

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO

NATHALYA ALICE DE LIMA

**REFLEXOS DAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS: GENOTOXICIDADE EM
PEIXES NO MÉDIO RIO AQUIDAUANA, PANTANAL SUL**

DOURADOS/MS
2021

NATHALYA ALICE DE LIMA

**REFLEXOS DAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS: GENOTOXICIDADE EM
PEIXES NO MÉDIO RIO AQUIDAUANA, PANTANAL SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientadora: Profa. Dra. Alexeia Barufatti
Área de concentração: Mutagênese

Aprovado em 19/10/2021

BANCA EXAMINADORA



Alexeia Barufatti
Presidente



Lucilene Finoto Viana
Membro



Ricardo Henrique Gentil Pereira
Membro

**DOURADOS/MS
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L732r Lima, Nathalya Alice De

Reflexos das atividades antropogênicas: genotoxicidade em peixes no médio Rio Aquidauana, Pantanal Sul [recurso eletrônico] / Nathalya Alice De Lima. -- 2021.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Alexeia Barufatti.

TCC (Graduação em Ciências Biológicas)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. qualidade hídrica. 2. contaminação. 3. alterações nucleares. I. Barufatti, Alexeia. II. Título.

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

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais Pedrino e Luzinete por serem minha base, pelo apoio e incentivo, aos meus irmãos Maygda, Flavia (*in memorian*) e Eduardo pelo companheirismo e apoio.

Agradeço a Dra. Alexeia Barufatti pela orientação, parceria e ensinamentos proporcionados.

Agradeço ao Dr. Bruno do Amaral Crispim pelos anos de parceria, orientação e todos os ensinamentos proporcionados.

Agradeço a Dra. Lucilene Finoto Viana pelas oportunidades, conhecimentos e incentivos concedidos.

Agradeço aos meus colegas do LECOGEN – Laboratório de Ecotoxicologia e Genotoxicidade pelo companheirismo.

Agradeço ao Programa de Educação Tutorial de Ciências Biológicas pela bolsa concedida e os aprendizados proporcionados.

Agradeço ao meu companheiro de todos os momentos Alexandre, por todo apoio, incentivo e compreensão.

Agradeço a minha amiga Ana Clara por todos esses anos de amizade e todos os momentos vividos juntas.

RESUMO

O Pantanal é o bioma com uma das maiores áreas alagadas do mundo, possuindo grande biodiversidade, sendo anualmente inundado pela Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai, onde o Rio Aquidauana é um de seus principais afluentes. O Rio Aquidauana tem a função de abastecimento de vários municípios, fonte econômica e turística, entretanto, passa por perturbações vindas de atividades antrópicas, como pesca excessiva, poluição à margem do Rio e atividades agroindustriais. O objetivo do estudo foi avaliar a qualidade da água do Rio Aquidauana por meio de parâmetros físico-químicos e identificar os possíveis danos genotóxicos em espécies de peixes pantaneiras. Para tanto, a pesquisa foi conduzida no médio curso do Rio Aquidauana em seis pontos amostrais. Com uma sonda multiparâmetros foram mensurados os parâmetros físico-químicos. Os peixes foram coletados com redes de espera, medidos seu comprimento e peso. Foram amostradas e identificadas as espécies *Hypostomus regani*, *Prochilodus lineatus*, *Brycon hilarii* e *Mylossoma duriventre*. Para o ensaio de genotoxicidade, esfregaços sanguíneos foram preparados e as alterações nucleares foram contadas em microscópio óptico. Os parâmetros físico-químicos mensurados estavam dentro dos padrões permitidos pela legislação CONAMA 357/2005, ou não dispõe de valor máximo. Os parâmetros físico-químicos são importantes para identificar o primeiro estado de qualidade da água. Em relação ao comprimento, peso e hábito alimentar, *B. hilarii* apresentou maior peso e comprimento, seguido pelas espécies *H. regani*, *P. lineatus* e *M. duriventre*. Sobre o hábito alimentar, *H. regani* e *P. lineatus* são detritívoros e *B. hilarii* e *M. duriventre* são onívoros. As alterações nucleares foram identificadas como invaginação nuclear, brotamento nuclear, núcleo lobulado e célula binucleada, onde os peixes da espécie *H. regani* apresentaram maiores proporções significativas de alterações nucleares. O hábito alimentar de *H. regani* favorece a contaminação, uma vez que se alimenta de material decantado do fundo do rio. As espécies de hábito detritívoro apresentaram maior proporção de genotoxicidade em relação ao hábito alimentar onívoro. Em suma, a avaliação da qualidade da água do Rio Aquidauana por meio dos parâmetros físico-químicos demonstrou estar em conformidade com a legislação vigente. Porém, somente as análises físico-químicas não comprovam a qualidade do Rio Aquidauana, sendo necessário outros ensaios. Sendo assim, foi possível verificar que Rio Aquidauana vem passando por perturbações ambientais oriundas de atividades antrópicas, onde podem não somente afetar os organismos que vivem no rio, como também as populações que consomem diariamente essa água.

Palavras-chave: Qualidade hídrica, contaminação, alterações nucleares.

ABSTRACT

The Pantanal is the biome with one of the largest wetlands in the world, with great biodiversity, being annually flooded by the Upper Paraguay River Basin, where the Aquidauana River is one of its main tributaries. The Aquidauana River has the function of supplying several municipalities, an economic and tourist source, however, it undergoes disturbances from human activities, such as excessive fishing, riverside pollution and agro-industrial activities. The aim of the study was to evaluate the water quality of the Aquidauana River through physicochemical parameters and to identify possible genotoxic damage in Pantanal fish species. Therefore, the research was conducted in the middle course of the Aquidauana River at six sampling points. With a multiparameter probe, the physicochemical parameters were measured. The fish were collected with waiting nets, their length and weight measured. The species *Hypostomus regani*, *Prochilodus lineatus*, *Brycon hilarii* and *Mylossoma duriventre* were sampled and identified. For the genotoxicity assay, blood smears were prepared and nuclear changes were counted under an optical microscope. The physicochemical parameters measured were within the standards allowed by CONAMA legislation 357/2005, or there is no maximum value. The physicochemical parameters are important to identify the first water quality status. In relation to length, weight and feeding habits, *B. hilarii* had the highest weight and length, followed by the species *H. regani*, *P. lineatus* and *M. duriventre*. Regarding feeding habits, *H. regani* and *P. lineatus* are detritivores and *B. hilarii* and *M. duriventre* are omnivores. Nuclear alterations were identified as nuclear invagination, nuclear budding, lobulated nucleus and binucleate cell, where fishes of the species *H. regani* presented higher proportions of significant nuclear alterations. The feeding habit of *H. regani* favors contamination, as it feeds on material decanted from the bottom of the river. Species with detritivorous habits showed a higher proportion of genotoxicity in relation to omnivorous eating habits. In short, the assessment of the water quality of the Aquidauana River through physical-chemical parameters proved to be in compliance with current legislation. However, only physicochemical analyzes do not prove the quality of the Aquidauana River, requiring further tests. Thus, it was possible to verify that the Aquidauana River has been undergoing environmental disturbances arising from human activities, which may not only affect the organisms that live in the river, but also the populations that consume this water daily.

Keywords: Water quality, contamination, nuclear changes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Representação gráfica de micronúcleo e demais alterações nucleares.....	17
Figura 2. Localização dos pontos de amostragem do médio Rio Aquidauana, Bacia do Alto Rio Paraguai.....	21
Figura 3. Índice de genotoxicidade.....	26
Figura 4. Análise descritiva da proporção de alterações nucleares em relação ao hábito alimentar das espécies analisadas.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados dos parâmetros físico-químicos no médio Rio Aquidauana, Bacia do Rio Paraguai.....	23
Tabela 2. Amostras de peixes (Média±SD), números de indivíduos (N), hábito alimentar, comprimento (cm) e peso (g) coletadas nos locais de amostragem ao longo do curso do Rio Aquidauana.....	24
Tabela 3. Frequência das alterações nucleares (mediana e desvio interquartílico) das amostras de peixes coletados <i>in situ</i> no Rio Aquidauana.....	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Parâmetros físico-químicos limnológicos: sua importância e os padrões vigentes.....	12
2.2. Bioindicadores e biomarcadores de qualidade ambiental	14
2.2.1. Peixes como bioindicadores e biomarcadores da qualidade dos recursos hídricos.....	15
2.3. Genotoxicidade em peixes	16
3. HIPÓTESES.....	19
4. OBJETIVOS	20
4.1. Objetivo Geral.....	20
4.2. Objetivos Específicos.....	20
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Local de estudo	21
5.2. Determinação dos parâmetros físico-químicos	21
5.3. Coleta dos peixes <i>in situ</i>	22
5.4. Análise de genotoxicidade	22
5.5. Análises estatísticas.....	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1. Parâmetros físico-químicos	23
6.2. Características das amostras: comprimento, peso e hábito alimentar	24
6.3. Genotoxicidade de peixes <i>in situ</i>	24
6.4. Proporção de alterações nucleares em relação ao hábito alimentar.....	27
7. CONCLUSÃO	28
8. REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

O bioma Pantanal é uma das maiores áreas alagadas do mundo sendo detentor de uma vasta biodiversidade, e considerado Patrimônio Natural da Humanidade e Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional pela Constituição Federal (FARIA *et al.*, 2021). Este bioma é marcado pelo seu ciclo anual de cheias e secas, sendo estes, fatores importantes para as interações ecológicas e ocorrência da elevada diversidade biológica (QUINTELA *et al.*, 2019), sendo considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade (GUERRA *et al.*, 2020).

As atividades que mais afetam a biodiversidade do Pantanal são resultantes de intervenções humanas, como degradação do habitat natural, uso predatório dos recursos hídricos, aumento de elementos tóxicos no ecossistema, caça e tráfico de animais silvestres e queimadas (ALHO *et al.*, 2019). A ocorrência de queimadas descontroladas vem afetando o Pantanal e ocasionando desequilíbrio ecológico que afeta todo o ecossistema pantaneiro (CHAVES *et al.*, 2020). Esses efeitos tornam o solo pobre em nutrientes, a fauna e a flora ficam ameaçadas e a fumaça liberada na atmosfera contribui para o aquecimento global devido a emissão de gases de efeito estufa, e quanto mais esses gases na atmosfera, mais longos os períodos de seca, favorecendo a ocorrência de incêndios (CHAVES *et al.*, 2020).

Além disso, as mudanças climáticas alteram o ciclo das chuvas, e, conseqüentemente, modificando os períodos de secas e cheias no Pantanal (SOS PANTANAL, 2020). Sabe-se que a região dos ecossistemas pantaneiros está sob grave ameaça pela presença de contaminantes gerados pela ocupação humana no entorno e, devida a sua extensa área de planície de inundação, o Pantanal está fortemente vulnerável à entrada e ao acúmulo de contaminantes (QUINTELA *et al.*, 2019)

As terras Pantaneiras são anualmente inundadas pelo Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai (BHARP), bem como por outros rios menores e drenagens dos planaltos próximos (QUINTELA *et al.*, 2019). A área da bacia do Rio Paraguai é de aproximadamente 1.095.000 km², sendo um dos principais afluentes deste, os rios Miranda e o Aquidauana (SANTOS, 2013a). A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai, que em sua porção brasileira, está localizada entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, possui uma área aproximada de 362.284,70 km² (CARDOSO; MARCUZZO, 2012).

A bacia pode ser dividida em uma região alta, denominada Planalto, e uma região baixa e plana, denominada planície pantaneira, que é temporariamente e parcialmente inundada pelo

Rio Paraguai e pelos seus principais afluentes todos os anos (CLARKE *et al.*, 2003). Além disso, a formação geológica do Pantanal o torna um ecossistema especialmente frágil, devido ser constituída por terrenos sedimentares (PIMENTA, 2008), onde os sedimentos depositados acumulam contaminantes (POSSAVATZ *et al.*, 2014). A bacia do Rio Paraguai está localizada numa área de importância para o abastecimento dos recursos hídricos (CARDOSO; MARCUZZO, 2012).

O Rio Aquidauana faz parte da bacia hidrográfica do Rio Miranda, que por sua vez, é afluente do Rio Paraguai (JOIA *et al.*, 2017). O Rio corta a região central do estado de Mato Grosso do Sul e segue na orientação Centro-Oeste e Noroeste, onde seu baixo curso se inicia na Depressão Pantaneira, desaguando na Planície do Pantanal Sul-Mato-Grossense (CLARKE *et al.*, 2003; ANUNCIAÇÃO; NETO, 2018).

O Rio Aquidauana abastece a população urbana de vários municípios como Aquidauana, Anastácio, Dois Irmãos do Buriti e entre outros (ANUNCIAÇÃO; NETO, 2018), além de ser utilizado como fonte de importantes atividades econômicas como a pesca, agricultura, industrial como produção de laticínios e frigoríficos, e também na pecuária, sendo esta última, a principal atividade econômica da região (CAMPOS, 2007). Além destes, o Rio Aquidauana também tem a finalidade turística e demais atividades de lazer da população local (CAMPOS, 2007; JOIA *et al.*, 2017; ANUNCIAÇÃO; NETO, 2018). As atividades econômicas que são desenvolvidas nestas áreas refletem diretamente na organização do espaço geográfico e na dinâmica socioambiental das populações inseridas nessa bacia hidrográfica (JOIA *et al.*, 2017).

Segundo Algarve *et al.* (2016), o Rio Aquidauana passa por perturbações ambientais vindas de atividades antrópicas, como a pesca excessiva, poluição à margem do rio, degradação da vegetação ciliar e assoreamento. As fontes de poluição são evidentes, lixo e esgoto urbano sem tratamento adequado descarregados ao longo do Rio (TOMÁS, 2000). Na região, há o crescimento de atividades agropastoris, o que pressiona o uso do solo rural, e em consequência, pode produzir impactos ambientais que comprometem o meio ambiente (SAMPAIO, 2003). A retirada da vegetação natural e sua substituição pela pastagem até a margem do rio, vem acarretando danos ambientais na região do Rio Aquidauana (CARVALHO *et al.*, 2006), que ocasiona declínio da qualidade dos recursos hídricos, com incidência de erosões nas margens e assoreamentos (PEREIRA *et al.*, 2004). Vale ressaltar que a substituição da vegetação natural por pastagens favorece a perda da biodiversidade (AVIGLIANO *et al.*, 2019). Além dos

impactos causados pela agricultura e demais atividades, este recurso hídrico também sofre com o turismo desordenado (AIRES, 2008).

De forma geral, a qualidade da água possui tendência de piorar nas próximas décadas, ameaçando a saúde humana, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável (GIRARDI *et al.*, 2019). Esse declínio da qualidade da água é perceptível nos centros urbanos, onde a contaminação das águas disponíveis para o consumo, acontece pelos lançamentos desordenados de esgotos domésticos, despejos industriais, e demais poluentes (SOUZA *et al.*, 2012).

Neste sentido, sabe-se que o Rio Aquidauana é fonte de vida para a região, desempenhando papéis importantes para a população como abastecimento hídrico, fonte alimentar, e demais processos industriais. Sendo assim, há a necessidade de avaliar a qualidade desta água por meio de ensaios biológicos a fim de identificar se está ocorrendo alguma perturbação ambiental no rio, visto que, um desequilíbrio do mesmo, pode afetar não só biota aquática, mas também a qualidade de vida dos seres humanos.

Os testes *in situ* avaliam em tempo real a exposição do organismo ao ambiente, sendo assim, é possível identificar as interferências que acometem os ambientes aquáticos (DORNFELD *et al.*, 2006; FRACÁCIO, 2006). Bem como, as respostas dos organismos que habitam ambientes poluídos por bastante tempo pode diferir das respostas obtidas pelos bioensaios (SCALON, 2009). Além disso, a análise dos efeitos toxicogénicos em espécies de peixes nativos constituem uma importante fonte de diagnóstico ambiental (RIVEROS, *et al.*, 2021).

Desta forma, se algum afluente do Pantanal está ameaçado, conseqüentemente toda a planície pantaneira também sofre esses efeitos. Sendo um local de importância mundial com uma extensa diversidade e riqueza biológica, berço de muitas espécies endêmicas, portanto, é imprescindível a conservação deste ambiente, garantindo a qualidade de vida dos organismos que nela habitam mantendo um ecossistema equilibrado. Além disso, considerando a escassez de estudos que trazem avaliação da qualidade da água do Rio Aquidauana, bem como, danos genéticos para a espécies aquáticas, torna-se necessário a realização de ensaios biológicos que visem caracterizar a existência de perturbação ambiental e seus impactos para a biota aquática, e, subseqüentemente, para a qualidade de vida dos seres humanos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Parâmetros físico-químicos limnológicos: sua importância e os padrões vigentes

A água exerce função fundamental para os seres vivos, devendo ser obtida de fontes de abastecimento confiáveis. Para isso, é necessário que seus padrões de qualidade obedçam aos prescritos na legislação vigente, de forma a promover saúde a todos os que a ingerem (DE ASSIS *et al.*, 2017). Nos últimos anos vêm surgindo grande preocupação com o efeito das alterações antrópicas sobre os sistemas aquáticos e sua biota associada (PEREIRA, 2014), visto que a água pode ser veículo de agentes contaminantes ou patogênicos (DE ASSIS *et al.*, 2017).

As análises físico-químicas avaliam componentes que constituem determinadas substâncias e estabelecem parâmetros de qualificação, que são associados ao conhecimento das propriedades físicas e químicas de moléculas e suas interações (CARVALHO *et al.*, 2018). Existem diversas variáveis de parâmetros físico-químicos, como o oxigênio dissolvido, turbidez, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica e temperatura da água. No Brasil, a principal legislação que define os padrões de parâmetros físico-químicos da água de acordo com a classe de um corpo hídrico, é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005). De acordo com a Resolução, os principais parâmetros físico-químicos que devem ser observados são: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), oxigênio dissolvido, turbidez, cor verdadeira, pH.

As análises físico-químicas desenvolvem importante papel quando se trata do monitoramento da qualidade da água, visto que há padrões de comparação, onde é possível obter resultados quantitativos que determinam as características dos recursos hídricos (CARVALHO *et al.*, 2018), onde qualquer valor que esteja fora das medidas de comparação com padrões e legislações, pode ser indicativo de alguma perturbação ambiental naquele ambiente.

O parâmetro de oxigênio dissolvido (OD) consiste na quantidade em mg/L ou em porcentagem de oxigênio que está dissolvido na água a ser analisada, tendo como valor mínimo permitido pela legislação para corpos hídricos de Classe I, II, III e IV, sendo de 6, 5, 4, 2 mg/L, respectivamente. A turbidez é uma característica física da água, onde estão presentes substâncias e sólidos em suspensão (CARVALHO *et al.*, 2018). Na legislação brasileira, a turbidez varia de 40 a 100 NTU, indo de acordo com a classificação do corpo hídrico.

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ dissolvidos, para avaliar situações de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água (BARBOSA, 2015). Valores de pH muito baixos ou muito altos, podem ser indicativos de poluição na água, porém, alguns corpos hídricos apresentam naturalmente água mais ácida ou mais alcalina sem necessariamente estarem poluídos. Na legislação, o pH da água deve se manter entre 6,0 a 9,0 para todas as classes de rios de água doce. A condutividade elétrica é um dos parâmetros físicos que permite verificar a quantidade de íons dissolvidos na água e a existência de poluição na água (DERFOUFI *et al.*, 2019). A legislação brasileira CONAMA Nº 357/2005 não estabelece valores de referência para a condutividade, porém, se a água analisada apresentar valores elevados de condutividade, pode ser indicativo de poluições tais como lançamento de efluentes domésticos e industriais, e além disso, os impactos relacionados ao uso do solo, modificam a qualidade da água, onde reflete na condutividade elétrica (PIRATOBA *et al.*, 2017), entretanto, a condutividade pode ser afetada devido as condições geológicas da região (RIVEROS, *et al.*, 2021).

A temperatura exerce um papel importante para a manutenção do meio aquático e suas oscilações fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais expressam variantes sazonais (BARBOSA, 2015). Além disso, a temperatura também influencia o metabolismo, crescimento, consumo do oxigênio (JIAN *et al.*, 2003) e, quando elevadas, altera o desenvolvimento de embriões e larvas podendo provocar malformações nos peixes e aumento da mortalidade (REBOUÇAS *et al.*, 2014). A legislação brasileira CONAMA Nº 357/2005 não estabelece valores de referência para a temperatura.

Neste sentido, torna-se relevante o emprego e a utilização destes parâmetros físico-químicos para diagnosticar alguns aspectos das condições ambientais. Essas variáveis são componentes naturais dos ambientes aquáticos e variações nas suas concentrações podem indicar alterações no meio, que podem estar relacionadas com atividades antrópicas de uso e ocupação do solo, fornecendo dados relevantes para sua conservação e gestão dos corpos hídricos (PEREIRA, 2014).

Além disso, outras análises também devem ser realizadas para verificar se algum composto ou substância pode ou não ser prejudicial ao meio ambiente ou ocasionar efeitos adversos nos organismos (RIBEIRO; AMÉRICO-PINHEIRO, 2018). Atualmente existe uma variedade de métodos que avaliam a qualidade ambiental, sendo as análises químicas e testes de toxicidades os mais utilizados, onde então, surge a Ecotoxicologia, que descreve os efeitos

adversos causados aos organismos vivos por substâncias liberadas no ambiente (RIBEIRO; AMÉRICO-PINHEIRO, 2018).

2.2. Bioindicadores e biomarcadores de qualidade ambiental

Os ecossistemas sofrem impactos diariamente e estes podem promover o declínio da qualidade ambiental. Uma forma de mensurar as condições ambientais, é utilizar bioindicadores (OLIVEIRA; CORRÊA, 2016). Os bioindicadores de poluição aquática são organismos que vivem ou estão intimamente associados a corpos hídricos, fornecendo evidências de poluição, tanto pela acumulação de poluentes aquáticos ou seus metabólitos quanto pelos efeitos devidos à exposição a esses poluentes (MANAHAN, 2015).

Alguns organismos só podem ser observados em condições ideais que favorecem o seu desenvolvimento, ou seja, são sensíveis a distúrbios e alterações ambientais, sendo assim, alterações nos padrões de qualidade da água podem acarretar em modificações morfológicas, fisiológicas e até mesmo causar a mortalidade desse organismo (OLIVEIRA; CORRÊA, 2016). Desta forma, estes bioindicadores de qualidade ambiental alertam sobre os desequilíbrios que podem estar ocorrendo em um determinado ambiente (OLIVEIRA; CORRÊA, 2016).

Os bioindicadores possuem diversas características importantes, dentre elas: i) permitem identificar as interações que ocorrem entre o organismo vivo e o contaminante; ii) possibilitam a mensuração de efeitos subletais. O que permite propor ações remediadoras e/ou preventivas (OLIVEIRA; CORRÊA, 2016). Segundo Gonçalves (2012), os principais aspectos a serem observados na escolha de um bioindicador são: (a) os animais devem dividir o mesmo ambiente com o homem; (b) responder de forma semelhante a químicos tóxicos; e (c) desenvolver patologias similares como resposta a estes efeitos. Outras características também devem ser observadas para considerar um bioindicador, como a abundância desta espécie no ambiente e a facilidade na adaptação aos ensaios em laboratório (LINS *et al.*, 2010). Os peixes são os bioindicadores mais comuns da poluição de ambientes aquáticos (MANAHAN, 2015).

Além do uso de bioindicadores, podemos utilizar os biomarcadores que é outra forma de avaliar os impactos à saúde e a probabilidade da ocorrência de efeitos nocivos (ARANGO; SANDRA, 2012). Um biomarcador caracteriza-se por uma substância, ou alteração bioquímica, que possui interação entre o sistema biológico e um agente químico, físico ou biológico

(ARANGO; SANDRA, 2012). Essa interação possibilita a detecção e avaliação da intensidade de exposição e risco à saúde (AMORIM, 2003; ARANGO; SANDRA, 2012).

Os bioindicadores e biomarcadores têm sido amplamente utilizados para determinar respostas em nível individual aos estressores, onde os biomarcadores são mais específicos da espécie e com maior variabilidade de respostas em comparação com os bioindicadores (ARAÚJO *et al.*, 2018). Os biomarcadores são respostas bioquímicas, fisiológicas, parâmetros morfológicos alterados ou alterações biológicas em nível molecular e celular que são causados pela exposição de um organismo a um determinado composto tóxico, de forma a permitirem identificar interações que ocorrem entre os contaminantes e os organismos vivos (DOMINGOS, 2006; JESUS; CARVALHO, 2008). Para detecção de poluição aquática, vários biomarcadores podem ser utilizados, como por exemplo, biomarcadores somáticos, histopatológicos, neurotóxicos, hematológicos, genotóxicos e dentre outros (SANTOS, 2013b; JESUS; CARVALHO, 2008). O uso integrado de biomarcadores e bioindicadores são sugeridos como uma ferramenta de avaliação, uma vez que são meios eficazes para determinar o impacto da poluição no ambiente aquático (ARAÚJO *et al.*, 2018).

2.2.1. Peixes como bioindicadores e biomarcadores da qualidade dos recursos hídricos

Os peixes são organismos adequados para monitorar poluentes genotóxicos no ambiente aquático porque eles desempenham importante papel na rede alimentar, eles são bioconcentradores e são responsivos a mutágenos em baixas concentrações, como poluentes ambientais (NGAN *et al.*, 2006). As respostas fornecidas pelos biomarcadores mostram se a contaminação ambiental, ainda que em baixa escala, é suficiente para causar efeitos fisiológicos e, em casos positivos, justificar investigações adicionais para determinar a natureza e o grau de contaminação (SANTOS, 2013b).

Diferentes espécies de peixes têm sido utilizadas como bioindicadores, utilizando-se a análise de muitos biomarcadores de exposição e efeito que incluem parâmetros bioquímicos, morfológicos, imunológicos e genéticos (SANTOS, 2013b). Nesse sentido, são realizados testes onde é possível verificar a influência de algum determinado composto e/ou agente genotóxico sobre a genética de um organismo, assim, identificando os efeitos que podem ser ocasionados devido a ação destes compostos.

Os testes comumente empregados para avaliação de genotoxicidade em peixes, são os testes de micronúcleo e alterações nucleares, onde apresenta várias vantagens devido as células dos peixes serem geralmente numerosas e de tamanho pequeno (NGAN *et al.*, 2006).

2.3. Genotoxicidade em peixes

Os agentes genotóxicos são definidos como qualquer substância ou produto químico que afete negativamente a integridade do DNA de uma célula (NAI *et al.*, 2015). Diante da exposição do ser humano e do ambiente a substâncias químicas, pode propiciar a ocorrência de efeitos deletérios (FLORES; YAMAGUCHI, 2008), embora, a capacidade de uma substância em danificar o DNA, não a torne um perigo imediato à saúde (NAI *et al.*, 2015). De qualquer forma, deve-se considerar os efeitos potencialmente tóxicos à saúde humana e ao ecossistema, podendo esta, ser uma substância teratogênica, carcinogênica ou genotóxica (NAI *et al.*, 2015).

Alguns contaminantes, quando entram em contato com os organismos aquáticos podem ocasionar efeitos tóxicos ou letais, onde alguns desses efeitos refletem no desenvolvimento de embriões através de alterações no DNA, onde são caracterizados como efeitos teratogênicos (LAMEIRA, 2008). Os efeitos teratogênicos são considerados reações adversas graves de um composto sobre embriões, provocando alterações morfológicas e funcionais. (ANDRADE, 2014), e em peixes, pode ocasionar malformações na cauda e cabeça, falta da nadadeira peitoral, dentre outros efeitos (Sánchez-Aceves *et al.*, 2021). A carcinogênese é caracterizada por mutações genéticas herdadas ou adquiridas pela ação de agentes ambientais, químicos, hormonais, radioativos e virais (SILVA *et al.*, 2004), que tem a capacidade de converter a célula normal em célula maligna (LOUREIRO *et al.*, 2002). Além destes, a genotoxicidade é uma ação nociva que afeta o material genético, onde os agentes genotóxicos interagem com o DNA gerando modificações na sua estrutura e função (VERRI *et al.*, 2017).

O contato com agentes genotóxicos e/ou mutagênicos pode ser devido a exposição acidental, ocupacional ou por estilo de vida, tendo a possibilidade de que esta ação a se manifesta anos após o ocorrido, caracterizando os efeitos acumulativos (FLORES; YAMAGUCHI, 2008). As substâncias ou agentes genotóxicos quando absorvidos, interagem quimicamente com o material genético, formando adutos ou até mesmo quebra das moléculas de DNA. Na maior parte das vezes, o organismo aciona o mecanismo de reparação desta célula. Porém, é possível ocorrer erros na reparação desta lesão, assim, provocando alterações hereditárias, podendo perpetuar-se às células filhas (GONÇALVES, 2012).

Os órgãos superiores cada vez mais têm se conscientizado sobre os impactos ambientais e seu reflexo na saúde humana e no ecossistema. Desta forma, são aplicados os testes de ecogenotoxicidade, visando uma melhor avaliação das condições ambientais (PEDRO, 2008). Os testes de genotoxicidade são importantes para avaliar a toxicidade celular e identificar potenciais agentes cancerígenos e mutagênicos (NAI *et al.*, 2015).

Diversos ensaios de genotoxicidade *in vivo* têm utilizado diferentes espécies de peixes como bioindicadores, onde esses animais podem facilmente ser mantidos em laboratório e expostos a compostos químicos (TROLLY, 2019). O uso de peixes como bioindicadores de índices de efeitos de poluição é de extrema importância, pois eles podem permitir uma detecção precoce de problemas ambientais aquáticos (TROLLY, 2019; VILCHES, 2009). A utilização de bioindicadores e testes genotóxicos ajudam a avaliar o dano causado não apenas à integridade físico-química do ambiente, mas também a resposta dos organismos a mudanças ambientais decorrentes da poluição ambiental (VILCHES, 2009).

Um dos biomarcadores que podem ser utilizados para identificar efeitos deletérios devido a exposição a agentes xenobióticos, são os testes genotóxicos, onde incluem-se o teste de micronúcleo, alterações nucleares e ensaio do cometa (GONÇALVES, 2012). As alterações nucleares mais avaliadas são os brotamentos, invaginações ou núcleo entalhado, núcleo lobulado, ponte nuclear, picnose, núcleo vacuolizado e célula binucleada (Figura 1).

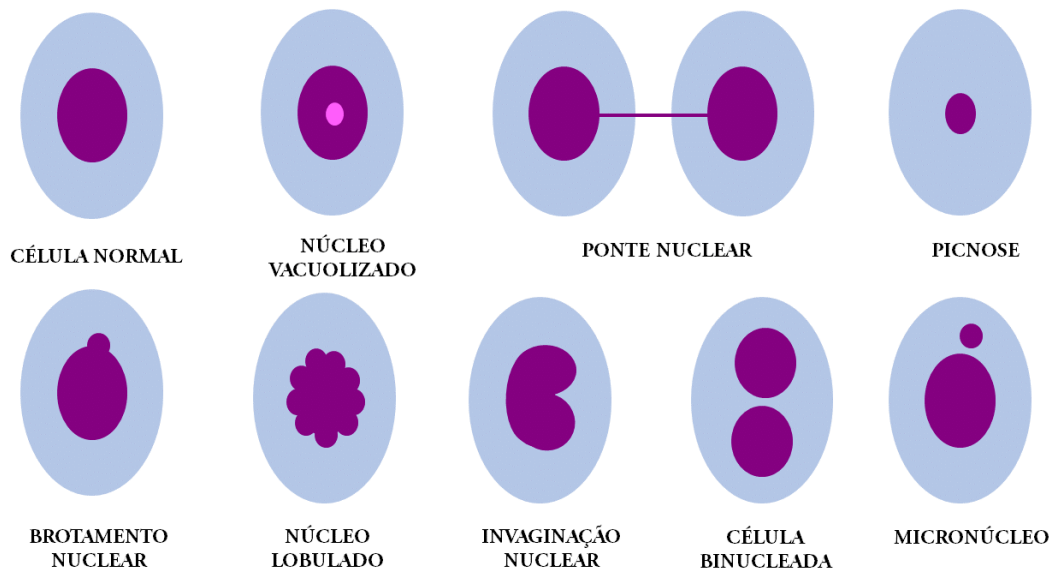


Figura 1. Representação gráfica de micronúcleo e demais alterações nucleares. Fonte: Nathalya Alice de Lima, 2021.

As alterações nucleares estão relacionadas com falhas nos processos de divisão celular, onde muitos desses processos ainda não foram descritos (NGAN *et al.*, 2006; SOUZA; FONTANETTI, 2006). O brotamento caracteriza-se por uma pequena protuberância que se estende para fora do núcleo. Toneline *et al.* (2014) acreditam que o brotamento nuclear seja a fase inicial, ou um estágio precoce do processo de micronucleação. Bem como, Tomaz *et al.* (2016) dizem que os brotamentos resultam da eliminação do excesso de DNA amplificado, sendo provavelmente uma via comum de formação do micronúcleo. A invaginação ou núcleo entalhado, caracteriza-se por um afundamento na lateral do núcleo. Não foram encontradas informações na literatura sobre como ocorre sua formação.

O núcleo lobulado apresenta duas ou mais protuberâncias na extremidade no núcleo e seus mecanismos ainda não são compreendidos (TORRES-BUGARÍN; RAMOS-IBARRA, 2013). A ponte nuclear é uma ligação entre um núcleo e outro, se originando na anáfase, quando os centrômeros dos cromossomos dicêntricos são puxados para lados opostos das células (FENECH *et al.*, 2011). A picnose é quando há a condensação do núcleo, e são indicativas de morte celular (BURGOYNE, 1999). O núcleo vacuolizado é quando há um vacúolo presente dentro do núcleo. Não foram encontradas informações na literatura sobre como ocorre sua formação. A célula binucleada caracteriza-se por dois núcleos em um mesmo citoplasma, sendo formadas provavelmente devido a desregulação cromossômica (NERSESYAN *et al.*, 2020).

De acordo com Fenech *et al.* (2011), os micronúcleos se originam a partir de fragmentos cromossômicos que não são inclusos no núcleo das células-filhas durante a mitose. Esse fragmento de cromossomo é envolto por uma membrana nuclear tendo formato semelhante ao núcleo principal, exceto pelo seu tamanho reduzido. O teste de micronúcleo é utilizado para identificar mutagênese ambiental em indicadores do ecossistema, sendo desenvolvido principalmente em peixes (SOUZA; FONTANETTI, 2006).

3. HIPÓTESES

- As espécies de peixes amostradas no Rio Aquidauana sofrem as pressões antrópicas realizadas no entorno do rio.
- As pressões antrópicas ocasionam danos genéticos nas espécies de peixes;
- O hábito alimentar dos peixes está diretamente relacionado com o aumento das alterações nucleares.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do médio curso do Rio Aquidauana por meio dos parâmetros físico-químicos e identificar danos genotóxicos em espécies de peixes pantaneiros no trecho estudado.

4.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade da água por meio dos parâmetros físico-químicos e comparar se os valores estão em conformidade com a legislação brasileira vigente CONAMA 357/2005.
- Identificar os danos genotóxicos nos eritrócitos de espécies de peixes de maior ocorrência no médio Rio Aquidauana.
- Comparar a proporção do índice de genotoxicidade entre as espécies de peixes.
- Relacionar o índice de genotoxicidade com os diferentes hábitos alimentares das espécies.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local de estudo

O estudo foi conduzido no médio curso do Rio Aquidauana, sendo feitas coletas no ano de 2020 em seis pontos amostrais (Ponto 1: -55.427.630 -20.448.146; Ponto 2: -55.531.012 -20.482.821; Ponto 3: -55.640.695 -20.484.304; Ponto 4: -55.801.840 -20.478.237; Ponto 5: -55.852.086 -20.393.477; Ponto 6: -55.878.094 -20.254.356;) (Figura 2).

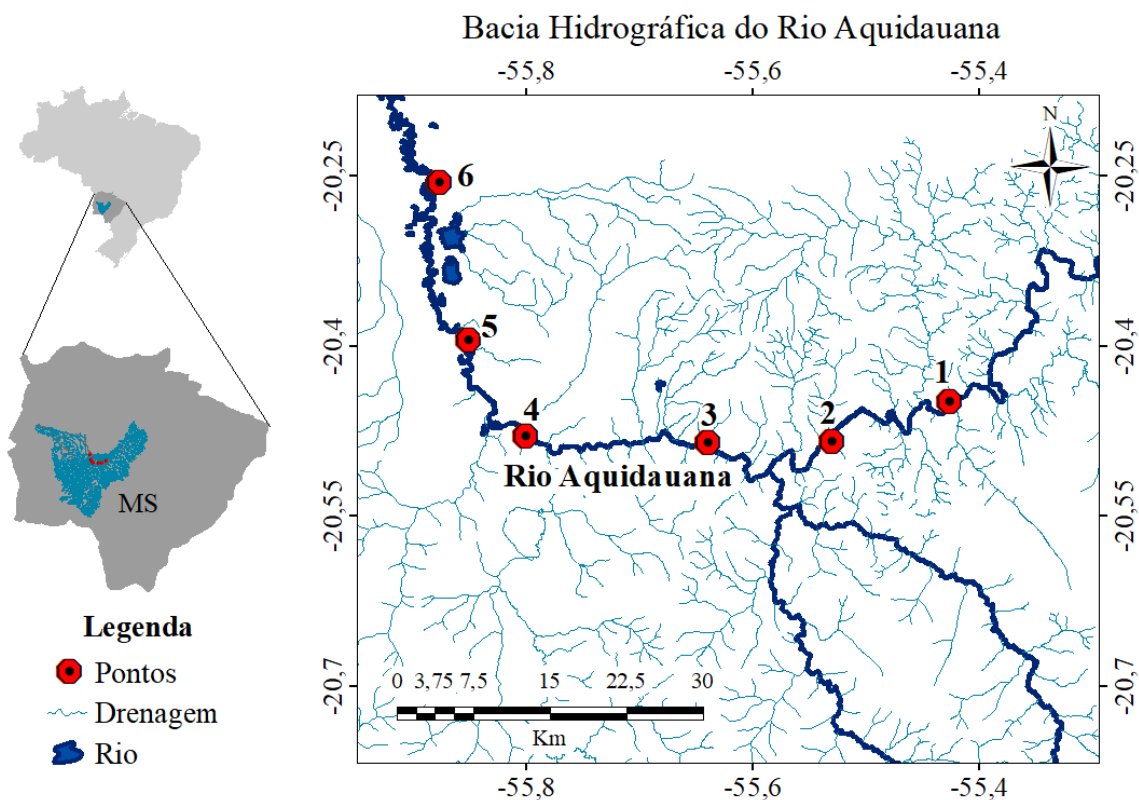


Figura 2. Localização dos pontos de amostragem do médio Rio Aquidauana, Bacia do Alto Rio Paraguai.

Estes pontos estão em áreas de transição, sendo o ponto 1 ao 3 localizados numa área de planalto, e do ponto 4 ao 6, a porção mais baixa da bacia, em região de planície.

5.2. Determinação dos parâmetros físico-químicos

Para avaliar as condições limnológicas dos seis pontos de amostragem do médio Rio Aquidauana foram mensurados os parâmetros físico-químicos sendo: Oxigênio dissolvido (mg/L), turbidez (NTU), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$), com auxílio uma sonda multiparâmetros (Hanna HI-9828).

5.3. Coleta dos peixes *in situ*

Os peixes foram coletados *in situ* com auxílio redes de espera e tarrafas com malha variando de tamanho entre 1,5 – 8,0 cm. Após a captura dos exemplares, foi mensurado o comprimento padrão (cm) com auxílio do ictiômetro e o peso total (g) com auxílio de uma balança. Em seguida, os indivíduos foram imersos em água gelada para reduzir sua atividade metabólica para realização da punção da veia caudal utilizando seringas heparinizadas. Para a identificação taxonômica das espécies foi utilizada a literatura especializada de espécies pantaneiras (BRITSKI *et al.*, 2007). Desta forma, foram amostrados um total de 27 indivíduos de peixes de diferentes espécies e hábitos alimentares sendo: *Hypostomus regani* (IHERING, 1905), *Prochilodus lineatus*, (VALENCIENNES, 1836), *Brycon hilarii* (VALENCIENNES, 1850) e *Mylossoma duriventre* (CUVIER, 1818).

5.4. Análise de genotoxicidade

Para avaliação de alterações nucleares foram preparados esfregaços sanguíneos com uma gota de sangue em duplicata por indivíduo, e posteriormente foram secas ao ar por 15 minutos e fixadas em etanol, sendo coradas com solução de Giemsa a 10%. A contagem das lâminas foi realizada utilizando o microscópio óptico (Accu-Scope, 3002 Series) no aumento de 1000x. Para cada lâmina foram contados 1000 eritrócitos, totalizando 2000 eritrócitos por peixe.

Em relação ao cálculo do índice de genotoxicidade, todas as alterações nucleares identificadas no estudo foram somadas. Para o teste de alterações nucleares, seguimos o protocolo descrito por Schmid (1975) e De Jesus *et al.* (2016).

$$\text{Alterações Nucleares} = \frac{\text{Total de células com alteração}}{\text{Total de células observadas}} \times 100$$

5.5. Análises estatísticas

Para todos os testes antes foram verificadas as condições de normalidade dos dados utilizando o teste Shapiro-Wilk, para análises posteriores. O teste de Kruskal-Wallis, com posteriore de Dunn, foi usado para comparar as amostras de alterações nucleares e o índice de genotoxicidade de amostras de peixes *in situ*. Para a proporção de alterações nucleares relacionado ao hábito alimentar, foi realizada a média do IG por hábito alimentar, sendo duas

espécies de hábito alimentar detritívoro e duas espécies de hábito alimentar onívoro. Todas as análises foram realizadas na plataforma R (R-DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos obtidos após mensuração foram comparados com a resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre os parâmetros ideais para água doce de classe II (Tabela 1).

Tabela 1. Dados dos parâmetros físico-químicos no médio Rio Aquidauana, Bacia do Rio Paraguai.

Pontos	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)
1	6,0	42,9	7,6	48,0	27,8
2	7,1	47,0	7,6	50,0	27,6
3	6,6	19,4	8,2	54,0	28,0
4	6,8	19,2	7,9	55,0	27,6
5	6,4	29,1	7,6	54,0	27,4
6	6,0	37,2	7,4	52,0	27,9
CONAMA 357/2005	>5,0	100	6,0 a 9,0	--	--

-- Não apresenta valores de referência

Analisando os resultados, é possível observar que todos os parâmetros físico-químicos que possuem valores de referência estão dentro do limite estabelecido pela legislação, desta forma, estão condizentes com a resolução CONAMA 357/2005. Os parâmetros físico-químicos, além de poderem identificar um primeiro estado de qualidade da água, também serviram para classificar o Rio de acordo com as classes de rios de água doce estabelecidas pela mesma legislação. Mesmo os parâmetros estando em conformidade com a legislação brasileira vigente, isso pode não ser suficiente para afirmar a qualidade da água do Rio. Um resultado semelhante foi apresentado por Santos *et al.* (2019), onde mesmo os parâmetros físico-químicos estando em conformidade com CONAMA 357/2005, foi verificada a presença de alterações nucleares em *Serrasalmus brandtii*, possivelmente devido a outros contaminantes locais.

Os parâmetros abióticos são importantes para caracterizar um ambiente, porém, são inespecíficos para avaliação de poluição em corpos hídricos, sendo necessário a avaliação com parâmetros biológicos, de forma oferecer maior confiabilidade nos resultados obtidos sobre os efeitos ambientais (VANZETTO, 2014).

6.2. Características das amostras: comprimento, peso e hábito alimentar

A espécie *B. hilarii* apresentou maior comprimento, seguido das espécies *H. regani*, *P. lineatus* e *M. duriventre*. A espécie *B. hilarii* obteve o maior peso em relação as demais espécies, seguido por *H. regani*, *P. lineatus* e *M. duriventre* (Tabela 2). No que se refere ao hábito alimentar, *H. regani* e *P. lineatus* possuem hábito detritívoro, se alimentando de matéria orgânica (VILLARES-JUNIOR *et al.*, 2016), e *B. hilarii* e *M. duriventre* são onívoros, tendo uma alimentação baseada em pequenos invertebrados, frutos, sementes e zooplâncton (ZUNTINI *et al.*, 2004; CLARO-JR *et al.*, 2004) (Tabela 2).

Tabela 2. Amostras de peixes (Média±SD), números de indivíduos (N), comprimento (cm), peso (g) e hábito alimentar, coletadas nos locais de amostragem ao longo do curso do Rio Aquidauana.

Espécies	N	Comprimento (cm)	Peso (g)	Hábito alimentar
<i>H. regani</i>	5	28,50±3,00	0,59±0,10	Detritívoro
<i>P. lineatus</i>	7	28,28±1,72	0,51±0,07	Detritívoro
<i>B. hilarii</i>	11	31,43±1,96	0,68±0,11	Onívora
<i>M. duriventre</i>	4	18,75±0,64	0,25±0,10	Onívora

A espécie de maior tamanho, conseqüentemente foi a de maior peso aferido (*B. hilarii*). Seguindo a mesma lógica, a espécie de menor tamanho, obteve o menor peso (*M. duriventre*). Ambas espécies onívoras.

6.3. Genotoxicidade de peixes *in situ*

Foram identificadas quatro alterações nucleares nas espécies de peixes *in situ*, sendo elas: invaginação nuclear, brotamento nuclear, núcleo lobulado e célula binucleada. A espécie *H. regani* apresentou maiores proporções de invaginação nuclear, brotamento nuclear e núcleo lobulado diferindo significativamente ($p < 0,05$) em relação as demais espécies analisadas (Tabela 3). Alterações nucleares são sinais de alerta de que a água possui algum tipo de contaminante com potencial genotóxico (RIVEROS, *et al.*, 2021).

Tabela 3. Frequência das alterações nucleares (mediana e desvio interquartilico) das amostras de peixes coletados *in situ* no Rio Aquidauana.

Espécies	Invaginação nuclear	Brotamento nuclear	Núcleo lobulado	Célula binucleada
<i>H. regani</i>	2,95 0,25a	1,60 0,75a	2,05 0,33b	0,05 0,03a
<i>P. lineatus</i>	0,05 0,27b	0,25 0,13b	0,00 0,00a	0,05 0,04a
<i>M. duriventre</i>	0,05 0,12b	0,25 0,05b	0,00 0,00a	0,05 0,01a
<i>B. hilarii</i>	0,15 0,12b	0,35 0,17b	0,00 0,00a	0,05 0,01a

Letras iguais não apresentam diferença significativa.

O cascudo (*H. regani*) possui hábito alimentar que favorece a contaminação, já que é um animal demersal e detritívoro, se alimentando dos detritos no fundo do rio. Desta forma, qualquer contaminante que entrar no rio, irá decantar ao fundo e *H. regani* irá se alimentar, ficando mais suscetível aos contaminantes e refletindo em sua saúde, principalmente em suas células, onde é possível observar efeitos genotóxicos ocasionados pelos contaminantes. São escassos na literatura os estudos que trazem a espécie *H. regani* como biomonitor e bioindicador de genotoxicidade. Vanzetto (2014) demonstrou genotoxicidade na espécie de cascudo *Hypostomus ancistroides* coletadas em um rio. Esta espécie possui hábitos semelhantes a *H. regani*, sendo detritívoro e sedentário, assim, está propenso a bioacumulação (Vanzetto, 2014).

A avaliação de diferentes espécies que habitam o mesmo ambiente é indicado por apresentar sensibilidade diferente de forma a demonstrar respostas variadas aos agentes genotóxicos (KASPER, 2019). Os processos de divisão celular podem ser alterados devido a ação de agentes genotóxicos, ocasionando células com alterações nucleares. Muitas destas alterações ainda não são totalmente compreendidas sobre como são formadas, porém, sabe-se que podem afetar a integridade celular do material genético de forma que os agentes genotóxicos interagem com o DNA, gerando modificações na sua estrutura e função (VERRI *et al.*, 2017). Estas alterações genéticas também estão envolvidas nos processos de carcinogênese e teratogênese (VERRI *et al.*, 2017).

Ao comparar *H. regani* com *P. lineatus*, ambas espécies detritívoras de mesmo hábito alimentar, foi possível verificar que *P. lineatus* não apresentou as mesmas proporções de alterações nucleares que *H. regani*. Isso pode ser explicado porque *H. regani*, ao contrário de *P. lineatus*, é uma espécie sedentária (ZAWADZKI *et al.*, 2008), ou seja, não possui o hábito de migrar, ficando somente em uma região, desta forma, absorve ainda mais os contaminantes que podem entrar no Rio. Entretanto, *P. lineatus*, é migrador de longas distâncias (SHIBATTA,

et al., 2007), podendo percorrer entre 1.200 a 1.400 km num ciclo migratório completo (CAPELETI; PETRERI JR., 2006).

Sendo assim, é possível que as espécies de *P. lineatus* coletadas neste estudo estejam somente de passagem pelo Rio como parte de sua migração, desta forma, não refletindo completamente a qualidade do Rio Aquidauana. *M. duriventre* e *B. hilarii* também são espécies migratórias (MELO *et al.*, 2019; REYES *et al.*, 2009; SANCHES; GALETTI JR *et al.*, 2007), apoiando então, o fato que estas três espécies migratórias poderiam estar somente de passagem pelo Rio, assim, não indicando efetivamente o estado de saúde do Rio Aquidauana.

Em relação ao índice de genotoxicidade, *H. regani* apresentou maiores alterações nucleares com diferenças significativas ($p < 0,05$), em comparação com as demais espécies analisadas (Figura 3). As espécies *P. lineatus*, *M. duriventre* e *B. hilarii* não se diferiram entre si ($p > 0,05$).

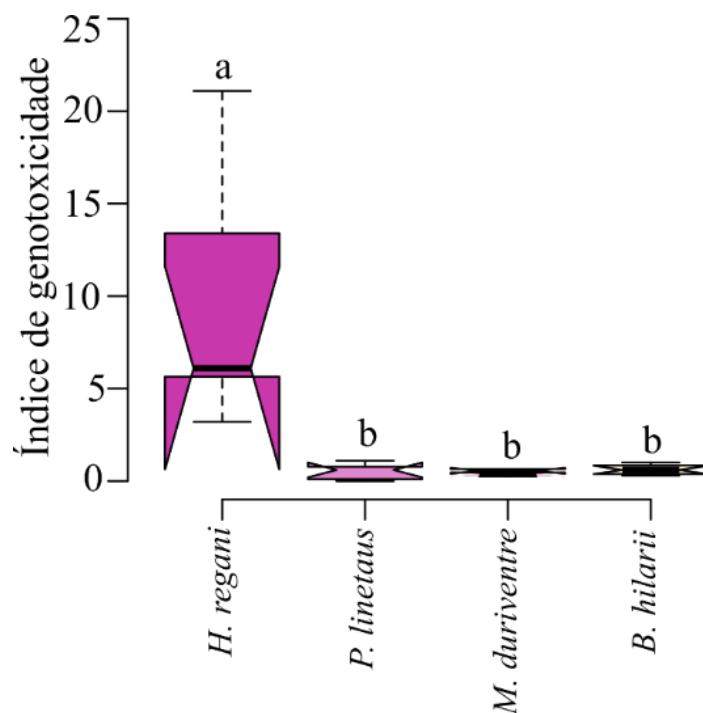


Figura 3. Índice de genotoxicidade (mediana e desvio interquartilico). Letras iguais não apresentam diferença significativa.

Os indicadores de genotoxicidade permitem avaliar os efeitos de exposições ao material genético que levem à lesão no DNA, e à avaliação de mutações gênicas e danos cromossômicos (OLIVEIRA *et al.*, 2019). No índice de genotoxicidade estão inclusas todas as alterações nucleadas encontradas, demonstrando novamente que *H. regani* foi a espécie que apresentou maiores índices de alterações genotóxicas. Além disso, os efeitos toxicogenéticos em espécies

de peixes nativos são uma importante fonte de informação para monitorar os efeitos antrópicos (RIVEROS *et al.*, 2021).

6.4. Proporção de alterações nucleares em relação ao hábito alimentar

Se tratando da quantidade de alterações nucleares associado ao hábito alimentar das espécies, é possível observar que as espécies de hábito alimentar detritívoro apresentaram maior proporção de genotoxicidade em relação ao hábito alimentar onívoro (Figura 4).

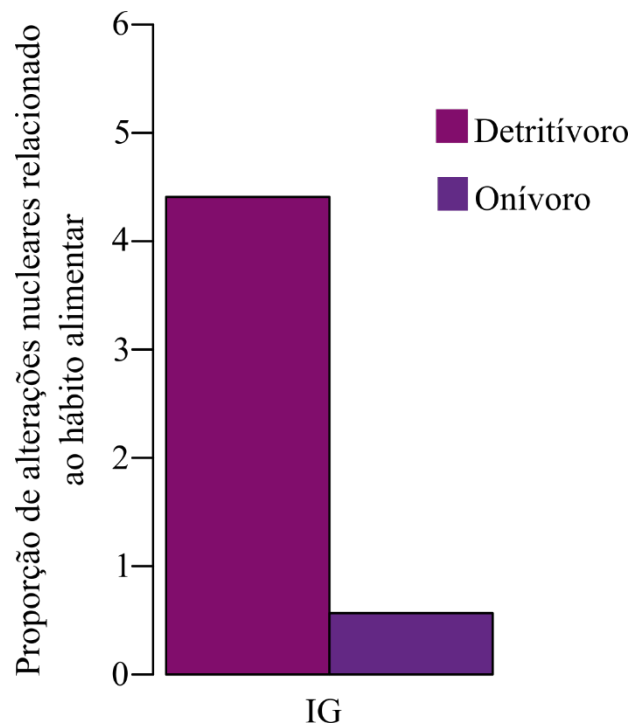


Figura 4. Análise descritiva da proporção de alterações nucleares em relação ao hábito alimentar das espécies analisadas.

Isso pode ser justificado devido aos peixes detritívoros estarem em contato constante com o substrato, acumulando mais contaminantes, em relação a peixes de outros hábitos alimentares (SERRÃO *et al.*, 2014). Em um estudo realizado por Rocha (2011), demonstrou que espécies de peixes detritívoros apresentaram maior fator de bioacumulação de contaminantes quando comparado com espécies carnívoras. Um resultado semelhante pôde ser observado no estudo de Santos *et al.* (2020) onde demonstrou que peixes de hábito detritívoro apresentam maiores danos genotóxicos em comparação com espécies de outros hábitos alimentares, visto que os contaminantes presentes no rio, decantam e se bioacumulam. Em concordância, Viana *et al.* (2017) também apresenta resultados semelhantes.

7. CONCLUSÃO

A avaliação da qualidade da água do Rio Aquidauana por meio dos parâmetros físico-químicos demonstrou estar em conformidade com a legislação brasileira vigente CONAMA 357/2005. As análises físicas, químicas e biológicas são indispensáveis aos estudos de qualidade de água, contudo isoladas são insuficientes para resultados conclusivos, sendo necessário outros ensaios para compreender melhor a qualidade do Rio Aquidauana. Com base nos testes de genotoxicidade, foi observada a presença de alterações nucleares como brotamento nuclear, invaginação nuclear, núcleo lobulado e célula binucleada em todas as espécies analisadas, onde a espécie *H. regani* foi a que apresentou maior número de alterações. Seu hábito alimentar detritívoro e de comportamento sedentário, favoreceu a acumulação de contaminantes, que estes agem sobre a genética do organismo, provocando danos genotóxicos. Desta forma, de acordo com os resultados obtidos foi possível afirmar que o Rio Aquidauana está passando por perturbações ambientais oriundas de atividades antrópicas, onde essas ações afetam não somente os organismos que vivem no rio, como a população local, ribeirinha e indígena que consome diariamente essa água. É necessário a implementação de políticas públicas pelos órgãos governamentais visando a conscientização da população em relação aos efeitos antrópicos sobre a qualidade dos recursos hídricos. Além disso, torna-se relevante monitorar a qualidade de água do Rio Aquidauana, permitindo a existência de um ecossistema equilibrado.

8. REFERÊNCIAS

- AIRES, C.P., 2008. **Transformação socioambiental pelos empreendimentos turísticos no entorno do Rio Aquidauana: O caso da pousada Sol Amarelo em Dois Irmãos do Buriti/MS e do pesqueiro 110 em Anastácio/MS.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Mestrado em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/982>. Acesso em: 16/05/2021.
- ALGARVE, B.B., DERBOCIO, M.A., PEREIRA, R.H.G.P., 2016. **Estudo avaliativo da comunidade de pesca amadora e profissional no trecho urbano do rio Aquidauana e pesqueiros para a prática de Educação Ambiental.** Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental 33, 71-89.
- ALHO, C.J.R., MAMEDE, S.B., BENITES, M., ANDRADE, B.S., SEPÚLVEDA, J.J.O., 2019. **Threats to the biodiversity of the brazilian Pantanal due to land use and occupation.** Ambiente & Sociedade 22, e01891.
- AMORIM, L.C.A., 2003. **Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais.** Revista Brasileira de Epidemiologia 6, 158-170. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2003000200009>.
- ANDRADE, E.D., 2014. **Terapêutica medicamentosa em odontologia.** 3ª Edição, Artes Médicas, São Paulo, SP.
- ANUNCIAÇÃO, V.S. DA., NETO, J.L.S., 2018. **Prevenção da severidade na planície de inundação do Rio Aquidauana na cidade de Aquidauana MS/Brasil: ações com a comunidade local.** Territorium 25, 133-142. https://doi.org/10.14195/1647-7723_25-2_11.
- ARANGO, V., SANDRA, S., 2012. **Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana.** Revista Facultad Nacional de Salud Pública 30, 75-82.
- ARAÚJO, F.G., MORADO, C.N., PARENTE, T.E.E., PAUMGARTTEN, F.J.R., GOMES, I.D., 2018. **Biomarkers and bioindicators of the environmental condition using a fish species (*Pimelodus maculatus* Lacepède, 1803) in a tropical reservoir in Southeastern Brazil.** Brazilian Journal of Biology 78, 351-359. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.167209>.

AVIGLIANO, E., ROSSO, J.J., LIJTMAER, D., ONDARZA, P., PIACENTINI, L., IZQUIERDO, M., CIRIGLIANO, A., ROMANO, G., BUSTOS, E.N., PORTAS, A., MABRAGAÑA, E., GRASSI, E., PALERMO, J., BUKOWSKI, B., TUBARO, P., SCHENONE, N., 2019. **Biodiversity and threats in non-protected areas: A multidisciplinary and multi-taxa approach focused on the Atlantic Forest.** *Heliyon* 5, e02292. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02292>.

BARBOSA, I.G., 2015. **Análise dos parâmetros físico-químicos e metais presentes nas nascentes do Rio Meia Ponte.** Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/handle/tede/2543>. Acesso em: 16/06/2021.

BRASIL, 2005. - **Resolução no 357 de 17 março de 2005.** Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 16/06/2021.

BRITSKI, E.A., 2007. **Peixes do Pantanal Manual de Identificação.** 2ª Edição, Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF.

BURGOYNE, L.A., 1999. **The Mechanisms of Pyknosis: Hypercondensation and Death.** *Experimental Cell Research* 248, 214–222.

CAMPOS, M.P., 2007. **À sombra do pequi, vislumbrando os aguapés: desenvolvimento local, território e turismo no Pantanal do Rio Aquidauana - MS.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1000>. Acesso em: 17/06/2021.

CAPELETI, A.R., PETRERE JR, M., 2006. **Migration of the curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Pisces, Prochilodontidae) at the waterfall “Cachoeira de Emas” of the Mogi-Guaçu River - São Paulo, Brazil.** *Brazilian Journal of Biology* 66, 651-659.

CARDOSO, M.R.D., MARCUZZO, F.F.N., 2012. **Estudo Temporal e Espacialização Mensal e Anual das Chuvas na Parte Brasileira da Bacia do Rio Paraguai.** Produção científica. Repositório Institucional de Geociências - CPRM. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/1094>. Acesso em: 17/06/2021.

CARVALHO, E.M. DE, PINTO, A.L., SILVA, P.V. DA, 2006. **A evolução do uso e ocupação do solo na bacia do córrego Porteira, Aquidauana, MS.** Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 438-446.

CARVALHO, M.R., SILVA, M. DA, LIMA, M.H., FERREIRA, E.S., FERREIRA, S.N., 2018. **Importância das análises físico-químicas nos recursos hídricos de Araguaína**. Jornada de Iniciação Científica e Extensão, Instituto Federal do Tocantins. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jjice/9jjice/paper/viewFile/9175/4065>. Acesso em: 17/06/2021.

CHAVES, T.P., SOUZA, S.M., FREITAS, A.C. DE., 2020. **Pantanal, tudo fica bem quando o fogo se apaga?** *Sustinere* 8, 592-606. <http://dx.doi.org/10.12957/sustinere.2020.56009>.

CLARKE, R.T., TUCCI, C.E.M., COLLISCHONN, W., 2003. **Variabilidade Temporal no Regime Hidrológico da Bacia do Rio Paraguai**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 8, 201-211.

CLARO-JR, L., FERREIRA, E., ZUANON, J, ARAUJO-LIMA, C., 2004. **O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil**. *Acta Amazonica* 34, 133-137.

DE ASSIS, D.M.S., DE LIMA, A.B., DA SILVA, E.R.M., SILVA, A.S., BARBOSA, I.C.C., 2017. **Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos da Água de Abastecimento em Diferentes Bairros do Município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA)**. *Revista Virtual de Química* 9, 1825-1839. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20170107>.

DE JESUS, I.S., CESTARI, M.M., BEZERRA, M. DE A., AFFONSO, P.R.A. DE M., 2016. **Genotoxicity Effects in Freshwater Fish from a Brazilian Impacted River**. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* 96, 490-495. <https://doi.org/10.1007/s00128-016-1755-1>.

DERFOUFI, H., LEGSSYER, M., BELBACHIR, C., LEGSSYER, B., 2019. **Effect of physicochemical and microbiological parameters on the water quality of wadi Zegzel**. *Materials Today: Proceedings* 13, 730-738. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.04.034>.

DOMINGOS, F.X.V., 2006. **Biomarcadores de contaminação ambiental em peixes e ostras de três estuários brasileiros e cinética de derivados solúveis do petróleo em peixes**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/7850>. Acesso em: 19/06/2021.

DORNFELD, C.B., ESPÍNDOLA, E.L.G., FRACÁCIO, R., RODRIGUES, B.K., NOVELLI, A., 2006. **Comparação de Bioensaios Laboratoriais e “in situ” Utilizando *Chironomus***

xanthus na Avaliação da Toxicidade de Sedimentos do Rio Monjolinho (São Carlos, SP). Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology 1, 161-165. <https://doi.org/10.5132/jbse.2006.02.014>.

DOS SANTOS, F. L. DE, TORRES, M.C., PINTO, A. DA C., 2019. **Avaliação dos efeitos genotóxicos com utilização dos testes de micronúcleo e anormalidade nuclear em *Serrasalmus brandtii* (Lütken, 1865) no reservatório de Itaparica, submédio São Francisco.** Meio Ambiente Inovação com Sustentabilidade 2, 98-113. <https://doi.org/10.22533/at.ed.4482021019>.

FARIA, E. DE., GIRARD, P., NARDES, C.S., MORESCHI, A., CHRISTO, S.W., JUNIOR, A.L.F., COSTA, M.F., 2021. **Microplastics pollution in the South American Pantanal.** Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 3, 100088. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100088>.

FENECH, M., KIRSCH-VOLDERS, M., NATARAJAN, A.T., SURRALLES, J., CROTT, J.W., PARRY, J., NORPPA, H., EASTMOND, D.A., TUCKER, J.D., THOMAS, P., 2011. **Molecular mechanisms of micronucleus, nucleoplasmic bridge and nuclear bud formation in mammalian and human cells.** Mutagenesis 26, 125-132. <http://dx.doi.org/10.1093/mutage/geq052>.

FLORES, M., YAMAGUCHI, M.U., 2008. **Teste do micronúcleo: uma triagem para avaliação genotóxica.** Revista Saúde e Pesquisa 1, 337-340.

FRACÁCIO, R., 2006. **Estudos limnológicos e ecotoxicológicos (laboratoriais e *in situ*) com ênfase na avaliação de metais e pesticidas organoclorados em peixes (*Danio rerio* e *Poecilia reticulata*) - Sub-bacia do rio Monjolinho (São Carlos-SP).** Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1571/TeseRF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26/10/2021.

GIRARDI, R., PINHEIRO, A., VENZON, P.T., 2019. **Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos.** Revista de Gestão de Água da América Latina 16, e2. <https://doi.org/10.21168/rega.v16e2>.

GONÇALVES, C.D.P., 2012. **Avaliação dos danos genotóxicos ao DNA de camundongos expostos a hortaliças cultivadas sobre depósitos controlados de rejeitos de carvão.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade do Extremo Sul

Catarinense. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/1941>. Acesso em: 17/06/2021.

GUERRA, A., OLIVEIRA, P.T.S DE., ROQUE, F. DE. O., ROSA, I.M.D., OCHOA-QUINTERO, J.M., GUARIENTO, R.D., COLMAN, C.B., DIB, V., MAIOLI, V., STRASSBURG, B., GARCIA, L.C., 2020. **The importance of Legal Reserves for protecting the Pantanal biome and preventing agricultural losses.** Journal of Environmental Management 260, 110128. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110128>.

JESUS, T.B. DE, CARVALHO, C.E.V.DE, 2008. **Utilização de biomarcadores em peixes como ferramentas para avaliação de contaminação ambiental por Mercúrio (Hg).** Oecologia brasiliensis 12, 680-930.

JIAN, C.Y., CHENG, S.Y., CHEN, J.C., 2003. **Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *Acanthopagrus latus*, at different salinity and temperature levels.** Aquaculture Research, 34, 175-185. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00800.x>.

JOIA, P.R., ANUNCIÇÃO, V.S. DA., PAIXÃO, A.A. DA., 2017. **Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul.** Interações 19, 343-358. <https://doi.org/10.20435/inter.v19i2.1404>.

KASPER, N., 2019. **Respostas histopatológicas e genotóxicas em peixes de água doce expostos a ambientes antropizados.** Dissertação (Mestrado em Ambiente e Tecnologias Sustentáveis) - Universidade Federal da Fronteira Sul. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2995/1/KASPER.pdf>. Acesso em: 31/10/2021.

LAMEIRA, V., 2008. **Estudo dos efeitos letais e subletais (reprodução e teratogênese) do fármaco Triclosan para *Daphnia similis*, *Ceriodaphnia dubia*, *Ceriodaphnia silvestrii* (Cladocera, Crustacea).** Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-09092009-182753/pt-br.php>. Acesso em: 15/06/2021.

LINS, J.A.P.N., KIRSCHNIK, P.G., QUEIROZ, V. DA. S., CIRIO, S.M., 2010. **Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático.** Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais 8, 469-484.

- LOUREIRO, A.P.M., MASCIO, P.D., MEDEIROS, M.H.G., 2002. **Formação de adutos exocíclicos com bases de DNA: implicações em mutagênese e carcinogênese.** Química Nova 25, 777-793.
- MANAHAN, S.E., 2015. **Química Ambiental.** 9ª Edição, Bookman, Porto Alegre, RS.
- MELO, T., TORRENTE-VILARA, G., RÖPKE, C.P., 2019. **Flipped reductarianism: A vegan fish subordinated to carnivory by suppression of the flooded forest in the Amazon.** Forest Ecology and Management 435, 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.050>.
- NAI, G.A., OLIVEIRA, M.C. DE, TAVARES, G. DE. O., PEREIRA, L.F.F., SOARES, N.D.S.L., SILVA, P.G., 2015. **Avaliação da genotoxicidade induzida pela administração repetida de anestésicos locais: um estudo experimental em ratos.** Revista Brasileira de Anestesiologia 65, 21-26. [dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2013.07.006](https://doi.org/10.1016/j.bjan.2013.07.006).
- NERSESYAN, A., MURADYAN, R., KUNDI, M., FENECH, M., BOLOGNESI, C., KNASMUELLER, S., 2020. **Smoking causes induction of micronuclei and other nuclear anomalies in cervical cells.** International Journal of Hygiene and Environmental Health 226, 113492. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113492>.
- NGAN, P.V., GOMES, V., PASSOS, M.J.A.C.R., USSAMI, K.A., CAMPOS, D.Y.F., ROCHA, A.J. DA S., PEREIRA, B.A., 2006. **Biomonitoring of the genotoxic potential (micronucleus and erythrocyte nuclear abnormalities assay) of the Admiralty Bay water surrounding the Brazilian Antarctic Research Station “Comandante Ferraz,” King George Island.** Polar Biology 30, 209-217. <http://dx.doi.org/10.1007/s00300-006-0174-x>.
- OLIVEIRA, G.L.X. DE, COUTINHO, B.A., CICALISE, B.G.F., AOKI, C., 2019. **Florística Da Mata Ciliar Do Rio Aquidauana (Ms): Subsídios À Restauração De Áreas Degradadas.** Oecologia Australis 23, 812-828. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2304.08>.
- OLIVEIRA, R.N., CORRÊA, T. DE. F., 2016. **A produção científica mundial de bioindicadores de qualidade ambiental em 21 anos (1991-2012).** Revista Biotecnologia & Ciência 5, 01-08.
- PEDRO, J., 2008. **Detecção da citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade, do inseticida fipronil no organismo teste *Allium cepa*.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) -Programa De Pós-Graduação Em Ciências Biológicas Biologia Celular E Molecular, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/87704>. Acesso em: 19/06/2021.

PEREIRA, A. DA C., 2014. **Utilização de parâmetros físico-químicos e biológicos para avaliar a influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade ambiental no Alto Rio Pará.** Dissertação (Mestrado em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, Universidade Federal de São João Del-Rei.

PEREIRA, M.C.B., MENDES, C.A.B., GREHS, S.A., BARRETO, S.R., BECKER, M., LANGE, M.B.R., DIAS, F.A., 2004. **Bacia hidrográfica do rio Miranda: estado da arte.** 1 Edição, Editora UCDB, Campo Grande, MS.

PIMENTA, V.M.S.D., 2008. **Avaliação das águas superficiais do rio Paraguai no trecho de Cáceres (MT) pelo teste de micronúcleo em peixes e teste mancha de asas de Drosophila.** Tese (Doutorado em Genética e Bioquímica) - Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/15686/1/Vania.pdf>. Acesso em: 28/10/2021.

PIRATOBA, A.R.A., RIBEIRO, H.M.C., MORALES, G.P., GONÇALVES, W.G., 2017. **Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil.** Ambiente & Água 12, 436-456. <https://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

Possavatz, J., Zeilhofer, P., Pinto, A. A., Tives, A. L., Dores, E. F. G. de C., 2014. Resíduos de pesticidas em sedimento de fundo de rio na Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Ambiente & Agua 9, 84-96. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1263>.

QUINTELA, F.M., PINO, S.R., SILVA, F.C., LOEBMANN, D., COSTA, P.G., BIANCHINI, A., MARTINS, S.E., 2019. **Arsenic, lead and cadmium concentrations in caudal crests of the yacare caiman (*Caiman yacare*) from Brazilian Pantanal.** Science of the Total Environment 707, 135479. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135479>.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020. **R: a language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <http://www.R-project.org>.

REBOUÇAS, P.M., DE LIMA, L.R., DIAS, I.F., BARBOSA FILHO, J.A.D., 2014. **Influência da oscilação térmica na água da piscicultura.** Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 2, 35-42. <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v02n02a01>.

REYES, P., SABINO, J., GALETTI, M., 2009. **Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil.** Acta Oecologica 35, 136-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2008.09.007>.

- RIBEIRO, N.U.F., AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P., 2018. **Peixes como bioindicadores de agrotóxicos em ambientes aquáticos**. Revista Científica ANAP Brasil 11, 65-75.
- RIVEROS, A.F., SOLÓRZANO, J.C., MONACO, I DE A., CARDOSO, C.A.L., SÚAREZ, Y.R., VIANA, L.F., 2021. **Toxicogenetic effects on fish species in two sub-basins of the upper Paraguay river, Southern Pantanal – Brazil**. Chemosphere 264, 128383. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128383>.
- ROCHA, B.C.P., 2011; **Relações Entre Acúmulo De Metais Em Tecido Muscular De Peixes Com Diferentes Hábitos Alimentares Coletados Na Bacia Hidrográfica Do Turvo/Grande**. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/97776>. Acesso em: 22/06/2021.
- SAMPAIO, A.C.S., 2003. **Metais pesados na água e sedimento dos rios da Bacia do Alto Paraguai**. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1473>. Acesso em: 16/05/2021.
- SANCHES, A., GALETTI JR, P.M., 2007. **Genetic evidence of population structuring in the neotropical freshwater fish *Brycon hilarii* (Valenciennes, 1850)**. Brazilian Journal Of Biology 67, 889-895.
- SÁNCHEZ-ACEVES, L.M., PÉREZ-ALVAREZ, I., GÓMEZ-OLIVÁN, L.M., ISLAS-FLORES, H., BARCELÓ, D., 2021. **Developmental alterations, teratogenic effects, and oxidative disruption induced by ibuprofen, aluminum, and their binary mixture on *Danio rerio***. Environmental Pollution 291, 118078. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118078>.
- SANTOS, D.R. DOS, 2013b. **Uso de biomarcadores na avaliação da resposta de peixes à poluição aquática nos reservatórios do Iraí e Passaúna**. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35070>. Acesso em: 19/06/2021.
- SANTOS, R.L. DOS., 2013a. **Status taxonômico das populações de *Ancistrus* (Siluriformes: Locariidae) em afluentes do alto Rio Aquidauana**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/1999>. Acesso: 15/06/2021.

SANTOS, S.L. DOS. S., VIANA, L.F., MEREY, F.M., CRISPIM, B. DO A., SOLORZANO, J.C., BARUFATTI, A., CARDOSO, C.A.L., LIMA-JUNIOR, S.E., 2020. **Evaluation of the water quality in a conservation unit in Central-West Brazil: Metals concentrations and genotoxicity *in situ***. *Chemosphere* 251, 126365. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126365>.

SCALON, M.C.S., 2009. **Avaliação dos efeitos genotóxicos da água do rio dos Sinos sobre peixes e vegetais**. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Centro Universitário Feevale. Disponível em: <http://www.feevale.br/site/files/documentos/pdf/30384.pdf>. Acesso em: 27/10/2021.

SCHMID, W., 1975. **The micronucleus test**. *Mutation Research* 31, 9-15. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(75\)90058-8](https://doi.org/10.1016/0165-1161(75)90058-8).

SERRÃO, C.R.G., PONTES, A.N., DANTAS, K.G.F., FILHO, H.A.D., PEREIRA JÚNIOR, J.B., NUNES, P.O., CARVALHO, F.I.M., PALHETA, D.C., 2014. **Biomonitoramento de Elementos Metálicos em Peixes de Água Doce da Região Amazônica**. *Revista Virtual de Química* 6, 1661-1676. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20140107>.

SHIBATTA, O.A., GEALH, A.M., BENNEMANN, S.T., 2007. **Ictiofauna dos trechos alto e médio da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil**. *Biota Neotropica* 7, 126-134.

SILVA, A.E. DA, SERAKIDES, R., CASSALI, G.D., 2004. **Carcinogênese hormonal e neoplasias hormônio-dependentes**. *Ciência Rural* 34, 625-633.

SOS PANTANAL, 2020. **O desequilíbrio entre as cheias e secas no Pantanal**. Disponível em: <https://www.sospantanal.org.br/o-desequilibrio-entre-as-cheias-e-secas-no-pantanal/>. Acesso em: 18/07/2021.

SOUZA, D.F. DE, PINTO A.L., MENDES, A.M.S., OLIVEIRA, G.H. DE, 2012. **Classificação CONAMA das limitações de uso da água superficial da lagoa maior, Três Lagoas/MS**. *Revista Geonorte* 3, 771-780.

SOUZA, T. DA S., FONTANETTI, C.S., 2006. **Micronucleus test and observation of nuclear alterations in erythrocytes of Nile tilapia exposed to Waters affected by refinery effluent**. *Mutation Research* 605, 87-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrgentox.2006.02.010>.

TOMÁS, W., BORGES, P.A.L., ROCHA, H.J.F., FILHO, R.S., JÚNIOR, F.K., UDRY, T.V., 2000. **Potencial dos rios Aquidauana e Miranda, no pantanal de Mato Grosso Do Sul, para a conservação da ariranha (*Pteronura brasiliensis*)**. III Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal.

TOMAZ, B.C.A., FERRI, R.N. DA S., BOSCHINI FILHO, J., 2016. **Frequência de micronucleação e outras alterações nucleares em células da mucosa bucal de pacientes anêmicos**. Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba 18, 214-220. <http://dx.doi.org/10.5327/Z1984-4840201626811>.

TONELINE, M.T., FILHO, J.B., RODRIGUEIRO, D.A., NOVO, N.F., 2014. **Frequência de micronúcleos e outras alterações nucleares em pacientes portadores de diabetes mellitus**. Revista da Faculdade de Ciências Médicas 16, 80-85.

TORRES-BUGARÍN, O., RAMOS-IBARRA, M.L., 2013. **Utilidad de la Prueba de Micronúcleos y Anormalidades Nucleares en Células Exfoliadas de Mucosa Oral em la Evaluación de Daño Genotóxico y Citotóxico**. Internation Journal of Morphology 3, 650-657.

TROLLY, T.S. DE, 2019. **Avaliação de genotoxicidade em peixes de duas áreas portuárias do rio Tapajós, no oeste do Pará**. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Programa de Pós-Graduação em Biociências, Universidade Federal do Oeste do Pará. Disponível em: <https://repositorio.ufopa.edu.br/jspui/handle/123456789/483>. Acesso em: 16/06/2021.

VANZETTO, G.V., 2014. **A utilização de bioindicadores para avaliar o potencial mutagênico e citotóxico das águas do rio Pirapó, região norte do Paraná, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6923> Acesso em: 28/10/2021.

VERRI, A.M., MOURA, A. DE A., MOURA, V.M., 2017. **Testes citogenéticos na avaliação da genotoxicidade de produtos naturais provindos de plantas medicinais**. Revista UNINGÁ Review 30, 55-61.

VIANA L.F., CRISPIM, B. DO A., BARUFATTI, A., LIMA-JUNIOR, S.E., 2020. **Existem diferenças na frequência de micronúcleos em *Astyanax lacustris* em relação ao sexo, massa e comprimento?** Research, Society and Development 9, e181985151. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5151>.

VIANA, L.F., SÚAREZ, Y.R., CARDOSO, C.A.L., CRISPIM, B. DO A., GRISOLIA, A.B., LIMA-JUNIOR, S.E., 2017. **Mutagenic and genotoxic effects and metal contaminations in fish of the Amambai River, Upper Paraná River, Brazil.** Environmental Science and Pollution Research 24, 27104-27112. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-017-0276-8>.

VILCHES, M., 2009. **Análise genotóxica do Rio Cadeia/RS através do ensaio cometa e teste de micronúcleo e anormalidades nucleares utilizando peixes como bioindicadores.** Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Centro Universitário Feevale. Disponível em: <http://www.feevale.br/site/files/documentos/pdf/28073.pdf>. Acesso em: 19/06/2021.

VILLARES-JUNIOR, G.A., CARDONE, I.B., GOITEIN, R., 2016. **Comparative feeding ecology of four syntopic *Hypostomus* species in a Brazilian southeastern river.** Brazilian Journal of Biology 76, 692-699. <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.00915>.

ZAWADZKI, C.H., RENESTO, E., PERES, M.D., PAIVA, S., 2008. **Allozyme variation among three populations of the armored catfish *Hypostomus regani* (Ihering, 1905) (Siluriformes, Loricariidae) from the Paraná and Paraguay river basins, Brazil.** Genetics and Molecular Biology, 31, 767-771.

ZUNTINI, D., VICENTIN, W., COSTA, F.E. DOS. S., MARQUES, S.P., BARBOZA, E.G., 2004. **Alimentação natural da Piraputanga, *Brycon hilarii* (Teleostei- Characidae) no Rio Miranda, Município de Jardim, MS - Projeto Piracema.** IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal Corumbá/MS. Disponível em: https://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/bioticos/601RB-ZUNTINI_1_OK31Visto.pdf. Acesso em: 20/06/2021.