

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DA ÁGUA DO IGARAPÉ 2 DE ABRIL UTILIZANDO O LAMBARI (*Astyanax sp*) COMO ORGANISMO BIOINDICADOR

ECOTOXICOLOGICAL EVALUATION OF IGARAPÉ 2 DE ABRIL WATER USING LAMBARI (*Astyanax sp*) AS A BIOINDICATOR ORGANISM

Nicoli Pereira de Cristo^{1*}, Bianka Raiany da Silva¹, Everaldo Gonçalves Moreira¹, Francisco Carlos da Silva²

1. Graduandos do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná CEULJI/ULBRA.

2. Biólogo, Doutor e docente do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Luterano de Ji-Paraná CEULJI/ULBRA.

*Autor correspondente: nicoli_de_cristo@hotmail.com

Recebido: 29/06/2017; Aceito 10/11/2017

RESUMO

A água é um recurso indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos, mas devido à grande atividade antrópica, os corpos hídricos têm sofrido com a poluição que cresce cada vez mais de forma assustadora, pois ao mesmo tempo em que os rios são pontos de captação de água para abastecimento da cidade, são utilizados também como receptores para os dejetos de esgotos urbanos, lixos, e efluentes industriais. Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar as condições ambientais, a qualidade físico-química da água e a presença de alterações nucleares (presença de micronúcleo) em eritrócitos periféricos da espécie de peixe *Astyanax sp*, que ocorrem no Igarapé 2 de Abril que percorre parte do perímetro urbano do município de Ji-Paraná, estado de Rondônia. Foram realizadas coletas de amostras de água e animais em quatro pontos diferentes no percurso do Igarapé que compreende desde a nascente até sua foz. Os resultados demonstraram que os parâmetros físico-químicos estão de acordo com a resolução do CONAMA para águas de classe 3, com exceção do Manganês que se manteve com valor alterado em todos os pontos. Em relação à análise da frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos da espécie de peixe *Astyanax sp*, apenas os animais coletados no ponto 2 apresentou alterações significativas quando comparado com os demais pontos de coleta, já sendo um resultado esperado pois se tratava de uma região caracterizada por proximidade a uma rodovia de grande fluxo de veículos pesados, moradias residenciais, oficinas e grandes empresas, que fazem deste ponto o receptor de despejo de efluentes desses locais.

Palavras Chave: Biomonitoramento, físico-químico, micronúcleos e *Astyanax sp*.

ABSTRACT

Water is an indispensable resource for the survival of all living beings, but due to the great anthropic activity, the water bodies have suffered with the pollution that grows in a frightening way, because at the same time that the rivers are points of capitation of water for supply of the city, they are also used as receptacles for municipal sewage, waste, and industrial effluents. Therefore, the present study aimed to evaluate the environmental conditions, the physical-chemical quality of the water and the presence of nuclear alterations (presence of micronucleus) in peripheral erythrocytes of the species *Astyanax sp*, which occur in Igarapé 2 de Abril, that crosses part of the urban perimeter of the city of

Ji-Paraná, state of Rondônia. Collections of water and animals samples were collected at four different points in the course of the stream that reached from the source to its mouth. The results showed that the physicochemical parameters are in agreement with the resolution of CONAMA for waters of class 3, with the exception of the Manganese that remained with altered value in all points. In relation to the analysis of the frequency of micronuclei in peripheral erythrocytes of the species *Astyanax sp.*, only the animals collected in point 2 had a significant presence of micronuclei in comparison to the other collection points, however it was an expected result because it is a region characterized by proximity to a highway of large flow of heavy vehicles, residential houses, workshops and large companies that make this point the receiver of effluent disposal of these sites.

Keywords: Biomonitoring, physico-chemical, micronuclei and *Astyanax sp.*

1. INTRODUÇÃO

A água é um componente essencial para a vida de todos os seres vivos e seu valor é indeterminável, além de possuir diversas utilidades e suas fontes serem abundantes, seu volume presente na natureza é limitado cada vez mais devido à grande expansão populacional [1]. É um recurso que se tornou indispensável para as atividades humanas, pois desde a antiguidade já se utilizavam os rios como rotas de transportes para entrega de mantimentos [2] e com o crescimento da área urbana e industrial, cresce também a necessidade de água para abastecimento delas, tornando evidente o quanto as atividades humanas realizadas atualmente estão dependentes da utilização da água disponível [3]. O Brasil é um país que possui abundância em água, porém em consequência da ação antrópica relacionada ao crescimento desordenado da população, certas áreas se tornaram carentes deste recurso [4] que está cada vez mais limitado e comprometido por causa da poluição e degradação que vem sofrendo.

Os pontos de captação de água para abastecimento das grandes cidades, servem também como receptores para os dejetos de esgotos urbanos, lixos, e efluentes industriais [5]. Devido a isso, cresceu nas últimas décadas o interesse de se conhecer os componentes químicos e biológicos presentes no ambiente aquático, os quais podem trazer risco à saúde humana e ao ecossistema [6], por ser um ambiente que recebe constantemente diversas substâncias tóxicas que podem se manifestar de diversas maneiras nos organismos [7], podendo causar alteração fisiológica e estruturais em órgãos e tecido, prejudicando seu crescimento e reprodução [8]. Os testes realizados com os animais presentes nesses ambientes servem como forma de monitoramento, para determinar qual o efeito está sendo causado nos organismos que estão em contato com o poluente [7].

Nos últimos anos vem sendo utilizado organismos considerados biomonitores como alerta para a população sobre os riscos que o ambiente se encontra [9], principalmente aqueles que estão em contato direto com o ambiente aquático e com os componentes que

são despejados nele. O biomonitoramento é realizado diante de três parâmetros: quando existe a possibilidade de animais nativos estarem ameaçados, quando o consumo desses animais contaminados pode causar danos à saúde humana e quando há o interesse de se conhecer a qualidade daquele determinado ambiente. Desta forma, são utilizados organismos que estão em contato com poluentes, e no ambiente aquático vários organismos podem ser considerados bioindicadores ambientais como os peixes, principalmente por serem um grande causador de contaminação para os humanos [6].

Os peixes são grandes bioindicadores por fornecerem informações sobre o estado em que se encontra seu habitat ao apresentarem respostas a agentes poluidores ambientais, sendo muito utilizado o teste que detecta alterações nucleares em células sanguíneas como o teste do micronúcleos na avaliação dessas respostas, haja vista ser um teste prático para observar a presença de alterações cromossômicas [10].

Os animais aquáticos têm sido utilizados com frequência no monitoramento da qualidade da água dos efluentes e águas superficiais, por apresentarem respostas rápidas mesmo em baixa concentração de agentes tóxicos de ação direta ao organismo [11]. Entre estes agentes tóxicos podem estar presentes resíduos químicos e grandes quantidades de matéria orgânica de origem urbana e rural, tendo em vista que, na maioria

das vezes estes rios percorrem os dois ambientes.

Parte do município de Ji-Paraná é percorrido pelo igarapé 2 de abril que surge na área rural e percorre o perímetro urbano e por ser afluente do principal fornecedor do pescado do município, torna-se importante demonstrar suas condições ecotoxicológicas. Este igarapé possui a maior extensão dentro da área urbana de Ji-Paraná, tendo seu curso natural alterado com aproximadamente 2,9 km de sua extensão canalizada, o que tornou 40% do seu percurso totalmente impermeável [12]. Porém, por toda a sua extensão são visíveis manilhas que despejam ali os dejetos finais dos esgotos da área urbana e são carregados diretamente para o leito do Rio Machado, destino final deste e de vários outros efluentes e de onde vem maior parte do pescado consumido no município.

Tendo em vista a importância deste corpo hídrico e para prevalecer a Política Estadual de Recursos Hídricos, através do Sistema de Gerenciamento e do Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia (2002), que assegura que a preservação e conservação dos corpos hídricos implicam no seu uso racional, na aplicação de medidas de controle da poluição e na manutenção do seu equilíbrio físico-químico e biológico, este estudo objetivou avaliar as condições ambientais do Igarapé 2 de abril, a qualidade físico-química da água e a presença de alterações nucleares (presença de

micronúcleo) em eritrócitos periféricos da espécie de peixe *Astyanax sp.*, considerado um organismo bioindicador de qualidade ambiental, que ocorrem nos pontos monitorados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostras de água e os animais utilizados como bioindicadores foram

coletados em quatro pontos demarcados no percurso do igarapé 2 de abril que compreende desde a nascente até a sua foz conforme as coordenadas geográficas a seguir: O Ponto 1 ($10^{\circ}51'17.77''S$ x $61^{\circ}59'48.08''O$) localizado em uma área rural, o Ponto 2 ($10^{\circ}51'45.85''S$ x $61^{\circ}58'25.50''O$) percurso inicial da área urbana, o Ponto 3 ($10^{\circ}52'23.69''S$ x $61^{\circ}57'17.54''O$) percurso intermediário próximo ao centro da cidade e o Ponto 4 ($10^{\circ}53'7.75''S$ x $61^{\circ}56'42.12''O$) foz do Igarapé 2 abril.

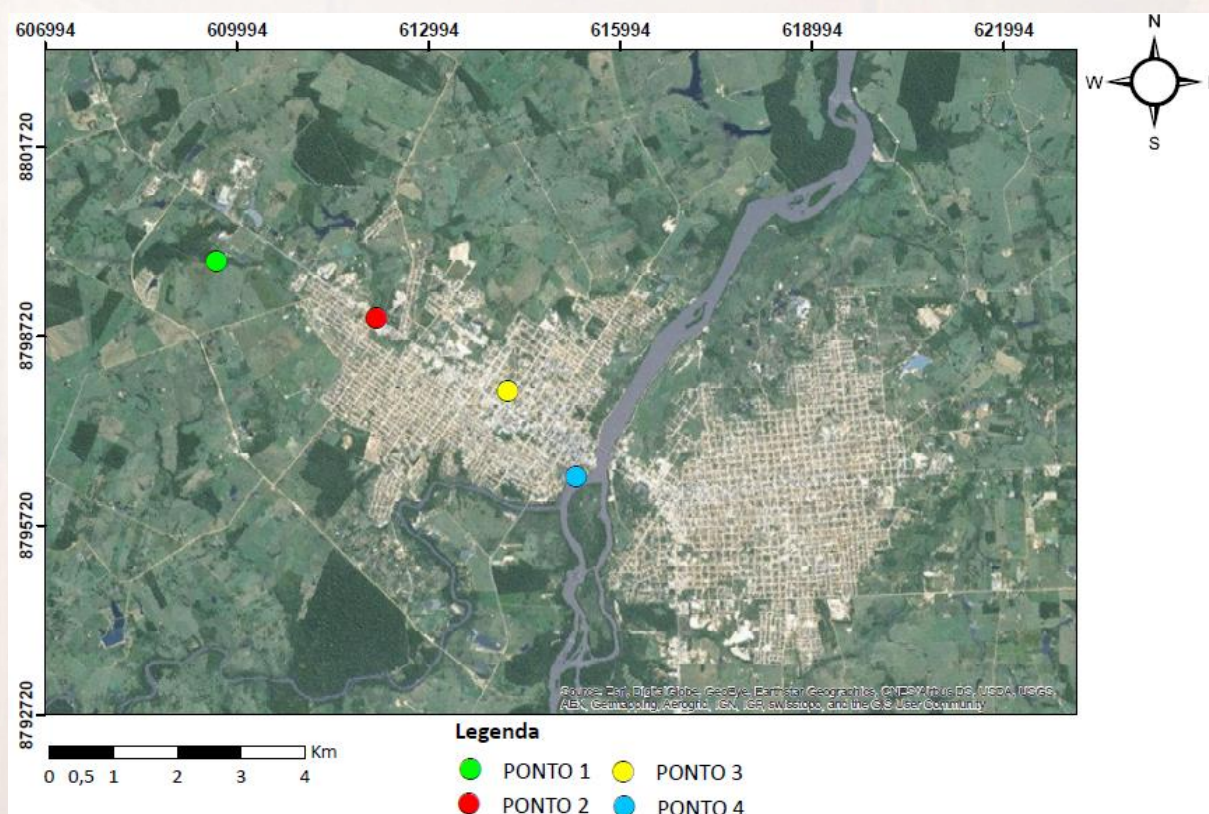


Figura 1: Imagem aérea do Município de Ji-Paraná e demarcação dos pontos de coleta no igarapé 2 de abril.

2.2 AMOSTRAS DE ÁGUA

Para a análise físico-química, amostras de água foram coletadas nos dias 28/08/2016 e 27/09/2016, em recipientes próprios para coletas e armazenadas temporariamente em caixa térmica refrigerada, até serem conduzidas ao laboratório de análises. Os parâmetros avaliados foram: pH, Condutividade Elétrica, Ferro, Alumínio, Cloreto Total, Sulfato, Zinco, Manganês, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Cobre. As análises foram feitas conforme a metodologia (SMWW): “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 21ª edição, 2005, tendo como referência os valores estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005, publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, para águas doces de classe 3, que são águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais.

Para os parâmetros de pH e condutividade elétrica, foram escolhidos três locais aleatórios no local de coleta de cada ponto e medidos através de pHmetro e condutímetro portáteis, ambos da marca Alfakit, utilizando como resultado a média dos três valores para cada parâmetro.

2.3 ESPÉCIE DE PEIXE UTILIZADO COMO BIOINDICADOR

Foram utilizados peixes do gênero *Astyanax* (lambari) como organismo bioindicador e a captura foi feita nos pontos determinados com auxílio de equipamentos de pesca. As coletas dos animais foram realizadas juntamente com as coletas das águas, foram coletados 8 espécimes em cada ponto, totalizando a pesquisa com 32 peixes.

Os animais foram acondicionados em recipientes contendo água do mesmo local e encaminhados para o laboratório imediatamente. Os peixes desse gênero são de pequeno porte (podendo atingir cerca de 10 cm), com hábitos em regiões mais profundas dos rios e próximo às pequenas vegetações, apresentando uma variabilidade alimentar. O protocolo para este experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), protocolo número 2016.109 e pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, protocolo número 50210-1.

2.3.1 Coleta de amostras biológicas

Imediatamente após a retirada dos animais da água, eles foram imobilizados sobre uma bandeja úmida com água até o momento da eutanásia que foi efetuada por atordoamento e decapitação cervical, logo em seguida, uma

amostra de sangue periférico foi obtida para ser utilizada no teste do micronúcleo.

2.3.2 Teste do micronúcleo

Uma gota (~ 50µL) de sangue foi utilizada para preparação de cada lâmina. Dois esfregaços de sangue para cada animal foram realizados com a utilização de lâminas novas e limpas, sendo secas ao ar livre por um período de no mínimo 12 horas. Após a secagem, as lâminas foram coradas com Giemsa a 10% diluída em tampão fosfato, com pH 5,8 por 10 minutos. Decorrido este tempo as lâminas foram lavadas suavemente em água destilada para a retirada do excesso de Giemsa e deixada à temperatura ambiente para secar.

Após a secagem as lâminas foram acondicionadas e guardadas em caixas próprias, para serem analisadas posteriormente. A frequência de micronúcleos foi determinada em 2000 eritrócitos para cada animal através da objetiva de 100X.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi realizada a análise de variância pelo teste ANOVA, utilizando Tukey como uma contraprova, efetuando a comparação das médias dos diversos pontos amostrados com controle negativo, para tanto foi utilizado o programa Prisma 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As condições ambientais do local dos pontos monitorados dentro do perímetro urbano demonstraram não favorecer a qualidade de vida animal e de plantas. Foi observado uma grande concentração de massa orgânica no fundo do rio, o que leva à produção de quantidades excessivas de lodo e à liberação de vários compostos orgânicos, que podem ser tóxicos ou produzir sabor e odor desagradáveis. Observou-se também alta turbidez o que pode estar dificultando a penetração da luz solar. A grande concentração de matéria orgânica no ambiente aquático pode causar uma grande diminuição na presença de oxigênio na água, comprometendo a vida da comunidade aquática [15 e 16].

Quanto a análise físico-química, o parâmetro Manganês encontra-se alterado em todos os pontos monitorados (Tabela 1). Os demais parâmetros mantiveram-se dentro dos valores máximos permitidos para águas doces de classe 3. Íons de manganês presentes em águas para abastecimento ocasionam depósito e incrustação; favorecem o aparecimento de bactérias nocivas causadoras de ferrugem nas redes de abastecimento, também são responsáveis pelo surgimento de gosto e odor na água e ocasionam manchas nas roupas e nos aparelhos sanitários, podendo interferir também em processos industriais [17].

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos de amostras de água coletadas no igarapé 2 de abril.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	VMP
					Conama 357/2005
Ferro	2,10	2,35	1,66	2,92	5 mg/L
Alumínio	0,13	0,08	0,05	0,22	0,2 mg/L
Cloreto Total	28,40	21,30	35,50	42,60	250 mg/L
Sulfato	37,73	2,81	2,12	13,52	250 mg/L
Zinco	0,60	0,32	0,28	0,70	5 mg/L
Manganês	0,72*	3,20*	1,39*	1,61*	0,5 mg/L
Nitrato	6,51	0,35	0,04	6,60	10 mg/L
Nitrito	0,07	0,95	0,20	0,30	1 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	-	-	-	-	13,3 mg/L
Cobre	0,11	-	-	0,48	1 mg/L
pH	6,3	6,2	6,5	6,6	6,0 - 9,0
Cond. Elétrica	105,3	54,9	118	120	-

* Parâmetro alterado

O teste biológico de mutagenicidade demonstrou aumento significativo da frequência de micronúcleos no sangue periférico dos animais do ponto 2 quando comparado aos animais do ponto 1 (fora do ambiente urbano) (Figura 2). O ponto 2 encontra-se na proximidade de uma rodovia de grande fluxo de veículos pesados, indústria de

manilhas, residências, oficinas e grandes empresas, que fazem deste ponto o receptor de despejo de efluentes, indicando a presença de substâncias capazes de danificar o material genético dos peixes. Os demais pontos, 3 e 4 não apresentaram diferenças significativas quando comparados com o ponto 1, nem entre si.

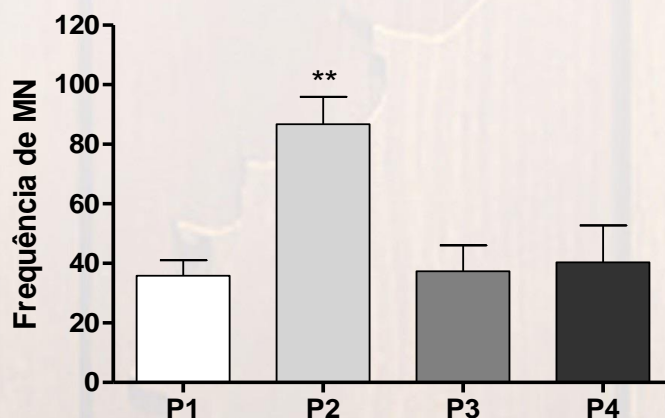


Figura 2: Frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos dos peixes monitorados. (N = 8); ** nível de significância $p < 0,01$.

A alteração na frequência de micronúcleo registrado nos animais do ponto 2 pode estar relacionada ao fato dos animais estarem expostos a um ambiente que recebem efluentes contendo resíduos tóxicos que induzem a mutagenicidade. Os animais podem bioacumular metais pesados presentes no ambiente e incorporá-los na cadeia trófica e a maioria desses poluentes possui um potencial tóxico comprovado, sendo assim, são capazes de induzir efeitos deletérios aos organismos vivos expostos [7].

Os danos causados às estruturas cromossômicas estão relacionados à exposição do DNA diretamente com o agente mutagênico, ou devido a defeitos intracelulares durante a replicação, recombinação ou mecanismo de reparo do DNA [15]. Os micronúcleos são fragmentos de cromossomos, ou até mesmo cromossomos inteiros que não foram incorporados no núcleo da célula filha durante a divisão celular [18], sendo assim os efeitos causados por agentes mutagênicos podem ser detectados através da presença de micronúcleos [19].

As coletas foram realizadas no período de final da seca, quando os níveis das águas estavam reduzidos, conseqüentemente as substâncias presentes nas águas estavam mais concentradas. Os resultados encontrados por Da Silva-Souza e Fontanetti [20] também apresentaram maior elevação de micronúcleos nos períodos de seca, sugerindo que a presença dos poluentes está diretamente relacionada a

sazonalidade do momento, ficando mais concentrado em épocas de seca e mais diluídos nos períodos chuvosos, pois devido à baixa das águas ocorre uma maior interação das substâncias químicas com a água [21]. Christofolletti [22] também confirma que os resultados têm influência direta com a sazonalidade, porém em seu estudo foi encontrado maior concentração de micronúcleos nas coletas realizadas durante o período chuvoso, isso devido ao grande transporte de substâncias citotóxicas pelas águas das chuvas para os corpos hídricos.

Através dessa pesquisa e concordando com Vilches [15], existe uma desvantagem da análise físico-química, por registrar apenas os valores do momento em que as amostras foram coletadas, sendo necessárias várias coletas em diferentes períodos de tempo para um monitoramento efetivo, enquanto que os peixes metabolizam substâncias poluentes diretamente da água, mostrando que mesmo dentro dos valores padrões, alguns parâmetros podem estar degradando aquele ambiente.

4. CONCLUSÕES

Os pontos do igarapé 2 de abril monitorados através desta pesquisa apresentaram condições ambientais desfavoráveis para qualidade de vida animal e de plantas. A análise físico-química apresentou que todos os parâmetros analisados, com exceção do Manganês, encontram-se dentro

dos valores estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005, para águas doces de classe 3, e foram registradas alterações significantes na frequência de micronúcleos apenas no ponto 2. Assim conclui-se que o monitoramento físico-químico isoladamente é pouco eficiente na detecção de alterações no ambiente aquático e insuficiente para determinar alterações na qualidade da água, sendo necessário estender a avaliação aos animais que vivem nestes ambientes.

É importante ressaltar a necessidade de um monitoramento contínuo da qualidade desse ambiente hídrico, em todos os períodos sazonais, pois tem grande importância ecológica e socioeconômica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MEDEIROS, S. S., SOARES, A. A., RAMOS, M. M., MANTOVANI, E. C., SOUZA, J. A. A. **Avaliação do manejo de irrigação no Perímetro Irrigado de Pirapora, MG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.1, p.80-84, 2003.
- [2] JOHNSON, B. L., RICHARDSON, W. B., NAIMO, T. J. **Past, Present, and Future Concepts in Large River Ecology.** BioScience Vol. 45, nº 3, p. 134-14, March 1995.
- [3] GAVRONSKI, L. **Avaliação da Mutagenicidade de Amostras de Água do Rio dos Sinos através do Teste Allium cepa. Canoas, 2008.** 54p. (Dissertação) Mestrado em Genética e Toxicologia. Universidade Luterana do Brasil do Rio Grande do Sul.
- [4] DONADIO, N. M. M., GALBIATTI, J. A., PAULA, R. C. **Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil.** Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan/abr. 2005.
- [5] SILVA, A. C.; NEPOMUCENO, J. C. **Avaliação da frequência de micronúcleos em eritrócitos periféricos de mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) do rio Paranaíba.** Perquirere (UNIPAM), v. 1, p. 167-179, 2010.
- [6] BENINCÁ, C. **Biomonitoramento das lagoas Estuarinas do Camacho – Jaguaruna (SC) e Santa Marta – Laguna (SC); utilizando *Geophagus brasiliensis* (Cichilidae).** (Dissertação) Mestrado em Genética. Universidade Federal do Paraná, 2006.
- [7] LINS, J. A. P. N., KIRSCHNIK, P. G., QUEIROZ, V. S., CIRIO, S. M. **Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático.** Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambiental, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 469-484, out/dez. 2010.
- [8] WINKALER, E. U., SILVA, A. G., GALINDO, H. C., MARTINEZ, C. B. R. **Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 23, n. 2, p. 507-514, 2001.
- [9] VILLELA, I. V., OLIVEIRA, I. M., SILVEIRA, J. C., SILVA, J., HENRIQUES, J. A. P. **Avaliação da genotoxicidade ambiental da bacia do lago guaíba utilizando o Mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) como organismo biomonitor.** In: Teresinha Guerra. (Org.). Conhecer para Gerenciar – Aspectos Ambientais e Sociais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba. Porto Alegre: Nova Prova, 2007.
- [10] MARQUES, A. E. M. L. **Comparação entre contagens de eritrócitos periféricos pelo teste do micronúcleo písceo em *Astyanax fasciatus* submetida à contaminação por sulfato de cobre.** Monografia apresentada à disciplina BR016 –

Estagio em Genética, como requisito à conclusão do curso de Ciências Biológicas, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2011.

[11] ALI, F. K; EL-SHEHAWI, A. M; SHEEHY, M. A. **Micronucleus test in fish genome: A sensitive monitor for aquatic pollution.** African Journal of Biotechnology Vol. 7 (5), pp. 606-612, 4 March, 2008.

[12] SANTOS, A. M.; ANDRADE, N. L. R.; REIS, R. D.; ROSA, A. L. D.; RIBEIRO, J. G. S. **Sensoriamento Remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia.** In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2011, CURITIBA. Anais: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. v. único.

[13] LEI COMPLEMENTAR Nº 255, DE 25 DE JANEIRO DE 2002. **Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia.** DOE Nº 4909, DE 25 DE JANEIRO DE 2002.

[14] CONAMA – **Conselho Nacional do Meio ambiente. Resolução 357/2005.** Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> [acesso em: 19 de março de 2017].

[15] VILCHES, M. **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. Novo Hamburgo, 2009.

[16] DUARTE, I. D.; DIAS, M. C.; DAVID, J. A. O.; MATSUMOTO, S. T. **A qualidade da água da Lagoa Jacuném (Espírito Santo, Brasil) em relação a aspectos genotóxicos e mutagênicos, mensurados respectivamente pelo ensaio do cometa e teste do micronúcleo em peixes da espécie *Oreochromis niloticus*.** Revista Brasileira de Biociências (Online), v. 10, p. 211-2019, 2012.

[17] MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. **Oxidação e remoção de ferro e manganês em água para fins de abastecimento público ou industrial - uma abordagem geral.** Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 4, p. 29-43, 2012.

[18] SATAKE, F; PÁDUA, S. B; ISHIKAWA, M. M. **Distúrbios morfológicos nas células sanguíneas em peixes de cultivo: uma ferramenta prognóstica.** In: Tavares-Dias, M. (Org.). Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo. Macapá: Embrapa Amapá, v. p. 330-345, 2009.

[19] FERRARO, M. V. M. **Avaliação de três espécies de peixes - *Rhamdia quelen*, *Cyprinus carpio* e *Astyanax bimaculatus*, como potenciais bioindicadores em sistemas hídricos através dos ensaios: cometa e dos micronúcleos.** (Dissertação) Doutorado em Ciências Biológicas área de concentração Genética. Universidade Federal do Paraná, 2009.

[20] DA SILVA-SOUZA. T.; FONTANETTI, C. S. **Micronucleus test and observation of nuclear alterations in erythrocytes of Nile tilapia exposed to waters affected by refinery effluent.** Mutation Research. Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis , v. 605, p. 87-93, 2006.

[21] DUARTE, I. D.; DIAS, M. C.; DAVID, J. A. O.; MATSUMOTO, S. T. **A qualidade da água da Lagoa Jacuném (Espírito Santo, Brasil) em relação a aspectos genotóxicos e mutagênicos, mensurados respectivamente pelo ensaio do cometa e teste do micronúcleo em peixes da espécie *Oreochromis niloticus*.** Revista Brasileira de Biociências (Online), v. 10, p. 211-2019, 2012.

[22] CRISTOFOLETTI, C. A. **Avaliação dos potenciais citotóxico, genotóxico e mutagênico das águas de um ambiente lântico, por meio dos sistemas-teste de *Allium cepa* e *Oreochromis niloticus*.** (Dissertação) Mestrado em Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista, 2008.