Revista Perquirere, vol. 23, n. 1: 615-633, 2026
© Centro Universitário de Patos de Minas
https://revistas.unipam.edu.br/index.php/perquirere

Análise de contaminação de peixes por microplásticos e agentes genotóxicos das lagoas urbanas de Patos de Minas

Assessment of fish contamination by microplastics and genotoxic agents in urban lagoons of Patos de Minas, Brazil

JULIANA SANTOS CAIXETA
Discente de Medicina Veterinária (UNIPAM)
julianascaixeta@unipam.edu.br

ELISA QUEIROZ GARCIA
Professora orientadora (UNIPAM)
elisaqg@unipam.edu.br

Resumo: Este estudo avaliou indicadores de contaminação em peixes de duas lagoas urbanas de Patos de Minas (MG), investigando a presença de microplásticos, genotoxicidade, mercúrio e a qualidade da água. Foram analisados 62 indivíduos pertencentes a sete espécies quanto à condição visual, ao conteúdo estomacal, à presença de micronúcleos e à concentração de mercúrio no tecido muscular. As análises microbiológicas e físico-químicas da água complementaram a avaliação ambiental. Os resultados evidenciaram baixa diversidade de espécies, alterações internas e parasitismo em alguns exemplares, um caso de ingestão de material sintético e a presença de micronúcleos, indicando efeitos genotóxicos. A concentração de mercúrio apresentou valores abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. A água revelou contaminação por coliformes e elevadas contagens de bactérias heterotróficas. Conclui-se que as lagoas apresentam indicadores de comprometimento ambiental e que o consumo dos peixes nelas capturados não é recomendado.
Palavras-chaves: biomagnificação, mercúrio, nematoides, qualidade da água, tumores.

Abstract: This study evaluated contamination indicators in fish from two urban lagoons in Patos de Minas, Minas Gerais, Brazil, investigating the presence of microplastics, genotoxicity, mercury, and water quality. A total of 62 individuals belonging to seven species were analyzed regarding visual condition, stomach contents, presence of micronuclei, and mercury concentration in muscle tissue. Microbiological and physicochemical analyses of the water complemented the environmental assessment. The results showed low species diversity, internal alterations and parasitism in some specimens, one case of synthetic material ingestion, and the presence of micronuclei, indicating genotoxic effects. Mercury concentrations were below the limits established by legislation. The water showed contamination by coliforms and high counts of heterotrophic bacteria. It is concluded that the lagoons present indicators of environmental impairment and that consumption of fish caught in these lagoons is not recommended.
Keywords: biomagnification; mercury; nematodes; water quality; tumors.

1 INTRODUÇÃO

A contaminação do ambiente por plástico e agentes genotóxicos, como pesticidas e outros compostos químicos, representa um problema crescente e uma ameaça à biodiversidade aquática (Barbosa, 2017). A degradação dos ambientes aquáticos compromete diferentes grupos de organismos, influenciando seu ciclo de vida e sua sobrevivência (Paiva *et al*., 2024).

A ingestão de partículas plásticas por peixes pode ocorrer tanto de forma acidental quanto intencional e está associada a impactos fisiológicos e comportamentais relevantes, como danos ao trato digestório, redução da absorção de nutrientes, falsas sensações de saciedade e alterações reprodutivas (Barbosa, 2017). De forma semelhante, a exposição a agentes genotóxicos pode induzir danos celulares, interferir na expressão gênica e comprometer a longevidade dos organismos afetados (Andrade *et al.*, 2018). Tais efeitos tornam-se ainda mais preocupantes quando se considera que o ser humano ocupa o topo de muitas cadeias alimentares e pode ingerir contaminantes bioacumulados nos tecidos musculares dos peixes consumidos (Andrade Neto, 2014).

Além dos riscos associados a plásticos e agentes genotóxicos, a presença de substâncias químicas e microrganismos patogênicos na água também pode comprometer a saúde da fauna e dos consumidores humanos. A Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, estabelece critérios mínimos de qualidade para o consumo de pescado, reforçando a importância de monitorar a integridade dos peixes destinados à população (Brasil, 1997). Dessa forma, pesquisas que integrem avaliação de contaminantes químicos, agentes genotóxicos e sanidade visual são essenciais para compreender os riscos envolvidos na ingestão desses animais e para subsidiar ações de vigilância sanitária.

A intensificação das atividades humanas no entorno de ambientes aquáticos urbanos tem ampliado a preocupação com a qualidade ambiental. Estudos recentes, como o de Wang *et al.* (2023), destacam que ambientes de visitação pública, incluindo lagoas recreativas, podem se tornar reservatórios de contaminantes, dada a interação direta entre fauna silvestre, animais domésticos e população humana. No município de Patos de Minas, a Lagoa Grande, a Lagoinha e a Lagoa do Parque do Mocambo figuram entre os principais ambientes urbanos que sustentam populações de peixes, aves e outros vertebrados, tornando-se áreas estratégicas para o monitoramento ambiental.

Nesse contexto, estudos que investiguem a presença de microplásticos, agentes genotóxicos e metais pesados, aliados à análise microbiológica e físico-química da água, são fundamentais para compreender riscos ecológicos e potenciais implicações para a saúde pública, sobretudo quando há interesse no consumo desses animais pela população local.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a contaminação de peixes das lagoas urbanas de Patos de Minas (MG), investigando a presença de microplásticos no conteúdo estomacal, danos genotóxicos por meio da análise de micronúcleos em eritrócitos e mercúrio nos tecidos musculares. Além disso, buscou-se caracterizar parâmetros microbiológicos e físico-químicos da água e verificar se os peixes atendem aos requisitos de qualidade para consumo humano, comparando-se as condições ambientais entre a Lagoa Grande e a Lagoa do Parque do Mocambo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em duas lagoas urbanas do município de Patos de Minas (Minas Gerais): a Lagoa Grande e a Lagoa do Parque do Mocambo, ambas situadas em regiões centrais da cidade e utilizadas intensamente pela população para lazer, prática esportiva e pesca amadora (Figura 1). Essas características conferem relevância ecológica e social a esses ambientes, justificando a necessidade de monitoramento de sua qualidade ambiental.

Figura 1: Localização das lagoas urbanas avaliadas no município de Patos de Minas, MG: Lagoa Grande e Lagoa do Parque do Mocambo.



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

A Lagoa Grande, também conhecida como Lagoa da Rodoviária (18°36'06.2"S; 46°31'11.6"W), apresenta lâmina d'água de aproximadamente 55.285,75 m², duas ilhas internas e pista de caminhada em seu entorno. Está inserida em área urbana densamente habitada, cercada por diversos bairros.

A Lagoa do Mocambo (18°35'03.4"S; 46°30'18.0"W) localiza-se no Parque Municipal do Mocambo, formado pelo barramento do córrego da Caixa d'Água. Esse parque abriga a Mata do Tonheco, fragmento florestal com nascentes e pequenas lagoas, o que lhe confere valor ecológico adicional.

Em estudo anterior, realizado há seis anos com metodologia semelhante (Pereira, 2019), também foi incluída a Lagoa da Lagoinha (18°34'45.8"S; 46°31'18.3"W), localizada no Parque João Luiz Redondo. Entretanto, no presente trabalho, essa lagoa não foi amostrada por estar em processo de revitalização pela Prefeitura Municipal de Patos de Minas durante o período de coleta.

2.2 COLETA DOS EXEMPLARES

Para a captura dos exemplares, foram obtidas as autorizações do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), sob o protocolo nº 123/19, e do Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA) de Patos de Minas, conforme Resolução nº 10/2024.

Foram coletados 62 indivíduos pertencentes a diferentes espécies, sendo 41 na Lagoa do Parque do Mocambo e 21 na Lagoa Grande, durante o mês de julho de 2024, nos períodos da manhã e da tarde. A captura foi realizada por meio de tarrafa, lançada a partir da margem em locais de maior probabilidade de ocorrência de cardumes, de modo a contemplar diferentes espécies e níveis tróficos. As tarrafas foram operadas apenas por pescadores licenciados com carteira profissional de pesca, colaboradores do CODEMA/Patos de Minas.

Após a captura, os peixes foram imediatamente submetidos à eutanásia *in loco*, seguindo as Diretrizes do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2015). Utilizou-se solução de eugenol a 283,55 mg/L, diluída em água, considerada um dos métodos recomendados por causar bloqueio neuromuscular rápido e minimizar dor e estresse nos animais. A confirmação da morte foi realizada pela ausência de movimentos operculares e de resposta a estímulos.

Na sequência, foi realizada a coleta de sangue pela região branquial ou intracardíaca para confecção de esfregaço sanguíneo em lâmina de vidro e, posteriormente, análise de micronúcleos. Os exemplares foram devidamente identificados, acondicionados sob refrigeração e encaminhados ao Laboratório de Biologia, Zoologia e Entomologia do UNIPAM para posterior triagem e análises complementares.

2.3 TRIAGEM DOS PEIXES

Os exemplares coletados foram encaminhados ao Laboratório de Biologia, Zoologia e Entomologia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) para triagem. Cada indivíduo foi identificado taxonomicamente até o nível de espécie, utilizando-se chaves de identificação específicas para peixes de água doce.

Durante a triagem, também foi realizada a identificação sexual dos indivíduos por meio da análise macroscópica das gônadas. Após o registro das informações, os peixes foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e mantidos sob refrigeração a 4 °C até a realização das análises de conteúdo estomacal e dos demais procedimentos laboratoriais.

2.4 ANÁLISE DE CONTEÚDO ESTOMACAL

A análise do conteúdo estomacal dos peixes foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Andrade *et al*. (2018), com adaptações. Após a triagem, cada indivíduo foi submetido a um corte longitudinal na região ventral para a remoção do estômago. Os estômagos foram pesados em balança analítica, abertos com tesoura cirúrgica, e o conteúdo foi depositado em placas de Petri previamente esterilizadas.

O material foi analisado sob estereomicroscópio, permitindo a identificação de itens alimentares naturais, como restos vegetais, fragmentos de invertebrados, grãos de ração, sementes, entre outros, e de possíveis materiais artificiais, como fragmentos plásticos e fibras sintéticas. As partículas suspeitas de origem plástica foram registradas e separadas para conferência.

Todos os instrumentos utilizados foram lavados e inspecionados entre as amostras para evitar contaminação cruzada. Ressalta-se que, por não ter sido realizada digestão química do conteúdo estomacal, a metodologia adotada possibilita a detecção apenas de fragmentos e fibras visíveis em estereomicroscópio, podendo subestimar a presença de microplásticos em tamanhos inferiores.

2.5 ANÁLISE DE MICRONÚCLEOS

A detecção de possíveis efeitos genotóxicos em peixes foi realizada por meio da análise de micronúcleos em eritrócitos. Para tanto, amostras de sangue foram coletadas pelas regiões branquial e intracardíaca, utilizando-se seringas estéreis descartáveis. De cada indivíduo, aproximadamente 40 μL de sangue foram aplicados em lâmina de vidro, sendo realizado esfregaço sanguíneo manual. Não foi utilizado anticoagulante, uma vez que o sangue foi imediatamente distendido sobre as lâminas. Foi confeccionada uma lâmina para cada peixe coletado, com identificação da lagoa — L para Lagoa Grande e M para Lagoa do Mocambo — e número de identificação do peixe (L1 a L21 e M1 a M12).

Após a secagem ao ar, as lâminas foram coradas com Giemsa a 10% e analisadas em microscópio óptico com objetiva de 100x. Para cada indivíduo, foram observadas 2.000 células nucleadas, contabilizando-se a frequência de micronúcleos em relação ao total de células examinadas. A presença de micronúcleos foi considerada quando os corpúsculos apresentavam formato circular ou oval, coloração e textura semelhantes às do núcleo principal, diâmetro inferior a 1/3 deste e ausência de conexão com ele.

Os resultados foram registrados por contagem direta e ilustrados por meio de registros fotográficos de campos representativos.

2.6 ANÁLISE DE MERCÚRIO EM TECIDOS MUSCULARES

Para avaliar a presença de mercúrio total (Hg) nos peixes, foram analisadas amostras de tecido muscular. Foram selecionados 15 indivíduos representativos das principais espécies coletadas, dos quais se retiraram aproximadamente 50 g de músculo por amostra. O material foi acondicionado em frascos estéreis devidamente identificados e mantido sob refrigeração até o envio ao Laboratório Sintezis, responsável pela execução da análise.

As determinações foram realizadas por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), metodologia que permite a quantificação precisa de metais em matrizes biológicas. Os resultados foram expressos em mg/kg e comparados com os limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira vigente para pescado destinado ao consumo humano.

2.7 POSSIBILIDADE DE CONSUMO DOS PEIXES DAS LAGOAS URBANAS DE PATOS DE MINAS

A verificação da possibilidade de consumo dos peixes coletados foi realizada com base nos critérios definidos pela Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que estabelece condições mínimas para o comércio e o consumo de pescado no Brasil. Entre os parâmetros avaliados, destacaram-se: escamas firmemente aderidas à pele; aparência isenta de manchas e colorações anormais; pele úmida e bem aderida; olhos salientes e brilhantes; brânquias com coloração entre rosa e vermelho intenso; e músculos firmes, elásticos e fortemente aderidos ao esqueleto.

As avaliações foram conduzidas logo após a captura, em ambiente de campo, seguindo um checklist adaptado da Portaria. Sempre que observadas alterações visuais relevantes, como deformidades ou lesões, os exemplares foram registrados por meio de documentação fotográfica.

2.8 ANÁLISE DE ÁGUA

A qualidade da água das lagoas foi avaliada em novembro de 2024, por meio de análises microbiológicas e físico-químicas. As amostras foram coletadas em triplicata, em frascos de vidro estéreis, diretamente da superfície, entre 20 e 30 cm de profundidade, utilizando-se luvas estéreis para evitar contaminação. Os frascos foram mantidos sob refrigeração, a aproximadamente 4 °C, e transportados ao Laboratório de Microbiologia do UNIPAM em até 6 horas após a coleta.

As análises microbiológicas contemplaram:

- Coliformes termotolerantes: detecção pelo método Aquatest, sendo a positividade indicada por mudança de coloração para amarelo após 24 horas de incubação a 35,5 °C, além de fluorescência sob luz UV para confirmação de *Escherichia coli*.
- Bactérias heterotróficas: quantificação em meio PCA, pela inoculação de 1 mL de amostra e incubação por 48 horas, seguida da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC).

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório ITAAL e incluíram: alcalinidade, por titulação com H_2SO_4; gás carbônico livre, por titulação com NaOH; hidrocarbonetos em fase livre, por detector digital; cloretos, por titulação com nitrato de prata; dureza total, por titulação com EDTA; pH, por potenciômetro e colorímetro; cor, por comparação visual; turbidez, por turbidímetro e nefelômetro; e temperatura, por termômetro. Além disso, as amostras foram avaliadas quanto à presença de mercúrio (Hg) por meio de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES).

Os parâmetros foram posteriormente interpretados à luz das legislações ambientais brasileiras, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, referente à classificação de corpos de água, e a Portaria GM/MS nº 888/2021, referente aos padrões de potabilidade, a fim de contextualizar os resultados obtidos.

2.9 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados no software estatístico RStudio, adotando-se nível de significância de $\alpha = 0,05$. A composição das comunidades de peixes entre as lagoas foi comparada por meio do índice de Similaridade de Jaccard, enquanto a diversidade específica foi estimada pelos índices de Shannon-Wiener (H') e Simpson (D), considerando o número de espécies e a abundância relativa de indivíduos. Valores mais elevados desses índices indicam maior biodiversidade.

A repleção estomacal foi avaliada pela classificação dos estômagos em escala de 0 a 3, sendo 0 = vazio e 3 = cheio, e foram calculadas as frequências relativas por espécie e por lagoa.

Para a análise de genotoxicidade, a identificação de micronúcleos em eritrócitos foi expressa como presença ou ausência por indivíduo, com base na observação de cada lâmina sanguínea. Esses resultados foram comparados entre as lagoas de forma descritiva.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo contemplam diferentes frentes de análise, de modo a atender aos objetivos propostos. Inicialmente, são apresentados os dados referentes à ictiofauna amostrada, incluindo composição de espécies, abundância e parâmetros biométricos. Em seguida, descrevem-se as condições gerais de qualidade dos peixes, bem como as análises específicas relacionadas ao conteúdo estomacal, à ocorrência de microplásticos e à frequência de micronúcleos em eritrócitos. Também são apresentados os resultados da determinação de mercúrio nos tecidos musculares e, por fim, as análises microbiológicas e físico-químicas da água das lagoas estudadas.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ICTIOFAUNA AMOSTRADA

Durante o período de coleta, realizado em julho de 2024, foram capturados 62 exemplares de peixes pertencentes a diferentes espécies, incluindo espécies exóticas, distribuídos entre as duas lagoas urbanas amostradas (Tabela 1). Na Lagoa do Mocambo, foram obtidos 41 indivíduos, representados por *Hoplias malabaricus* (traíra, n = 8), *Oreochromis niloticus* (tilápia, n = 27), espécie exótica, *Astyanax altiparanae* (lambari-do-rabo-amarelo, n = 5) e *Geophagus brasiliensis* (acará, n = 1). Já na Lagoa Grande, foram capturados 21 indivíduos, sendo *Hoplias malabaricus* (traíra, n = 2), *Oreochromis niloticus* (tilápia, n = 11), *Prochilodus lineatus* (curimbatá, n = 6), *Cichla ocellaris* (tucunaré, n = 1), espécie exótica, e *Hypostomus* sp. (cascudo, n = 1).

Tabela 1: Espécies de peixes coletadas nas lagoas urbanas de Patos de Minas (MG), com o número de indivíduos registrados na Lagoa Grande e na Lagoa do Mocambo, bem como o total de exemplares amostrados em cada espécie.

Espécie	Lagoa Grande	Lagoa Mocambo	Total
Astyanax altiparanae Garutti & Britski, 2000 (lambari)	0	5	5
Cichla ocellaris Bloch & Schneider, 1801 (tucunaré)	1	0	1
Hoplias malabaricus Bloch, 1794 (traíra)	2	8	10
Hypostomus sp. (cascudo)	1	0	1
Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758 (tilápia-do-Nilo)	11	27	38
Prochilodus lineatus Valenciennes, 1837 (curimbatá)	6	0	6
Geophagus brasiliensis Quoy & Gaimard, 1824 (acará)	0	1	1
Total	**21**	**41**	**62**

A amostragem revelou diferenças entre as lagoas quanto à composição da ictiofauna. A Lagoa do Mocambo apresentou maior abundância de tilápias (*O. niloticus*), que corresponderam a aproximadamente 65,8% dos indivíduos capturados nesse ambiente, enquanto a Lagoa Grande se destacou pela presença de curimbatás (*P. lineatus*), que representaram 30% das capturas (Figura 2).

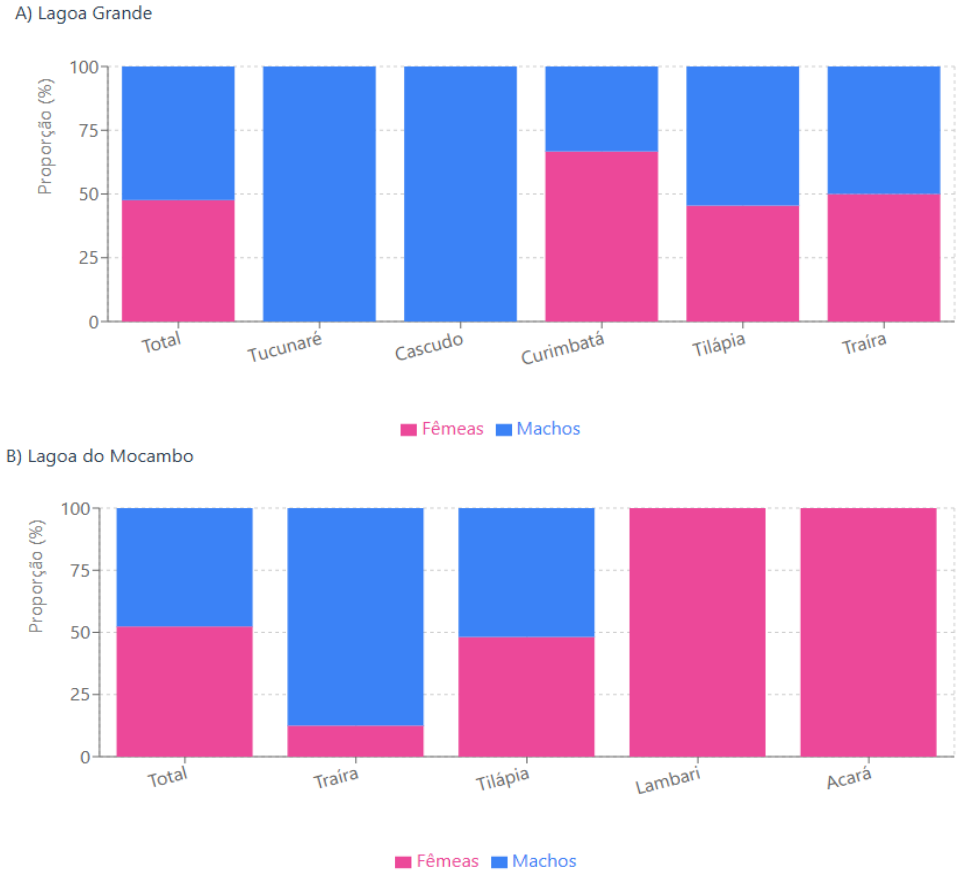
A diversidade foi estimada por meio dos índices de Shannon-Wiener (H') e Simpson (D), além do índice de similaridade de Jaccard, utilizado para comparar a composição entre as lagoas. A análise indicou que, embora ambas as lagoas compartilhem espécies comuns, como tilápia e traíra, cada uma apresentou espécies exclusivas, o que reflete particularidades ecológicas de cada ambiente (Tabela 2). O índice de similaridade de Jaccard entre a Lagoa Grande e a Lagoa do Mocambo foi de 0,286, indicando baixa similaridade na composição de espécies entre os dois ambientes, já que compartilham apenas *Hoplias malabaricus* (traíra) e *Oreochromis niloticus* (tilápia), enquanto as demais espécies foram exclusivas de cada lagoa.

Na Lagoa do Mocambo, a distribuição das espécies por sexo indicou que 52,38% dos indivíduos coletados eram fêmeas e 47,62%, machos. Entre as espécies, apenas 12,5% das traíras coletadas eram fêmeas; entre as tilápias, 48,15% eram fêmeas; e 100% dos lambaris e o único exemplar de acará coletado eram fêmeas. Já na Lagoa Grande, 47,6% dos indivíduos eram fêmeas e 52,4%, machos. Entre os exemplares coletados, o tucunaré e o cascudo eram machos; entre os curimbatás, 66,67% eram fêmeas e 33,33%, machos; entre as tilápias, 45,45% eram fêmeas e 54,55%, machos; e foram coletadas duas traíras, sendo uma fêmea e uma macho (Figura 2).

Tabela 2: Índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Simpson (D) calculados para as comunidades de peixes da Lagoa Grande e da Lagoa do Mocambo.

Lagoa	Índice de Shannon Wiener (H')	Índice de Simpson (D)
Lagoa Grande	1,238	0,645
Lagoa do Mocambo	0,941	0,513

Figura 2: Proporção relativa sexual de peixes coletados nas lagoas urbanas de Patos de Minas (MG). A) Lagoa Grande; B) Lagoa do Mocambo.



3.2 CONDIÇÃO VISUAL E AROMÁTICA DOS PEIXES

A avaliação visual dos exemplares, realizada de acordo com os critérios da Portaria MAPA nº 185/1997, demonstrou que, de modo geral, os peixes coletados apresentavam boa qualidade externa, com escamas aderidas, pele íntegra e brânquias de coloração adequada, embora o odor dos peixes estivesse desagradável. Além disso, foram registradas algumas alterações relevantes em indivíduos específicos.

Na Lagoa do Mocambo, um exemplar de *Oreochromis niloticus* (M9) apresentou uma protuberância anormal no lábio superior, sugestiva de formação tumoral (Figura 3). Ainda nessa lagoa, dois exemplares de *Hoplias malabaricus* (M8 e M11) exibiram cistos amarelados disseminados nos órgãos internos (Figura 4A e B) e parasitas nematoides alojados na cavidade celomática, os quais foram clarificados em ácido lático para visualização em microscópio e identificados como pertencentes à família Anisakidae e ao gênero *Contracaecum* sp.

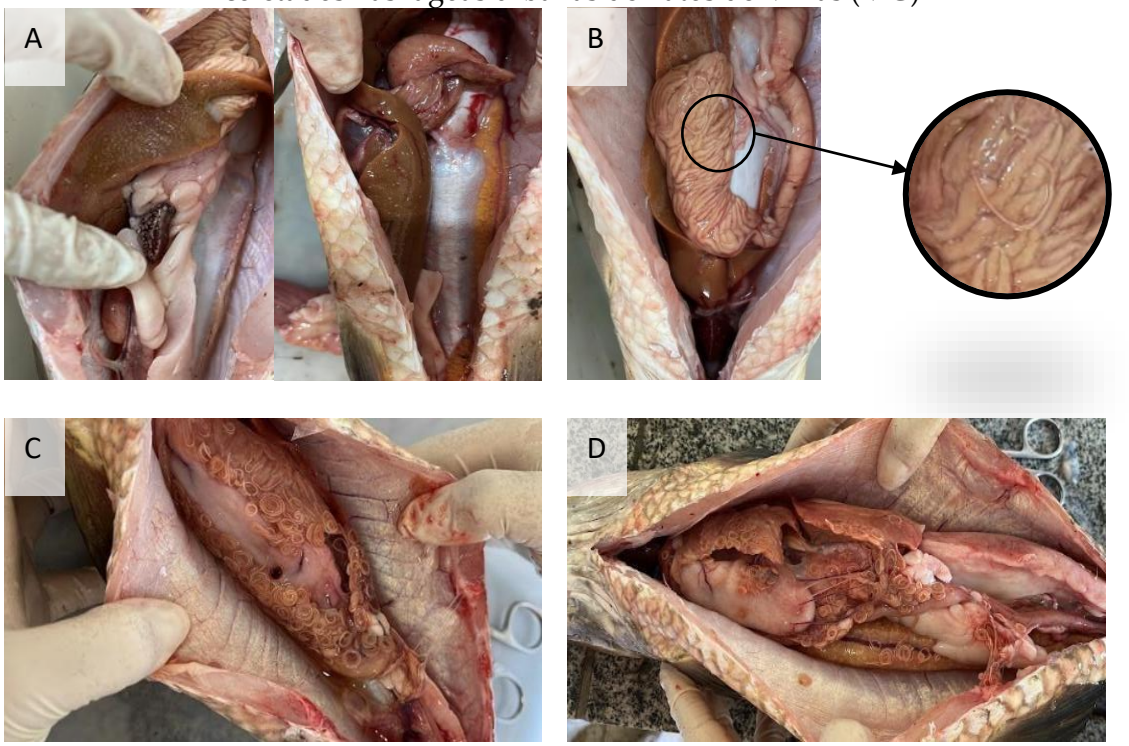
Na Lagoa Grande, foram observados parasitas nematoides em dois exemplares de *Hoplias malabaricus* (L19 e L20), localizados tanto na parede da cavidade celomática quanto sobre os órgãos internos (Figura 4, C e D).

Figura 3: *Oreochromis niloticus* (M9), coletado na Lagoa do Mocambo, apresentando protuberância tumoral no lábio superior.



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

Figura 4: Alterações internas e parasitismo em exemplares de *Hoplias malabaricus* coletados nas lagoas urbanas de Patos de Minas (MG)



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO ESTOMACAL

A análise do conteúdo estomacal permitiu verificar tanto o nível de repleção quanto a presença de itens naturais e artificiais ingeridos pelos peixes. Os estômagos foram pesados e classificados de acordo com a escala de repleção, variando de 0 (vazio) a 3 (cheio) (Tabelas 3 e 4).

De maneira geral, os peixes herbívoros e onívoros apresentaram conteúdos estomacais diversificados. Na Lagoa do Mocambo, foram identificados farelo de milho, sedimentos e até pena de ave, predominando estômagos classificados como cheios (grau

3). Já na Lagoa Grande, o conteúdo estomacal revelou pipoca, grãos de ração, frutos e sedimentos, refletindo forte influência antrópica sobre a dieta. Nos peixes carnívoros, como *Hoplias malabaricus* e *Cichla ocellaris*, foram observados vestígios de ossos e tecidos de outros peixes, além de indivíduos com estômagos vazios (grau 0). Destaca-se que apenas um indivíduo apresentou resíduo plástico: um exemplar de *Oreochromis niloticus* (M9), coletado na Lagoa do Mocambo, cujo conteúdo estomacal consistia em sedimentos e um fio de nylon, representando evidência de ingestão de material sintético (Figura 5).

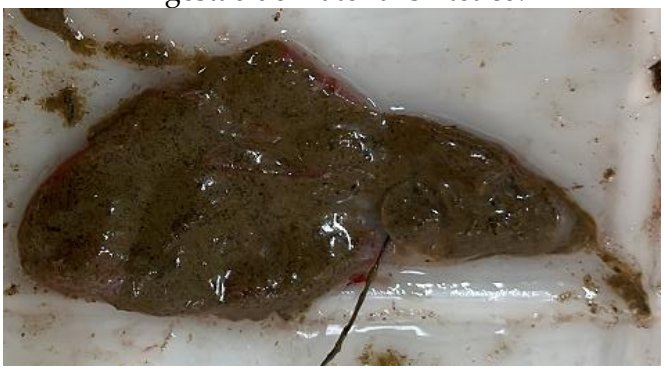
Tabela 3: Peso médio do estômago (g) e frequência relativa (%) dos graus de repleção (0 = vazio; 3 = cheio) dos peixes coletados na Lagoa Grande.

Espécie	Abundância	Peso médio do estômago (g) ± DP	Repleção 0 (%)	Repleção 1 (%)	Repleção 2 (%)	Repleção 3 (%)
Cichla ocellaris	1	2±0	0	100	0	0
Hoplias malabaricus	2	29±9,899	50	50	0	0
Hypostomus sp.	1	4+-0	0	0	100	0
Oreochromis niloticus	11	3,090±2,427	27,27	18,18	27,27	27,27
Prochilodus lineatus	6	5,333±1,505	0	0	0	100

Tabela 4: Peso médio do estômago (g) e frequência relativa (%) dos graus de repleção (0 = vazio; 3 = cheio) dos peixes coletados na Lagoa do Mocambo.

Espécie	Abundância	Peso médio do estômago (g) ± DP	Repleção 0 (%)	Repleção 1 (%)	Repleção 2 (%)	Repleção 3 (%)
Astyanax altiparanae	5	0,252±0,105	100	0	0	0
Geophagus brasiliensis	1	0±0	100	0	0	0
Hoplias malabaricus	8	14,375±5,974	62,5	25	12,5	0
Oreochromis niloticus	27	5,259±1,933	3,7	11,11	33,33	51,85

Figura 5: Conteúdo estomacal de *Oreochromis niloticus* (M9), coletado na Lagoa do Mocambo, evidenciando a presença de sedimentos e um fio de nylon, caracterizando ingestão de material sintético.



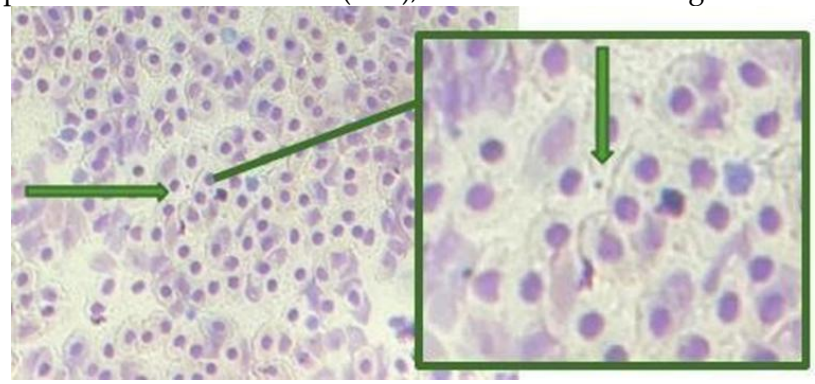
Fonte: arquivo dos autores, 2025.

3.4 ANÁLISE DE MICRONÚCLEOS EM ERITRÓCITOS

A análise de micronúcleos revelou a presença de alterações nucleares em eritrócitos de peixes coletados em ambas as lagoas, evidenciando efeitos genotóxicos compatíveis com a exposição a contaminantes ambientais.

As lâminas coradas com Giemsa apresentaram hemácias com micronúcleos distintos do núcleo principal, caracterizados por formato circular, coloração semelhante e diâmetro inferior a um terço do núcleo (Figura 6 e Tabela 5).

Figura 6. Hemácia de peixe (L17) coletado na Lagoa Grande, corada com Giemsa, apresentando micronúcleo (seta), evidenciando efeito genotóxico.



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

Tabela 5: Evidência de micronúcleos observados em eritrócitos de peixes coletados na Lagoa Grande e na Lagoa do Mocambo, Patos de Minas (MG).

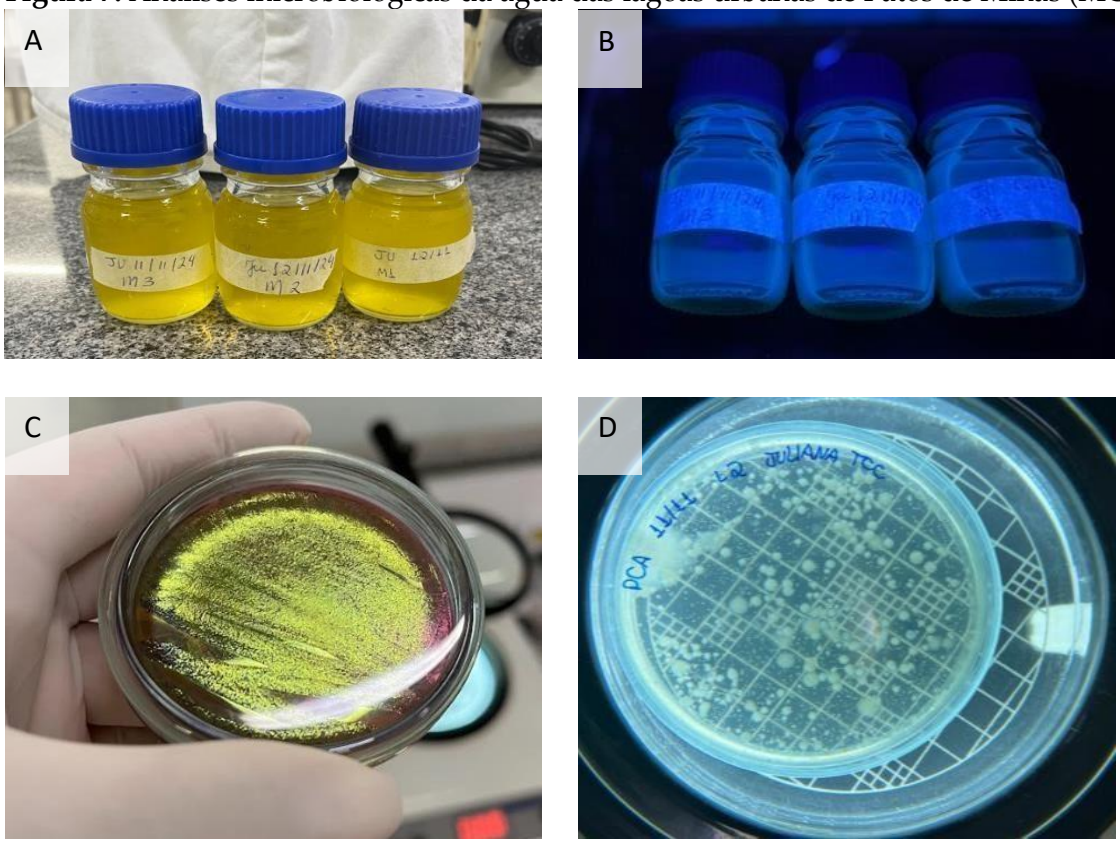
Espécie	N indivíduos Lagoa Grande	Micronúcleos Lagoa Grande	N indivíduos Lagoa Mocambo	Micronúcleos Lagoa Mocambo
Cichla ocellaris	1	Ausente	0	-
Hoplias malabaricus	2	Presente	8	Presente
Hypostomus sp	1	Ausente	0	-
Oreochromis niloticus	11	Presente	4	Presente
Prochilodus lineatus	6	Presente	0	-

3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os testes de triagem com Aquatest foram positivos em todas as amostras, confirmando a presença de coliformes termotolerantes (Figura 7A). Sob luz ultravioleta, observou-se fluorescência característica, indicando a presença de *Escherichia coli* (Figura 7B). O cultivo em meio EMB corroborou esse resultado, com formação de colônias típicas (Figura 7C).

A quantificação em meio PCA demonstrou maior densidade bacteriana na Lagoa Grande, especialmente na amostra L1 ($1,5 \times 10^4$ UFC), enquanto a Lagoa do Mocambo apresentou valores consideravelmente menores, com máximo de $3,2 \times 10^2$ UFC (Figura 7D e Tabela 6).

Figura 7: Análises microbiológicas da água das lagoas urbanas de Patos de Minas (MG)



Fonte: arquivo dos autores, 2025.

Tabela 6. Contagem de bactérias heterotróficas (UFC/mL) em amostras de água coletadas na Lagoa Grande e na Lagoa do Mocambo, Patos de Minas (MG).

Lagoa	Ponto de coleta	Unidades formadoras de colônia (UFC/mL)
Lagoa Grande	L1	$1,5x10^4$
Lagoa Grande	L2	$3,3x10^3$
Lagoa Grande	L3	$5,6x10^3$
Lagoa do Mocambo	M1	$1,2x10^2$
Lagoa do Mocambo	M2	$1,3x10^2$
Lagoa do Mocambo	M3	$3,2x10^2$

3.6 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As análises físico-químicas foram realizadas apenas para a Lagoa Grande no mês de agosto de 2025, uma vez que a Lagoa do Mocambo se encontrava em processo de reforma no período da coleta, impossibilitando o monitoramento de sua água. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 7, contemplando parâmetros como pH, turbidez, dureza, cloretos, alcalinidade, gás carbônico livre, cor e temperatura.

De modo geral, os valores observados na Lagoa Grande permaneceram dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas de classe 2 e pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para padrões de potabilidade. Entretanto, alguns parâmetros, como turbidez e sólidos dissolvidos, apresentaram valores mais elevados, o que pode estar associado ao intenso uso recreativo, à urbanização do entorno e à presença de aves aquáticas.

As análises de óleos e graxas de origem vegetal e animal, bem como de hidrocarbonetos, apresentaram valores inferiores a 10 mg/L em todos os pontos amostrais da Lagoa Grande. Esses resultados indicam que não há evidências de contaminação significativa da água por tais compostos.

Tabela 7: Resultados médios das análises físico-químicas da água da Lagoa Grande, Patos de Minas (MG), em comparação com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 2) e pela Portaria GM/MS nº 888/2021 para padrões de potabilidade.

Lagoa	média DP cor (UH)	Resultado médio DP Cloreto (mg\L)	Resultado médio DP Dureza Total (mg\L)	Resultado médio DP pH	Resultado médio DP Turbidez (UT)	Resultado médio DP Alcalinidade (mg\L)	Resultado médio DP Acidez (mg\L)
Lagoa Grande	3,33±1,18	5,55±0,60	33,99±1,23	5,9±0,08	8,87±5,52	43,78±3,36	0,88±0,07
CONAMA	≤ 75 mg Pt/L	Não há limite específico	Não há limite específico	6,0 – 9,0	≤ 100 UT	Não há limite específico	Não há limite específico
Portaria GM/MS nº 888/2021	≤ 15 uH	≤ 250 mg/L	≤ 500 mg/L	6,0 – 9,5	≤ 5 UT	Não há limite específico	Não há limite específico

3.7 ANÁLISE DE MERCÚRIO EM TECIDOS MUSCULARES

A análise de mercúrio (Hg) em tecidos musculares foi realizada em 15 exemplares de diferentes espécies coletadas nas duas lagoas urbanas. Em todas as amostras, os valores obtidos foram inferiores a 0,16 mg/kg, evidenciando ausência de contaminação significativa. De acordo com a legislação brasileira, Resolução RDC nº 42/2013 da ANVISA, e com os padrões internacionais estabelecidos pela FAO/OMS, o limite máximo permitido de mercúrio em pescado destinado ao consumo humano é de

0,5 mg/kg. Assim, os resultados indicam que os peixes analisados se encontram em conformidade com os parâmetros de segurança alimentar estabelecidos.

4 DISCUSSÃO

Houve diferenças em relação à composição e à diversidade das lagoas, com maior diversidade na Lagoa Grande (H' = 1,24; D = 0,65) do que na Lagoa do Mocambo (H' = 0,94; D = 0,51). Em estudo anterior, Pereira (2019) analisou 36 indivíduos distribuídos em três lagoas urbanas de Patos de Minas — Lagoa Grande, Lagoinha e Lagoa do Mocambo — e obteve índice de Shannon-Wiener (H') = 0,88 e índice de Simpson (D) = 0,44. O aumento dos índices com o passar do tempo pode indicar impacto antrópico sobre as lagoas, como, por exemplo, a introdução ilegal de espécies.

Esses resultados também refletem baixa diversidade e forte dominância de espécies exóticas, especialmente *Oreochromis niloticus*, fenômeno amplamente observado em ecossistemas próximos a centros urbanos submetidos à eutrofização e à simplificação trófica (Moyses; Brito; Santos, 2017).

Achados de parasitas e cistos em *Hoplias malabaricus* são compatíveis com a literatura que associa ambientes eutrofizados e urbanos à maior pressão parasitária e ao estresse sanitário em peixes, sinalizando risco e exigindo cautela sanitária (Cavalcanti, 2019). A presença de *Contracaecum* sp. em exemplares de *Hoplias malabaricus* indica contaminação ambiental e potencial risco zoonótico (Maggi *et al*., 2019). No entanto, a percepção de boa aparência externa em muitos indivíduos pode mascarar riscos microbiológicos e químicos, aspecto frequentemente relatado em avaliações sensoriais que, isoladamente, não asseguram inocuidade.

A presença de resíduos artificiais, como fio de nylon, ração e pipoca, evidencia pressão antrópica direta sobre a dieta, padrão já observado em rios e lagoas urbanas no Brasil. Andrade *et al.* (2018) documentaram a ingestão de plásticos e microplásticos por peixes de água doce e evidenciaram a presença de poliamida, poliéster e politereftalato de etileno, possivelmente provenientes de lixo e resíduos de pesca. Em conjunto, esses achados corroboram que lagoas urbanas funcionam como sumidouros de materiais sintéticos. Em contrapartida, a limitação do método empregado no presente estudo — inspeção sob estereomicroscópio, sem digestão química ou coloração — não permite detectar partículas muito pequenas e pode subestimar a ocorrência de microplásticos (Oliveira, 2023).

Em 2019, o estudo de Pereira já havia evidenciado micronúcleos em indivíduos coletados na Lagoinha e na Lagoa Grande, em Patos de Minas, MG. A detecção de micronúcleos novamente no sangue de indivíduos da Lagoa Grande, e agora também nos da Lagoa do Mocambo, pode indicar exposição a agentes genotóxicos. Todavia, é necessário realizar outras análises para que seja possível identificar esses agentes. Porto (2009) quantificou chumbo, cobre, cromato e outros agentes tóxicos acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA para águas de classes 1 e 2; ainda assim, a frequência de micronúcleos em eritrócitos dos peixes foi insignificante.

O presente estudo possibilitou a visualização de proporção sexual entre espécies encontradas nas lagoas urbanas de Patos de Minas, MG. Nesse contexto, os achados de origem antropogênica em conteúdo estomacal acusam a presença desses

resíduos nas lagoas estudadas e pode significar potencial de interferência endócrina, o que, a longo prazo, pode comprometer a fertilidade e o equilíbrio sexual das populações, conforme já observado em peixes expostos a compostos estrogênicos e resíduos agrícolas em outros ecossistemas brasileiros (Prado *et al.*, 2011; Noleto, 2023).

O mercúrio é um metal utilizado em lâmpadas, pilhas e equipamentos eletrônicos, que, quando descartados inadequadamente, podem atingir lagoas e outros corpos d'água. Na quantificação de mercúrio total em tecido muscular dos peixes, as concentrações inferiores a 0,16 mg/kg ficaram abaixo dos limites legais brasileiros, de 0,5 mg/kg para peixes não predadores (ANVISA, RDC nº 42/2013), e dos níveis de referência da FAO/OMS/Codex para mercúrio total em peixes, sugerindo ausência de risco toxicológico por Hg no cenário amostrado. Entretanto, baixos níveis de Hg não excluem a presença de outros metais, como cádmio, chumbo e cromo, ou de contaminantes orgânicos não avaliados.

Em estudo realizado por Loureiro *et al.* (2012), foi constatado que o acúmulo de sedimentos nos ambientes aquáticos funciona como reservatório de Hg depositado no ambiente, que pode ser consumido por peixes iliófagos ou detritívoros e, por meio da biomagnificação, atingir organismos de topo de cadeia.

As análises microbiológicas das águas das lagoas evidenciam a presença significativa de bactérias heterotróficas, incluindo coliformes totais e *Escherichia coli*, que são amplamente utilizados como indicadores de contaminação fecal. Santos e Lobo (2024) evidenciaram, em sua pesquisa, a presença de *E. coli* na água das lagoas do município de Feira de Santana, Bahia, e confirmou cepas multirresistentes aos antibióticos testados, colocando em pauta a urgência do tratamento e da gestão dos recursos hídricos do município.

No estudo realizado por Turial (2019), as contagens de bactérias heterotróficas variaram de $2{,}3 \times 10^2$ em período seco e $1{,}7 \times 10^3$ UFC/mL em período chuvoso, indicando influência direta das condições sazonais sobre a densidade microbiana. Além disso, verificou-se que os pontos de coleta localizados em áreas urbanizadas apresentaram as maiores concentrações de bactérias, evidenciando a influência antrópica sobre a qualidade da água. Esses resultados demonstram que a sazonalidade e a ocupação urbana são fatores determinantes na variação da microbiota aquática, achado que se assemelha aos padrões observados no presente estudo em Patos de Minas, MG.

Comparando-se as análises de água com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para recreação primária e secundária, e pela Portaria GM/MS nº 888/2021, observa-se que os valores da Lagoa Grande são mais preocupantes, pois estão acima dos parâmetros recomendados para *E. coli* em águas destinadas ao lazer, enquanto a Lagoa do Mocambo apresenta concentrações mais próximas do aceitável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou 62 peixes de sete espécies e identificou indicadores relevantes da qualidade dos peixes e da água das lagoas urbanas de Patos de Minas (MG). Os resultados demonstraram que as concentrações de mercúrio nos tecidos musculares permaneceram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, enquanto a presença de micronúcleos em eritrócitos revelou exposição dos peixes a agentes

genotóxicos em ambos os ambientes. Também foi registrada a ocorrência de nematoides do gênero *Contracaecum* em *Hoplias malabaricus* (traíra) e a presença de cistos disseminados em diferentes órgãos internos de alguns indivíduos.

A água da Lagoa Grande apresentou contaminação por coliformes e bactérias heterotróficas e valores reduzidos de pH, condições que podem favorecer o desenvolvimento de patógenos e impactar negativamente a fauna aquática. A análise de biodiversidade indicou que a Lagoa Grande possui maior diversidade quando comparada à Lagoa do Mocambo, resultado que pode estar associado tanto à estrutura física quanto ao uso diferenciado do ambiente por diferentes espécies.

Embora as lagoas urbanas avaliadas não tenham finalidade de pesca e possuam sinalização indicando a proibição dessa prática, observa-se que a captura de peixes ainda ocorre informalmente. Considerando os indicadores de impacto ambiental registrados neste estudo, como agentes genotóxicos, parasitas, cistos e contaminação microbiológica da água, o consumo de peixes provenientes desses ambientes não é aconselhável, reforçando riscos potenciais à saúde pública.

Os achados reforçam a importância da educação ambiental, da fiscalização e do monitoramento contínuo da qualidade da água nas lagoas urbanas, especialmente em áreas de uso recreativo e grande circulação de visitantes. Estudos futuros poderão incluir a avaliação de outros metais pesados, bem como análises de amônia, nitrito e nitrato, ampliando a compreensão do contexto ambiental desses ecossistemas e subsidiando medidas de gestão mais eficazes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. *et al*. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. **Environmental Pollution**, v. 244, p. 766–773, jan. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.088.

ANDRADE NETO, Gerson Fernandino de. **Ocorrência, distribuição e grau de poluição por pellets, lixo de praia e lixo bentônico nas praias do município de Salvador, Bahia, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufba.br/handle/ri/21545.

BARBOSA, A. C. B. **Efeitos ecotoxicológicos de microplásticos e outros contaminantes ambientais em *Daphnia magna*.** 2017. Dissertação (Mestrado em Toxicologia e Contaminação Ambientais) - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS), Universidade do Porto, Portugal, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: https://www.ana.gov.br/portalpnqa/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 185, de 13 de maio de 1997. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Peixe Fresco (inteiro e eviscerado). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 maio 1997. Disponível em: http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/portaria-185-1997.pdf

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 42, de 29 de agosto de 2013. Dispõe sobre o Regulamento Técnico MERCOSUL sobre Limites Máximos de Contaminantes Inorgânicos em Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 29 ago. 2013.Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0042_29_08_2013.html.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 maio 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html.

CAVALCANTI, L. D. **Relação parasito-hospedeiro-ambiente durante o ciclo de cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema semi-intensivo.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4600/1/LidianyDoretoCavalcanti.pdf.

CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. **Diretriz da prática de eutanásia do CONCEA.** 2015. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/institucional/concea/arquivos/legislacao/resolucoes_normativas/Resolucao-Normativa-n-37-Diretriz-da-Pratica-de-Eutanasia_siteconcea.pdf.

LOUREIRO, D. D. *et al*. Balanço do mercúrio numa lagoa costeira hipertrófica (Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro). **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 365–390, 2012. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8217.

MAGGI, L. E. *et al*. Estudo ictioparasitológico de espécies de ambientes lacustres artificiais da bacia hidrográfica do Igarapé Quinoá, Senador Guiomard, Acre, Brasil. **SAJEBTT**, v. 6, n. 2, p. 311–324, 2019. Disponível em: https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3063.

MOYSES, F. J. L.; BRITO, C. C. P.; SANTOS, R. A introdução da Tilápia do Nilo no município de Macapá-AP e suas implicações para os ecossistemas regionais. *In:* CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA**,** 1., 2017, Campinas. **Anais** [...] Instituto de Geociências UNICAMP, 2017. p. 1335–1340. Disponível em https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2157.

NOLETO, K. S**. Alterações reprodutivas e genotoxicidade em *Sciades herzbergii* (Bloch, 1794) associadas à poluição aquática na costa maranhense.** 2023. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia, Rede BIONORTE) Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023. Disponível em: https://www.bionorte.org.br/uploads/2024/p72/F855785977630.pdf.

OLIVEIRA, A. C. de P. **Avaliação de protocolos de digestão química para a caracterização de microplásticos no Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG.** 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023. Disponível em: https://locus.ufv.br//handle/123456789/32172.

PAIVA, T. de C. *et al*. Mercury concentrations and differences in isotopic niches of fish from upstream and downstream of an Amazon reservoir dam. **Ecotoxicology**, v. 33, p. 762–771, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10646-024-02776-6.

PEREIRA, P. K. **Análise de contaminação de peixes por microplásticos e agentes genotóxicos das lagoas urbanas de Patos de Minas, MG.** 2019. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2019.

PORTO, L. C. S. **Avaliação de metais pesados e micronúcleos em peixes da bacia hidrográfica Butuí-Icamaquã e análise da água.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2009. Disponível em: http://hdl.handle.net/10737/71.

PRADO, P. S. *et al*. Reproductive disruption in *Astyanax fasciatus* from a Southeastern Brazilian reservoir. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 74, n. 7, p. 1879–1887, out. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.07.017.

SANTOS, N. C. P.; LOBO, P. T. D. Qualidade microbiológica da água de lagoas e perfil de resistências antimicrobianas de *Escherichia coli* em Feira de Santana, Bahia. **Studies in Health Sciences**, v. 5, n. 3, p. e5795, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.54022/shsv5n3-003.

WANG, Y. *et al*. The global trend of microplastic research in freshwater ecosystems. **Toxics**, v. 11, n. 6, p. 539, jun. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/toxics11060539.