes com predominância de invertebrados, animais

bentônicos, óvulos maduros de peixes, zooplanktons e alimentos em suspensão (TREWAVAS, 1982; FAO, 2012; LEE *et al.*, 2018).

A plasticidade trófica e os hábitos alimentares generalista e oportunista são fatores determinantes para o estabelecimento de *O. niloticus*, em ambientes diferentes do seu local de origem, mesmo quando este apresenta baixa oferta de alimento e/ou se encontram impactados devido ações antrópicas (GERKING, 1994; PETERSON *et al.*, 2006). Além disso, a flexibilidade alimentar desta espécie proporciona aumento significativo de sua biomassa e consequentemente maior volume de excreção de nutrientes, contribuindo com a poluição dos corpos hídricos e extinção de espécies de peixes nativos (SILVA *et al.*, 2014; BITTENCOURT *et al.*, 2014). Nesse sentido, investigar o conteúdo estomacal de *O. niloticus*, além de servir para identificar os itens alimentares disponíveis no habitat, ajuda a compreender quão versátil se apresenta esta espécie quanto ao seu hábito alimentar (ABIDEMI-IROMINI, 2019). Diante do exposto, este ensaio tem por objetivo investigar a plasticidade trófica da tilápia do Nilo, no Igarapé Cachoeira Alta do Tarumã, (Manaus – Amazonas - Brasil).

7 MATERIAL E MÉTODOS

7.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã, 3°00'30.3"S e 60°03'19.2"W, zona Oeste da cidade de Manaus, afluente do rio Tarumã-açu, que é um rio localizado na região periurbana deste município, e um dos tributários da margem esquerda do rio Negro (MELO e ROMANEL, 2017) (Figura 1). O rio Tarumã-açu, vem sendo impactado por diversas ações antrópicas ao longo das últimas décadas (SANTANA e BARRONCAS, 2007; DE VASCONCELOS *et al.*, 2019). Uma parte da rede hidrográfica do rio Tarumã-açu recebe o escoamento do chorume do aterro sanitário localizado na rodovia AM-010 km 19 e também esgotos sanitários sem tratamento provenientes de moradores das margens do rio e seus afluentes, e bairros residenciais adjacentes (SANTOS *et al.*, 2006).

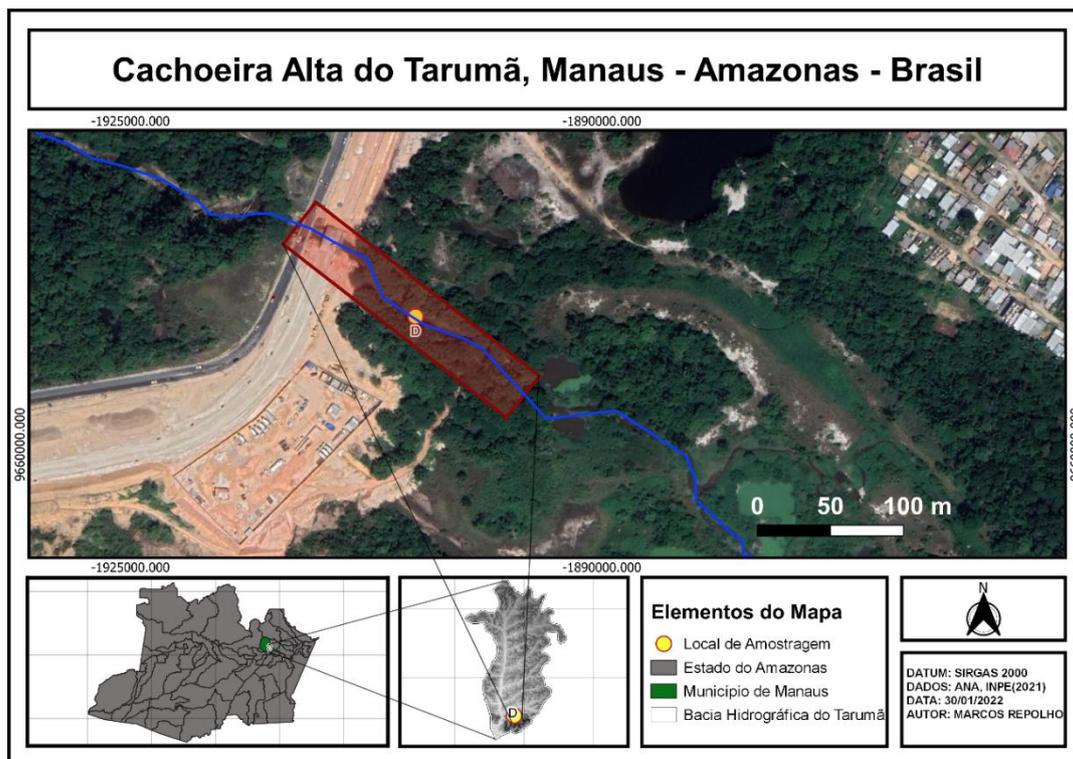


Figura 1 - Localização da Cachoeira Alta do Tarumã, local de amostragem, Estado do Amazonas, município de Manaus, Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu.

7.2 COLETA DE DADOS

A captura dos espécimes de *O. niloticus* ocorreu no mês de outubro de 2021, que corresponde ao período de seca na região Amazônica. Foram utilizadas baterias com 8 malhadeiras e 10 lances com uma tarrafa, o primeiro apetrecho possui dimensões de 20 m de comprimento x 2 m de altura (cada malhadeira), com malhas variando entre 20, 30, 40 e 50 mm entre nós opostos, o segundo possui 3 m de altura x 6 m de raio e malha de 40 mm entre nós opostos. Setenta e cinco exemplares de *O. niloticus* foram coletados e acondicionados em isopor com gelo, induzindo ao choque térmico e consequentemente a morte dos indivíduos. Posteriormente, os peixes foram transportados ao laboratório de Ecologia Pesqueira da Universidade Federal do Amazonas (UFAM/PIATAM). A referida pesquisa deu-se sob as licenças do SISBIO: 65838-5 e CEUA-UFAM: N. 012/2021.

7.3 ANÁLISE DOS DADOS

A biometria dos indivíduos foi realizada utilizando um ictiômetro e uma balança, considerando o comprimento total (Lt) e o comprimento padrão (Lp), em

centímetros, e o peso total (Wt), em gramas. Os espécimes foram eviscerados, e realizado a secção dos estômagos. Em seguida, foram obtidas medidas como: o peso do estômago cheio (Wec) e do peso do estômago vazio (Wev), em gramas, e o grau de repleção foi estimado usando a seguinte escala: 0%(vazio), 25%, 50%, 75% e 100%(cheio), (ZAVALA - CAMIN, 1996).

O conteúdo estomacal foi transferido para placas de Petri e utilizou-se um estereoscópio para auxiliar na visualização e identificação dos itens alimentares. A análise deu-se pelos métodos Frequência de ocorrência (FO%), que consiste no percentual de estômagos com ocorrência de determinado item alimentar, em relação ao total de estômagos com algum tipo de alimento, e o método Volumétrico (V%), expresso, pelo volume alimentar relativo em relação ao volume alimentar absoluto dos estômagos analisados (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980; ZAVALA - CAMIM, 1996). O índice alimentar, (IAi), foi estimado para determinar a importância relativa de cada item na dieta da espécie (KAWAKAMI e VAZZOLER, 1980).

Dos 75 indivíduos coletados foram selecionados 43 para analisar o estômago. Esta escolha deu-se por consideramos um “N” amostral significativo para este tipo de análise. Três indivíduos foram tombados no laboratório de ictiologia da UFAM com a seguinte identificação UFAM470.

8 RESULTADOS

O comprimento total (Lt) dos espécimes de tilápia variou entre 13 e 15,75 cm, o comprimento padrão (Lp) entre 10 e 12 cm. Enquanto o peso total (Wt) variou de 36,5 a 62,5 g. A composição na dieta dos espécimes de tilápia do Nilo foi constituída por detritos (D), material vegetal (MV), material digerido (MD) e plástico (P). A maior parte dos espécimes consumiu especialmente detritos e material vegetal, enquanto três destes indivíduos tinham plásticos como um item alimentar presente em sua dieta (Tabela 1).

Tabela 1. Variação do conteúdo estomacal da tilápia do Nilo, na Cachoeira alta do Tarumã. D = detritos; MV = material vegetal; MD = material digerido; P = plástico; EV = estômagos vazios.

Conteúdo estomacal	Número de Espécimes
D/MV	28
D/MV/MD	4
D/MV/MD/P	3

A maioria dos espécimes apresentaram grau de repleção de 25 %, apenas três estavam com o estômago completamente cheio (Tabela 2).

Tabela 2. Grau de repleção dos estômagos analisados da espécie exótica tilápia do Nilo, da Cachoeira Alta do Tarumã.

Números de Estômagos	Grau de Repleção
8	0%
28	25%
2	50%
2	75%
3	100%

Foi observado que 43% (Figura 2) dos estômagos de tilápias analisados estavam compostos por detritos (areia, pedra, matéria orgânica em decomposição) (Figura 3) e material vegetal (galhos, folhas, raízes) como parte de sua da dieta alimentar (Figura 4) respectivamente. Enquanto 9% dos espécimes apresentaram material digerido em seus estômagos, contudo, não foi possível determinar o tipo de material (Figura 5). A presença de plástico foi observado em pelo menos 5 % dos estômagos analisados (Figura 6).

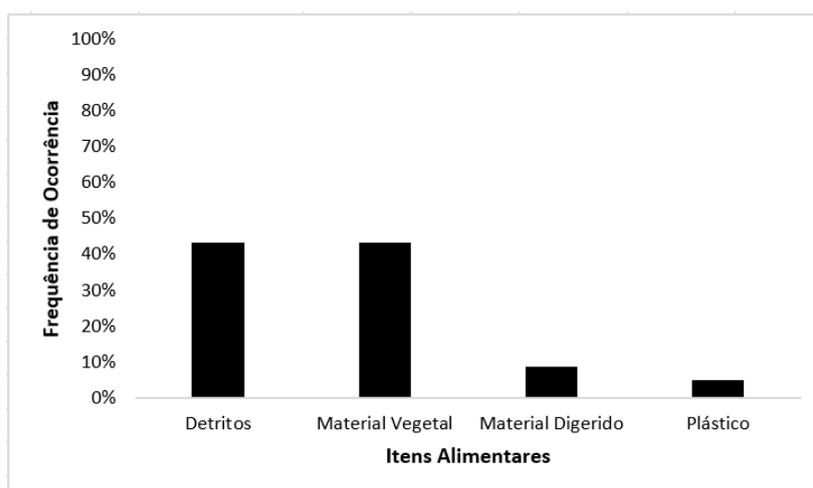


Figura 2. Frequência de ocorrência (FO%) dos itens a alimentares nos estômagos analisados.



Figura 3. Detritos = areia, pedra, matéria orgânica em decomposição.



Figura 4. Material vegetal = galhos, folhas, raízes e sementes.



Figura 5. Material digerido = material não identificável.



Figura 6. Plástico = micro plástico, saco plástico e fio plástico.

Detrito (D) foi o item alimentar que apresentou maior volume, seguido de material vegetal (MV), material digerido (MD) e plástico (P) (Tabela 3).

Tabela 3. Volume (%) dos itens alimentares presentes nos estômagos analisados da espécie exótica tilápia do Nilo, na Cachoeira Alta do Tarumã.

Detrito (%)	Material vegetal (%)	Material digerido (%)	Plástico (%)
72,28	25,57	1,42	0,71

Detrito foi estimado como o item alimentar de maior importância na dieta de *O. niloticus*, amostrada na Cachoeira Alta do Tarumã apresentando um percentual de (73,59%), seguido de material vegetal com (26,03%), material digerido com (0,29%) e plástico com (0,08%) (Figura 7). Neste sentido, a espécie estudada foi caracterizada como detritívora com tendência à herbívora.

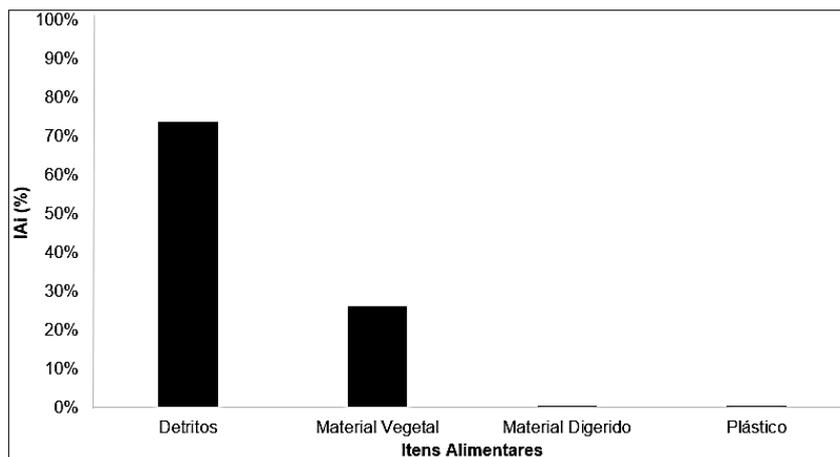


Figura 7. Preferência alimentar da espécie exótica tilápia do Nilo, da Cachoeira Alta do Tarumã.

9 DISCUSSÃO

A dieta alimentar da *O. niloticus* no igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã, é composta por detritos, material vegetal, material digerido e plástico. Isto indica que esta espécie possui estratégia alimentar generalista, demonstrando sua capacidade de adaptação em ambiente antropizado. Alam *et al.* (2015), analisando a dieta de tilápia do Nilo, no rio Yamuna, Índia, verificaram a presença dos mesmos itens alimentares evidenciando detrito como um dos itens predominantes na dieta desta espécie, comprovando sua plasticidade trófica em habitat eutrofizado e com baixa oferta de alimento. Nosso estudo também corrobora com as informações apresentadas por Cala e Bernal (1997), que encontraram hábitos alimentares semelhantes da tilápia no reservatório de Betânia, Colômbia, e também classificaram esta espécie como detritívora.

Abdulkhikim *et al.* (2015), investigando a dieta alimentar da tilápia no Nilo, no lago Alau, Nigéria, observaram grande variedade de itens alimentares como por exemplo algas, areia, lama, insetos, restos de peixes presentes no estômago desta espécie, contudo estes autores reportaram que a preferência alimentar da tilápia do Nilo naquele ambiente é por material vegetal. Esta Característica também é destacada por Moriarty e Moriarty (1973), ao investigarem a dieta alimentar desta espécie no lago de George, Uganda. Entretanto, Tesfahun e Temesgen (2018), classificaram esta espécie como onívora, após realizarem pesquisa em corpos d'água Etíopes, e identificarem que a maior parte dos itens alimentares que compõe a dieta da tilápia são fitoplâncton, macrófitas, insetos,

detritos e zooplâncton. Estes estudos, corroboram com nossos resultados confirmando, portanto, a plasticidade trófica da tilápia do Nilo.

Embora o plástico se apresente como item alimentar de menor quantidade na dieta de *O. niloticus*, é necessário maior atenção para este achado, visto que a população que reside no entorno do Igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã, alimentam-se desses peixes. Biginagwa *et al.* (2016) evidenciaram a presença de microplásticos na dieta alimentar da tilápia do Nilo e recomendaram a intensificação de estudos relacionados ao tema, uma vez que este indivíduo pode servir de vetor e transmitir este microrresíduo prejudicial à saúde humana. Pauly *et al.* (1998), ao realizarem estudos sobre cânceres em humanos observaram que este microresíduo pode contribuir para o desenvolvimento desta doença.

Diante do exposto observa-se que a plasticidade trófica da tilápia do Nilo reportada neste ensaio, provavelmente ocorre em função da adaptação dessa espécie nos mais variados ambientes, por exemplo com baixa oferta de alimentos e/ou eutrofizados (ATTAYDE *et al.*, 2011). Esta afirmação é confirmada por Shalloof e Khalifa (2009), que ao realizarem trabalho em um lago de mineração conhecido como Abu-Zabal, Egito, reportaram que em razão da baixa oferta de alimento neste habitat a maior proporção na dieta alimentar desta espécie é composta por algas, que é um item alimentar comumente encontrado em ambiente eutrofizado. Não o bastante, a tilápia do Nilo é uma espécie filtradora, e em locais com escassez de alimento pode constituir sua base alimentar de fitoplanctons e zooplanctons (DRENNER *et al.*, 1996). Neste sentido, a tilápia do Nilo amostrada na Cachoeira alta do Tarumã, também se apresenta com alta plasticidade trófica uma vez que demonstrou dieta variada neste habitat com padrões limnológicos alterados e com escassez de alimentos.

10 CONCLUSÃO

A tilápia do Nilo, amostrada no Igarapé da Cachoeira Alta do Tarumã, apresentou hábito alimentar detritívoro com tendência à herbívoro. As variações alimentares, demonstram a plasticidade trófica da *O. niloticus*, quando introduzida em ambientes antropizados e com pouco alimento disponível. Essa capacidade adaptativa reportada neste ensaio, aponta à necessidade de fiscalização rigorosas com intuito de evitar a introdução dessa espécie na bacia Amazônica,

uma vez que, o impacto sobre a ictiofauna nativa ainda é desconhecido. A presença de plástico encontrado nos estômagos de alguns exemplares de tilápia do Nilo indica a necessidade de se intensificar estudos relacionados ao tema, já que este peixe é ingerido por moradores da região constituindo-se, portanto, uma questão de saúde pública.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A espécie exótica tilápia do Nilo, está presente a menos de 500 m do rio Negro. No entanto, a composição e a estrutura das assembleias de peixes da Bacia Hidrográfica do Tarumã-açu, ainda não sofrem influência desta espécie, provavelmente isto esteja relacionado com o tempo de estabelecimento da tilápia neste ambiente. Nosso estudo demonstra que a plasticidade trófica e a rusticidade desta espécie podem potencializar seu aumento populacional. Neste sentido, faz-se necessário que novas pesquisas sejam realizadas à acompanhar o avanço populacional e físico (geográfico) desta espécie, visando tomadas de decisões que mitiguem seus impactos nas esferas ambientais, sociais e econômicas.

As variações encontradas nos parâmetros limnológicos não indicaram influência sobre as assembleias de peixes. Contudo é necessário intensificar pesquisas para acompanhar os impactos provocados em função das ações antrópicas na região estudada, pois este ambiente aquático já apresenta sinais de desequilíbrio. Quanto as pisciculturas, ainda que não se tenha encontrado influência destas sobre as assembleias de peixes, é importante que os órgãos fiscalizadores acompanhem as atividades aquícolas visando coibir possíveis cultivos ilegais da tilápia do Nilo.

Por fim, é válido reportar, que a tilápia do Nilo capturada na BHTA, vem sendo consumida e comercializada pela população local. Deste modo, é importante que novos estudos sejam realizados para investigar estas ações, em razão desta espécie está sendo coletada de ambientes eutrofizados, logo a tilápia do Nilo pode tornar-se um vetor transmissor de doenças à população local.

REFERÊNCIAS

- ABDELGHANY, A. E. (2020). Food and feeding habits of Nile tilapia from the Nile River at Cairo, Egypt. In *Fish Farming Technology* (pp. 447-454). CRC Press.
- ABDULHAKIM, A., ADDO, S., LAWAN, Z. A., & EBENEZER, A. Feeding habits and condition factor of *Oreochromis niloticus* in Lake Alau, Northeastern Nigeria. **Algae**, v. 32, p. 23-36, 2015.
- ABELHA, M. C. F., AGOSTINHO, A. A., GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. 2018.
- ABIDEMI-IROMINI, A. O. Assessment of stomach contents of *Oreochromis niloticus* from the Lagos Lagoon, Nigeria. **International Journal of Fisheries and Aquaculture**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2019.
- ALAM, A., CHADHA, N. K., JOSHI, K. D., CHAKRABORTY, S. K., SAWANT, P. B., KUMAR, T., SRIVASTAVA, K.; DAS, S. .C S.; SHARMA, A. P. Food and feeding ecology of the non-native Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in the River Yamuna, India. **Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 85, n. 1, p. 167-174, 2015.
- ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 547-558, 1998.
- ASSEFA, W. W., GETAHUN, A. (2015). The food and feeding ecology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Lake Hayq, Ethiopia. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 41(1-2), 55-65.
- ATTAYDE, J. L.; BRASIL, J.; MENESCAL, R. A. Impacts of introducing Nile tilapia on the fisheries of a tropical reservoir in North-eastern Brazil. **Fisheries Management and Ecology**, v. 18, n. 6, p. 437-443, 2011.
- BALIRWA, J. S. (1992). The evolution of the fishery of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Lake Victoria. *Hydrobiologia*, 232(1), 85-89.
- BIGINAGWA, F. J., MAYOMA, B. S., SHASHOUA, Y., SYBERG, K., KHAN, F. R. First evidence of microplastics in the African Great Lakes: recovery from Lake Victoria Nile perch and Nile tilapia. **Journal of Great Lakes Research**, v. 42, n. 1, p. 146-149, 2016.
- BITTENCOURT, L. S., SILVA, L., TAVARES-DIAS, M. (2014). Impact of the invasion from Nile tilapia on natives Cichlidae species in tributary of Amazonas River, Brazil. 2014.
- BONATO, K. O., DELARIVA, R. L., SILVA, J. C. D. Diet and trophic guilds of fish assemblages in two streams with different anthropic impacts in the northwest of Paraná, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 29, p. 27-38, 2012.
- CALA, P., BERNAL, G. Ecología y adaptaciones de la tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales-Caso embalse de Betania y

ciénaga de chilloa, sistema del río Magdalena, Colômbia. **Dahlia**, v. 2, p. 3-29, 1997.

CARDOSO, M. M. L. História de vida de tilápias e influências para pesca e estado trófico de em lagos e reservatórios tropicais. 2016.

CHEN, H., Li, J., YAN, L., CAO, J., LI, D., HUANG, G. Y., ... XIE, L. (2020). Subchronic effects of dietary selenium yeast and selenite on growth performance and the immune and antioxidant systems in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish & shellfish immunology*, 97, 283-293.

DE VASCONCELOS, M. A., DE OLIVEIRA, M. A. F., JUNIOR, J. C. L., & DA SILVA, S. C. P. Análise do uso e da cobertura da terra da Bacia do tarumã-açu: Um olhar para a sustentabilidade. **Terceira Margem Amazônia**, v. 5, n. 13, 2019.

DRENNER, R. W.; SMITH, J. D.; THRELKELD, S. T. Lake trophic state and the limnological effects of omnivorous fish. **Hydrobiologia**, v. 319, n. 3, p. 213-223, 1996.

GANDINI, C. V., BORATTO, I. A., FAGUNDES, D. C., POMPEU, P. S. Estudo da alimentação dos peixes no rio Grande à jusante da usina hidrelétrica de Itutinga, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 102, p. 56-61, 2012.

GARVEY, J. E., DINGLEDINE, N. A., DONOVAN, N. S., STEIN, R. A. Exploring spatial and temporal variation within reservoir food webs: predictions for fish assemblages. **Ecological Applications**, v. 8, n. 1, p. 104-120, 1998.

HYNES, H. B. N. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. **The journal of animal ecology**, p. 36-58, 1950.

HYSLOP, E.J. Análise do conteúdo do estômago – uma revisão dos métodos e sua aplicação. **Jornal de biologia de peixes**, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.

JUNK, W. J., SOARES, M. G. M., BAYLEY, P. B. Freshwater fishes of the Amazon River basin: their biodiversity, fisheries, and habitats. **Aquatic Ecosystem Health & Management**, v. 10, n. 2, p. 153-173, 2007..

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KAWAKAMI, E., VAZZOLER, G. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. **Boletim do Instituto oceanográfico**, v. 29, p. 205-207, 1980.

LOWE-MCCONNELL, R. H. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In: **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. 1999. p. 534-534.

MCKAYE, K. R., RYAN, J. D., STAUFFER Jr, J. R., Perez, L. J. L., Vega, G. I., VAN DEN BERGHE, E. P. African tilapia in Lake Nicaragua. **BioScience**, p. 406-411, 1995.

MELO, SFS; ROMANEL, C. **Gestão de recursos hídricos no estado do Amazonas: o caso da bacia do Tarumã-Açu**. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORIARTY, C. M., MORIARTY, D. J. W. Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in Lake George, Uganda. **Journal of Zoology**, v. 171, n. 1, p. 15-23, 1973.

NETO, J. R., REIS, G. P., VASCONCELOS, V. C., GUIMARÃES, I. M., SANTOS, E. L. Morfologia comparativa do trato digestório de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema semi-intensivo vs da pesca artesanal. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 3, n. 2, p. 19-24, 2018.

NJIRU, M., OKEYO-OWUOR, J. B., MUCHIRI, M., & COWX, I. G. (2004). Shifts in the food of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *African Journal of Ecology*, 42(3), 163-170.

PASCOALOTO, D., DA SILVA, M. D. S. R., PINTO, A. G. N., DE JESUS GONÇALVES, T., LINS, V. K. C., LINS, J. F., DA SILVA, R. K. ; TAKANO, E. E. A. Macroalgas e qualidade da água em três comunidades ribeirinhas na bacia do Tarumã-Mirim, Manaus (AM). 2009.

PAULY, J. L., STEGMEIER, S. J., ALLAART, H. A., CHENEY, R. T., ZHANG, P. J., MAYER, A. G., STRECK, R. J. Inhaled cellulosic and plastic fibers found in human lung tissue. **Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology**, v. 7, n. 5, p. 419-428, 1998.

PETERSON, M. S., SLACK, W. T., WAGGY, G. L., FINLEY, J., WOODLEY, C. M., & PARTYKA, M. L. Foraging in non-native environments: comparison of Nile Tilapia and three co-occurring native centrarchids in invaded coastal Mississippi watersheds. **Environmental Biology of Fishes**, v. 76, n. 2, p. 283-301, 2006.

ROSS, S. T. Resource partitioning in fish assemblages: a review of field studies. **Copeia**, p. 352-388, 1986.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM). **Acta Amazonica**, v. 37, p. 111-118, 2007.

SANTOS, I. N. D., HORBE, A. M. C., SILVA, M. D. S. R. D., MIRANDA, S. Á. F. (2006). Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes-AM. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 229-235, 2006.

SHALLOOF, K. A. S., KHALIFA, N. Stomach contents and feeding habits of *Oreochromis niloticus* (L.) from Abu-Zabal lakes, Egypt. **World Applied Sciences Journal**, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2009.

SILVA, J. A. D. Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus. 2016.

SILVA, R. D. D., ROCHA, L. O., FORTES, B. D. A., VIEIRA, D., FIORAVANTI, M. C. S. Parâmetros hematológicos e bioquímicos da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, p. 99-107, 2012.

SMITH, W. S.; BARRELLA, W; CETRA, M. Comunidade de peixes como indicadora de poluição. **Rev Bras Ecol**, v. 1, p. 67-71, 1997.

TEDESCO, P. A., BEAUCHARD, O., BIGORNE, R., BLANCHET, S., BUISSON, L., CONTI, L., CORNU, J. F.; DIAS, M. S.; GRENOUILLET, G.; HUNGUENY, B.; JÉZÉQUEL, C.; LEPRIEUR, F.; BROSSE, S.; OBERDORFF, T. A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. **Scientific data**, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2017.

TEIXEIRA, L. H., ATTAYDE, J. L. Efeitos sinérgicos entre peixes onívoros filtradores e enriquecimento por nutrientes sobre a biomassa de algas. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 27, n. 2, p. 223-227, 2015.

TESFAHUN, A., TEMESGEN, M. Food and feeding habits of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in Ethiopian water bodies: A review. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 6, n. 1, p. 43-47, 2018.

VASCONCELOS, M. D., DA COSTA, L. A., DE OLIVEIRA, M. A. F. Estudo da paisagem da Bacia Hidrográfica do Tatumã-Açú, Manaus, Amazonas, utilizando imagens de radar. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil**, v. 25, 2015.

WOOTTON, R. J. **Ecology of teleost fishes**. Springer Science & Business Media, 2012.

ZAVALA-CAMIN, Luis Alberto. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. 1996.