



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA CIÊNCIAS NATURAIS

**O USO DE PROTETOR SOLAR PODE AFETAR O
COMPORTAMENTO DE TILÁPIAS?**

ISABELLA MARQUES RABELO

EDUARDO BESSA PEREIRA DA SILVA

Planaltina- DF, 2022



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA CIÊNCIAS NATURAIS

**O USO DE PROTETOR SOLAR PODE AFETAR O
COMPORTAMENTO DE TILÁPIAS?**

ISABELLA MARQUES RABELO

EDUARDO BESSA PEREIRA DA SILVA

*Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Banca
Examinadora, como exigência
parcial para a obtenção de título
de Licenciado do Curso de
Ciências Naturais, da Faculdade
UnB Planaltina, sob a orientação
do Prof. Dr. Eduardo Bessa
Pereira da Silva.*

Planaltina- DF, 2022

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todos que acreditaram e torceram por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e também aos meus pais Edina e Newton, por sempre terem me apoiado nessa caminhada, me incentivando sempre a dar meu melhor, investindo no meu futuro, indo atrás de peixe comigo mesmo estando cansados, ficando feliz e torcendo por cada vitória ainda que pequena. Agradeço a eles pela compreensão nesses últimos meses em que eu fiquei quase o dia inteiro no quarto escrevendo e estudando. Agradeço também às minhas irmãs Inglity, Iasmyn e Laura que sempre ficaram ao meu lado torcendo por mim, nas horas boas e ruins. Aproveitando o gancho de Irmã gostaria de agradecer minha irmã de coração, minha prima Fernanda que me ajudou a entrar na UnB, e sempre adorou escutar minhas descobertas sobre o tema do meu TCC. Agradeço também a todos meus familiares que me apoiaram e deram suporte de alguma forma Tia Gabi e sua família, Carol e Cayo, Kayo, bibica, Lili, meu sobrinho Guilherme e entre diversos familiares que fizeram parte dessa caminhada.

Queria agradecer também ao meu orientador Eduardo Bessa, que foi muito paciente comigo, sempre esteve ali me apoiando, e até mesmo me dando conselhos sobre o futuro e por ter confiado em mim para trabalhar com ele nesse estudo. E também agradeço por ter me apresentado o Comportamento Animal que está sendo uma das minhas paixões desde que a conheci. Por ser uma das pessoas que não me fizeram desistir do curso, e me inspiram como professora, nessa lista de inspiração coloco também as Professoras Cynthia Bisinoto, Priscila Coppola, Bianca Carrijo, Juliana Caixeta, Thatianny Silva, Viviane Falcomer entre outras professoras que levo como exemplo de amar o que faz.

Me ponho em agradecimento para a Professora do laboratório de química da UnB, Maria Lucília que nos forneceu a benzofenona, e também a piscicultura Vale do Sol, que deram os juvenis de tilápia para o estudo.

Agradeço também aos meus amigos, Bruno Marques, Brenda, Maria, Natália, Anderson e outros que talvez agora eu esqueça, que estiveram comigo desde as idas para o bar, dividiram comida comigo no R.U. e até mesmo nas tardes estudando no prédio velho, pegando matérias aleatórias comigo e por me ajudarem em algumas matérias, entre outros momentos incríveis que vou guardar eternamente.

E por último e não menos importante, agradeço também uma das pessoas, ou a pessoa, que mais me ajudou durante a faculdade e principalmente nesse projeto, a Mylena que sempre me encorajou, que me viu chorar de cansaço e de medo das coisas darem errado, mas que também me viu sorrir muito quando as coisas estavam dando certo, que sempre largou todas as coisas que tinha para fazer para me ajudar nas minhas coisas, por ser minha corretora oficial dos trabalhos que eu faço, aposto que outras pessoas não aguentariam nem $\frac{1}{3}$ do que você aguentou e me ajudou. Obrigada por tudo, e espero que me ajude futuramente nas pós (risos)!

RESUMO

O turismo vem aumentando cada vez mais, elevando o contato de turistas com o ambiente aquático, carregando para a água substâncias nocivas como a benzofenona, um componente presente no protetor solar e em outros tipos de cosméticos, que pode gerar mudanças no comportamento dos peixes. Analisamos 18 machos juvenis da espécie *Oreochromis niloticus* conhecida também como *Tilápia do Nilo*, ao ser exposta a quantidades de 0 µg, 2,5 µg, 5 µg e 10 µg/L de benzofenona por 1 h, 25 h, 37 h, 49 h, 73 h e 97 h sendo nossa hipótese que a agressividade seja diminuída, a latência para se alimentar seja em maior tempo e ficando muito tempo na parte de cima do aquário. Os tipos de testes que utilizamos foram: tempo gasto no fundo (uso da coluna d'água), latência em se alimentar e resposta ao espelho. Com o uso do pacote Past, com a função Kruskal-Wallis chegamos ao resultado que não percebemos nenhuma alteração na latência na alimentação e comportamento agressivo, porém notamos alteração no isso da coluna d'água entre as concentrações de 2,5 µg e 5 µg. Concluindo que precisaria de maior número de banhistas para aumentar a concentração dentro da água ou maior tempo de exposição para ocorrer uma alteração comportamental.

Palavras- chave: Benzofenona, Comportamento, Peixe.

1- INTRODUÇÃO

A prática do mergulho transporta seres terrestres, para um novo e fascinante ambiente onde os sons, a gravidade e os seres vivos atuam de forma distintas da superfície (ROWE e SANTOS, 2016). O mergulho aumenta a interação entre peixes e humanos, o que gera vários efeitos, tanto sobre os mergulhadores quanto sobre os peixes (BESSA et al., 2017). Por esse aumento, as questões ambientais precisam ser discutidas e observadas, na tentativa de reduzir os impactos ecológicos gerados pelo turismo em ambientes aquáticos. De acordo com Denchak (2018), a contaminação do meio aquático pode gerar ambientes tóxicos para a saúde de animais como os peixes, por exemplo, podendo ser causada por substâncias nocivas. O aumento do turismo em ambientes aquáticos e da prática de mergulho irá afetar o comportamento dos peixes devido à poluição proporcionada pelo turismo (CARIĆ & MACKELWORTH, 2014).

Nas últimas décadas, devido ao crescimento da consciência dos riscos a exposições ultravioletas, o uso de cosméticos solares também aumentou, começando a ocasionar a presença de substâncias como a benzofenona 3 (BZ-3) ou oxibenzona, 4-Metilbenzilideno (4-MBC), TiO₂ e ZnO no ambiente marinho. (TOVAR-SÁNCHEZ et. al, 2013). Segundo Downs et. al. (2015), a benzofenona 3 ou oxibenzona é considerada um contaminante que gera bastante preocupação em ambientes marinhos, chegando nesses ambientes através de banhistas e até mesmo de descargas residuais. Apesar de proteger contra a radiação UV (AGIN et al., 1998), os filtros solares podem levar ao abuso de exposição, gerar uma confiança exagerada no produto a despeito da forma de uso e pode reduzir a síntese de vitamina D (LODÉN et. al., 2011).

Um cálculo realizado por Danovaro et. al (2008), com base na Organização Mundial do Comércio das Nações Unidas, sugere que aproximadamente 16.000 a 25.000 toneladas de protetor solar vêm sendo utilizadas em países tropicais, 25% de protetor solar em ambientes aquáticos. Segundo o mesmo estudo aproximadamente 4.000 a 6.000 toneladas de protetor solar vêm sendo liberadas no meio aquático anualmente. A oxibenzona ou benzofenona 3 está presente em vários cosméticos, inclusive em protetores solares, podendo ser um risco para a

vida aquática. Segundo um estudo realizado por Rodil, et. al (2009) a benzofenona 3 possui uma toxicidade 43 vezes maior se comparado a outros filtros solares, como metoxicinamato de octila (EHMC), amiloxate (IAMC), ácido para aminobenzonico (OD-PABA), octocrileno (OC) e 4-Metilbenzilideno (4-MBC), no entanto, ela ainda é bastante utilizada. Essa substância está muito disseminada em corpos d'água em todo o mundo e não é retirada por processos comuns de tratamento de esgoto (SCHNEIDER E LIM, 2019), sendo encontrada até na água potável no Brasil (DA SILVA et al., 2015).

A Oxibenzona tem grande potencial de tornar-se um poluente prejudicial porque ela é muito estável no ambiente e se deposita sobre superfícies (LODÉN et. al., 2011). Além disso, ela se mostrou altamente tóxica em animais, como nas planárias (LI, 2012). Alguns efeitos subletais já conhecidos no ambiente aquático apontam impactos sobre a composição, estrutura celular, crescimento e biomassa de microalgas verdes (TEOH et al., 2020). Em corais construtores de recife, com alimentação filtradora que potencializa a bioacumulação, a oxibenzona em concentrações subletais levou ao branqueamento (SCHNEIDER E LIM, 2019), à retração do pólipo (CONWAY et al., 2021), alterou a microbiota simbiote e reduziu a capacidade fotossintética das zooxantelas (WIJGERDE et al., 2020). Nos peixes a oxibenzona foi letal para embriões de peixe zebra expostos por 96 h a uma concentração de 4,74 mg/L. Em concentrações sub-letais a oxibenzona atrasou a eclosão dos embriões, reduziu os movimentos de cauda e a frequência cardíaca (ZHANG et al., 2021). Peixes palhaços expostos à oxibenzona realizaram natação errática e pararam de comer, resultando na mortalidade de um quarto dos peixes após 97 h de exposição a uma concentração de 100 mg/L (BARONE et al., 2019). Um linguado marinho que recebeu uma injeção intraperitoneal de oxibenzona teve poucas alterações nas concentrações usadas, mas demonstrou natação aumentada e impactos estruturais no intestino e bioquímicos na ação enzimática do fígado (CARVALHAIS et al., 2021). A oxibenzona sofreu bioacumulação e biomagnificação em diversas espécies de peixes (revisado por SCHNEIDER E LIM, 2019). Outro efeito sub-letal previamente reportado em peixes diz respeito à feminização.

A exposição à oxibenzona resultou na produção de vitelogenina e feminização em trutas e medakas (CORONADO et al., 2008). Kunz e Fent (2006) citam que perceberam um nível alterado de estrogênios em algumas águas superficiais, águas residuais e em peixes que possuem resíduos de protetores solares. Esses níveis de vitelogenina e estrogênio podem resultar na redução dos comportamentos agressivos nos peixes, como cita Wilson, Boer, Arnott, Grimmer (2011). A agressividade tem importante papel na manutenção de território, competição por alimento e sítios de desova e na reprodução em diversas espécies de peixes (KEENLEYSIDE, 2012). A feminização proporcionada pela oxibenzona pode ter efeito marcante no comportamento agressivo em peixes, afetando toda a sua biologia, especialmente em espécies sabidamente agressivas e territoriais como os ciclídeos (GONÇALVES-DE-FREITAS et. al., 2019). No entanto, ainda faltam pesquisas sobre os efeitos sub-letais da oxibenzona sobre o comportamento, inclusive o comportamento agressivo, em peixes altamente territoriais. Segundo um estudo realizado por Chen et. Al. (2015) a Benzofenona-3 pode reduzir a agressividade, mesmo sem reduzir a atividade locomotora em peixes betta, atuando por vias endócrinas. Em peixe zebra, a oxibenzona inviabiliza o comportamento agressivo, reduz a socialidade e reduz a percepção de risco (MOREIRA E LUCCHIARI, 2022). Em conjunto, essas observações indicam que a exposição à oxibenzona deve ter importantes efeitos no comportamento natatório, uso do hábitat e na

agressividade de peixes territoriais como os ciclídeos, embora ainda não existam dados empíricos sustentando essa proposta.

Tilápias são animais prioritariamente de fundo (GONÇALVES- DE- FREITAS et. al. 2019), mas podem ir mais à superfície em situações de intoxicação por cobre (EZEONYEJIAKU, OBIAKOR, EZENWELU, 2011) carvão (SHRIVASTAVA, THAKUR, SHRIVASTAVA, 2011), por exemplo. Assim, medimos o tempo que os sujeitos experimentais passaram junto ao fundo, esperando que ele diminuísse com a dosagem e o tempo de exposição. Segundo, Volkoff e Peter (2006) fatores homeostáticos e ambientais regulam o comportamento alimentar, já que fatores hormonais centrais e periféricos, frequentemente afetados pela poluição, influenciam o apetite dos peixes. Assim, esperamos um aumento da latência com o tempo de exposição à benzofenona e sua dosagem. No chamado teste do espelho (GERLAI et. al. 2000) colocamos um espelho inclinado na parte traseira do aquário, distante do animal experimental. O teste do espelho foi realizado uma única vez, após 97 h de exposição à benzofenona. Com ele pode-se perceber a ocorrência de comportamentos agressivos em sua latência atacando seu reflexo. Como o comportamento agressivo é frequente e natural nesta espécie muito territorial (GONÇALVES-DE-FREITAS et. al. 2019), esperamos redução da agressividade em resposta à benzofenona, já que ela pode ter ação feminizante.

Assim, nosso estudo tem como objetivo avaliar o efeito da benzofenona sobre o comportamento locomotor, alimentar e agressivo do ciclídeo *Oreochromis niloticus*, a tilápia do Nilo, sendo utilizadas concentrações de 0 µg (controle), 2.5 µg, 5 µg e 10 µg sendo realizado a gravação de vídeos de até 5 minutos durante os tempos de 1 h, 25 h, 37 h, 49 h, 73 h e 97 h. A entrada desse poluente é um dos fatores potencializados pelo aumento do turismo, que afeta especialmente os ambientes aquáticos. Nossa hipótese é de que os peixes a) modifiquem seu padrão de uso da coluna d'água, passando mais tempo longe do fundo; b) demorem mais a ingerir alimento; e c) fiquem menos agressivos ao serem expostos a substâncias do protetor solar.

2- MÉTODOS:

2.1- Animais de estudo:

A espécie que utilizamos para o estudo foi *Oreochromis niloticus*, conhecida também como Tilápia do Nilo. Selecionamos a mesma por ser uma espécie que expressa muitos comportamentos agressivos, como forma de territorialidade (LOWE-MCCONNELL 1999), além de ser muito resistente ao cativeiro e utilizada como modelo experimental (GONÇALVES- DE- FREITAS et. al. 2019).

Para o nosso estudo, foram usados 18 machos juvenis de 0,8 cm obtidos do criadouro Vale do Sol, em Brasília, Brasil. Estes peixes foram mantidos no mesmo aquários com cerca de 30.000 tilápias (densidade de 0,15 indivíduos/litro), possuindo oxigenação constante e alimentação diária, com ração comercial para juvenis de tilápia. Foram transportados, em um saco com um jato de oxigênio dentro que possibilita um transporte tranquilo e com menos estresse ao peixe, o trajeto não durou mais do que 1 h. Ao chegar ao laboratório foram ambientados ficando em aquários individuais de 2 L (densidade de 0,5 peixe/L), visualmente isolados dos demais, constantemente aerados e com alimentação diária à base de ração

industrial para peixes em geral. Antes do início dos experimentos com a benzofenona os sujeitos experimentais ficaram em aclimatação por 3 dias.

2.2- Exposição:

Para a realização dos testes utilizamos 24 aquários circulares de 2 L, que eram divididos por concentrações de 0 µg, 2,5 µg, 5 µg e 10 µg (6 aquários contendo uma tilápia cada; N=6). Dissolvemos a benzofenona cristalizada com etanol a 0,1% antes da introdução nos aquários. Coletamos dados após 1 h, 25 h, 37 h, 49 h, 73 h e 97 h de exposição à benzofenona. A cada horário realizamos gravações de cada aquário durante 5 minutos com uma câmera posicionada em frente aos aquários.

2.3- Testes:

Após a realização das gravações, um observador cego aos tratamentos registrou as seguintes variáveis: tempo gasto no fundo (uso da coluna d'água), latência em se alimentar e resposta ao espelho.

2.4- Análises estatísticas:

Para analisar os dados de tempo no fundo e a latência em se alimentar foram submetidos a uma análise de variância bifatorial para as concentrações e tempos de exposição como variáveis independentes. Já os dados de latência em resposta ao teste do espelho (agressividade), coletados apenas no último dia de experimentos, foram submetidos a uma Anova unifatorial. Nossos dados tiveram distribuição normal (Shapiro-Wilks; $p > 0,05$). Para a análise geral usamos o pacote estatístico Past 4.07 com a função two-way Anova ou Anova Fisher. Os dados foram expressos em média \pm erro padrão e o limite de tolerância ao erro do tipo I foi de 0,05.

3- RESULTADOS:

Ao analisarmos o uso da coluna d'água (Fig 1), houve uma redução do tempo no fundo em resposta à Benzofenona especificamente nas concentrações de 2,5 µg/L e 5 µg/L ($F=3,134$; $p=0,0286$; $p_{\text{Tukey}}=0,047$). O tempo de exposição, no entanto, não afetou o uso da coluna d'água ($F=1,417$; $p=0,2241$).

A benzofenona não alterou latência dos peixes em se alimentarem (Fig. 2), nem com relação à concentração do poluente ($F=0,5553$; $p=0,6461$), nem com relação à duração da exposição ($F=0,8358$; $p=0,4783$).

As diferentes dosagens de benzofenona não alterou o comportamento agressivo ($F=0,6293$; $p=0,6055$; Fig. 3) em relação à latência para atacar o espelho.

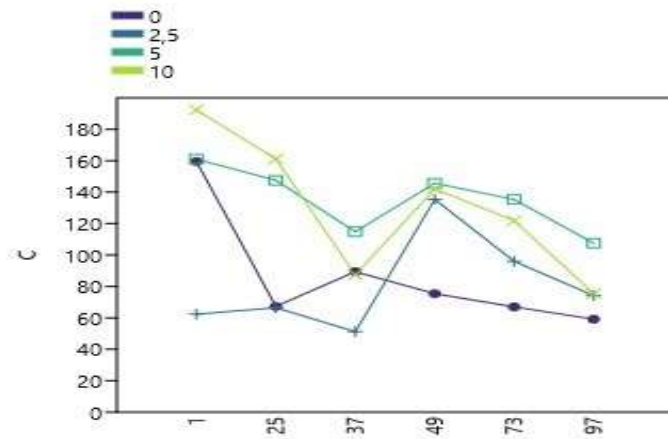


Figura 1: Coluna D'água (C) em relação ao tempo de exposição (1 - 97h) em concentrações de benzofenona (0 µg [controle], 2.5 µg, 5 µg e 10 µg).

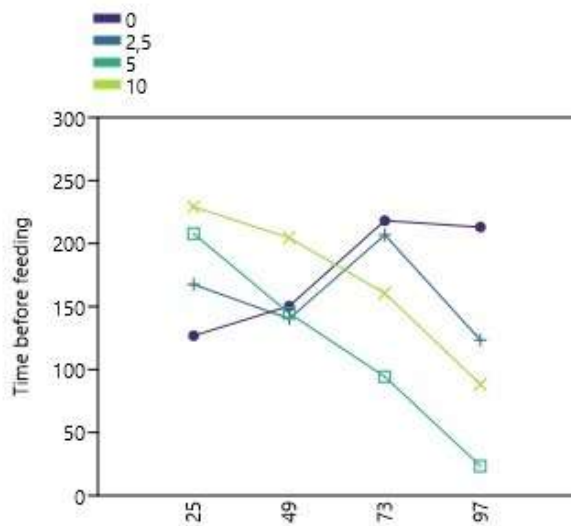


Figura 2: Latência para se alimentar (Time before feeding) em relação ao tempo de exposição (25 - 97h) e as concentrações de benzofenona (0 µg [controle], 2.5 µg, 5 µg e 10 µg).

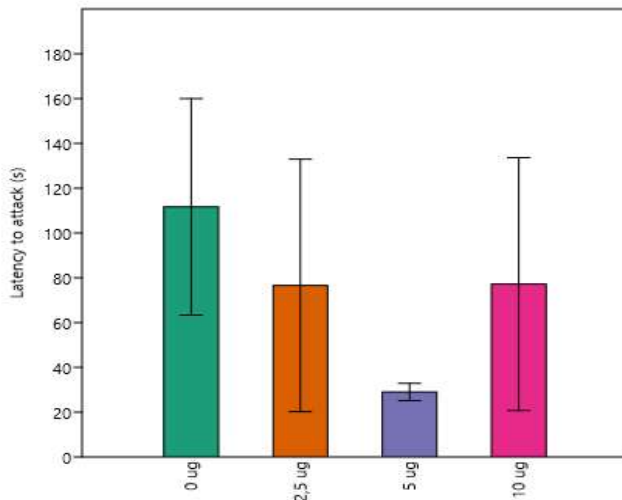


Figura 3: Latência em atacar (Latency to attack) no teste do espelho nas concentrações de 0 µg (controle), 2.5 µg, 5 µg e 10 µg. As barras indicam as médias e as linhas o erro padrão.

4- Discussão:

Encontramos um efeito da benzofenona sobre o uso da coluna d'água, esse efeito não foi consistente com o tempo de exposição nas concentrações (2,5 e 5 µg/L). Não observamos alterações no comportamento alimentar e nem na agressividade das tilápias expostas ao poluente. É possível que as dosagens utilizadas tenham sido baixas para gerar resultados consistentes.

O uso da coluna d'água foi o único que sofreu uma alteração entre as concentrações de 2,5 e 5 µg, onde o tempo de fundo foi menor. Peixes passando a maior parte do tempo na superfície indicam um possível desconforto (Shelford & Allee, 1913 apud Jones, 1952). Ao se sentirem incomodados com o aumento da demanda metabólica e a falta de oxigênio promovida pelo processamento de diferentes tipos de poluentes, muitas espécies sobem à superfície para respirar (Jacquin et al., 2020). Srinonate et. al 2015, que realizou um estudo com tilápia sendo expostas a partículas de nanoprata, em concentrações de 1 ppm não perceberam nenhuma alteração, porém quando outros grupo de tilápias foram expostas a 10 e 100 ppm demonstraram um desconforto respiratório nadando até a superfície da água. Outro estudo realizado com peixe-zebra, por Moreira e Lucchiari (2021) indicou que os peixes que ficaram expostos a 10 µg/L de oxibenzona, passaram maior tempo na parte superior do aquário. Apesar de ser esperado que a resposta comportamental varie em resposta à concentração de contaminante (CORONADO, et. al. 2008 *apud* CARVALHAIS, et. al. 2021), às vezes as alterações mais significativas ocorrem nas concentrações mais baixas. Assim como observamos nas nossas concentrações mais baixas, Blüthgen et. al. (2012) observou maior estabilidade comportamental em concentrações mais altas de benzofenona 3 em relação às doses mais baixas. Isto poderia ser um motivo para a maior alteração entre as concentrações de 2,5 e 5 µg/L em nosso estudo. O comportamento é a primeira frente que um

animal pode usar para devolver sua fisiologia a um estado de homeostase (Schreck et al., 1997), talvez com uma dosagem mais elevada de poluente, alterações comportamentais não permitam mais a retomada desse equilíbrio homeostático, justificando mudanças apenas a concentrações menores.

Não ocorreu nenhuma alteração na latência em alimentar-se em nenhuma das concentrações, ou seja, os peixes continuaram a buscar seu alimento de forma normal. A alimentação de algumas espécies pode ser afetada por antidepressivos, remédios psiquiátricos e anti-histamínicos (BRODIN, et. al. 2014). Barone, et.al. (2019) relatam que ao expor o peixe-palhaço a 100 mg/L de oxibenzona, eles não se alimentaram nas primeiras 49 horas. Ao expor tilápias às nanopartículas biológicas de zinco (BIO-ZnONPs), El-Saadony, et. al. (2021), notaram que havia aumentado o comportamento alimentar dos peixes, porém ao utilizar a mesma quantidade de nanopartículas de zinco químico (CH-ZnONPs) ocorreu o inverso do zinco biológico, tendo uma redução na alimentação. Outro motivo para o aumento do comportamento alimentar e redução da latência em buscar comida é o aumento metabólico causado pela necessidade de processamento dos contaminantes (Jacquin et al., 2020). No entanto, a latência ao se alimentar em nosso estudo continuou da mesma forma, talvez se nossa dose tivesse sido um pouco maior ocorreria um aumento ou diminuição na alimentação. Alternativamente, não avaliamos o volume de alimento ingerido, mas o tempo em buscá-lo. Dados sobre volume ingerido poderiam indicar outros resultados.

De acordo com Gonçalves-de-Freitas et. al. (2019), a tilápia do Nilo tem um pronunciado comportamento agressivo relacionado à territorialidade e à reprodução, porém sua manifestação irá depender de variáveis do meio externo. Em nosso estudo não notamos nenhuma alteração na agressividade, porém em alguns casos a benzofenona 3 pode resultar na diminuição de comportamentos agressivos como ocorreu com a espécie *Betta splendens* (FENT et. al. 2008 *apud* CHEN et. al. 2015). Da mesma forma, o ciclídeo *Crenicichla lepidota* também reduziu sua resposta agressiva a invasores de território quando expostos à presença contínua de mergulhadores em trechos utilizados para ecoturismo desacompanhado de um monitoramento estrito (BESSA & GONÇALVES-DE-FREITAS, 2014). O teste do espelho simula um invasor de território, gerando diversas respostas agressivas como ondulação do corpo, dilatação do opérculo e das nadadeiras (Verbeek et. al. 2007 *apud* Chen et. al. 2015). Esperávamos especialmente um efeito da benzofenona sobre o comportamento agressivo das tilápias porque foi demonstrado que esse poluente tem efeito sobre a produção de vitelogenina (Conrado et al., 2018), um agente feminizante em peixes (HANSEN et al., 1998). A exposição a metabólitos do herbicida Diuron resultou na redução da produção de testosterona em tilápias, resultando em inibição do comportamento agressivo (Boscolo et al., 2018). As dosagens aplicadas em nosso estudo, no entanto, não desencadearam mudanças perceptíveis no comportamento agressivo.

Utilizamos dosagens relativamente baixas de benzofenona (2.5 a 10 µg/L) com exposição por até 3 dias. Chen et. al. (2015) utilizaram dosagens de 10 a 1000 µg/L por 28 dias; Blüthgen et.al. (2012) expôs os animais por 5 a 14 dias a concentrações de 10 µg/L, 200 µg/L e 600µg/L. Moreira e Lucchiari (2021) usaram concentrações de 10 µg/L, 100 µg/L e 1000 µg/L por 15 dias em peixe zebra, uma espécie muito menor. Escolhemos as dosagens utilizadas porque observamos alta mortalidade de peixes em concentrações mais altas testadas num estudo piloto (50-100 µg/L), no entanto, ela ficou menos concentrada e exposta por menos tempo do que em outros estudos que registraram um efeito mais conclusivo sobre os peixes. Também reconhecemos que nossas amostras (N=6) foram inferiores ao que outros

estudos utilizaram, como N=60 (BLÜTHGEN et al., 2012) e N=20 (MOREIRA e LUCHIARI, 2021) com peixe zebra e N=10 (CHEN et al., 2015) com betas. Pretendemos replicar nossos testes mais algumas vezes na tentativa de publicar este estudo. Outra intenção é utilizar um software de rastreamento dos peixes para gerar dados mais abundantes sobre taxa de deslocamento, velocidade máxima e uso da coluna d'água.

Em nossa pesquisa, não encontramos impactos prejudiciais da benzofenona ao comportamento das tilápias. Porém no estudo de Moreira e Luchiari (2021) elas perceberam que ao expor peixe-zebra à oxibenzona por um curto período de tempo, ocorreram reações como a ansiedade e agressividade. Chen et. al. (2016) em seu estudo utilizando benzofenona 3, para expor *Betta splendens*, perceberam que a substância pode gerar um comportamento agressivo sem afetar a natação. Ao usar benzofenona 3 e 1 em peixes-zebra, foram encontrados resíduos metabólicos depois de 14 dias (BLÜTHGEN et. al. 2012). De acordo com Nala e Lim (2020), a Food and Drug Administration dos Estados Unidos dividiu os filtros solares em três categorias: os que se baseiam em compostos ambientalmente seguros, como o óxido de zinco e óxido de titânio, intitulados como seguro; os que se baseiam em compostos sabidamente poluentes não seguros, como a oxibenzona; e os que não possuem dados suficientes de segurança. Para diminuir os danos ambientais causados pelos protetores solares pode-se evitar exposição ao sol, utilizar roupas com fotoproteção, chapéus, bonés, óculos escuros e mangas longas. Especialmente, é preciso optar por protetores solares menos agressivos (SCHNEIDER E LIM, 2019). Para o número de banhistas resultar nas concentrações que utilizamos, levando em consideração o grande volume de água, seria necessário aproximadamente dois milhões de pessoas na água, um volume que dá algum conforto, mas que ainda necessita de validações experimentais. Sendo tomado como base o número de visitantes por dia que visitam a água mineral, que segundo o site do Governo, aumentou em 2020 para pelo menos 250 mil pessoas, em relação ao número de litros da piscina natural de 45.500.000 litros.

Concluimos que a quantidade liberada de benzofenona pelos banhistas de 2,13 gramas por duas horas, diluída no grande volume dos corpos d'água, não é suficiente para afetar o comportamento de peixes como a Tilápia do Nilo em relação ao uso da coluna d'água, alimentação e agressividade, mesmo a benzofenona sendo considerada poluente. Caso a concentração desse poluente fosse maior ou a duração da exposição mais longa, este resultado poderia ser diferente. Em todo caso, o uso desse componente de dermatocosméticos deve ser regulado e, preferivelmente, evitado devido a outras evidências experimentais encontradas com peixes e outros organismos aquáticos.

5- BIBLIOGRAFIA:

AGIN, P., ANTHONY, F. A., & HERMANSKY, S. (1998). Oxybenzone in sunscreen products. *The Lancet*, 351(9101), 525.

BARONE, A. N. HAYES, C. E., KERR, J.J., LEE, R. C. & FLAHERTY, D. B. (2019) Acute toxicity testing of TiO₂-based vs. oxybenzone-based sunscreens on clownfish (*Amphiprion ocellaris*). *Environmental Science and Pollution Research*, 26 vol., 14513-14520.

BESSA, E., GONÇALVES-DE-FREITAS, E. (2014). How does tourist monitoring alter fish behavior in underwater trails?. *Tourism management*, v. 45, p. 253-259.

BESSA, E.; SILVA, F. & SABINO, J. (2017). Impacts of Fish Tourism. *Ecotourism's Promise and Peril: A Biological Evaluation*, 5, 59-72.

BLÜTHGEN, N.; ZUCCHI, S. & FENT, K. (2012). Effects of the UV filter benzophenone-3 (oxybenzone) at low concentrations in zebrafish (*Danio rerio*). *Toxicol Appl Pharmacol.*; 263(2):184-94.

BOSCOLO, C. N. P., PEREIRA, T. S. B., BATALHÃO, I. G., DOURADO, P. L. R., SCHLENK, D., & DE ALMEIDA, E. A. (2018). Diuron metabolites act as endocrine disruptors and alter aggressive behavior in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Chemosphere*, 191, 832-838.

BRODIN, T., PIOVANO, S., FICK, J., KLAMINDER, J., HEYNEN, M. & JONSSON, M. (2014). Ecological effects of pharmaceuticals in aquatic systems--impacts through behavioural alterations. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 369(1656), 20130580.

CARIĆ, H., & MACKELWORTH, P. (2014). Cruise tourism environmental impacts--The perspective from the Adriatic Sea. *Ocean & coastal management*, 102, 350-363.

CARVALHAIS, A., PEREIRA, B., SABATO, M., SEIXAS, R., DOLBETH, M., MARQUES, A., GUILHERME, S., PEREIRA, P., PACHECO, M. & MIEIRO, C. (2021). Mild Effects of Sunscreen Agents on a Marine Flatfish: Oxidative Stress, Energetic Profiles, Neurotoxicity and Behaviour in Response to Titanium Dioxide Nanoparticles and Oxybenzone. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 vol., n. 4, 1567 p.

CHEN, T.H.; WU, Y. T.; DING, W. H. (2015). UV filter Inhibit agonistic behavior in male Siamese fighting fish (*Betta splendens*). Springer,

CONWAY, A. J., GONSIOR, M., CLARK, C., HEYES, A., & MITCHELMORE, C. L. (2021). Acute toxicity of the UV filter oxybenzone to the coral *Galaxea fascicularis*. *Science of The Total Environment*, 796, 148666.

CORONADO, M.; HARO, H.; DENG, X.; REMPEL, M.A.; LAVADO, R. & SCHLENK, D. (2008). Estrogenic activity and reproductive effects of the UV-filter oxybenzone (2-hydroxy-4-methoxyphenyl-methanone) in fish. *Aquatic Toxicology*, v. 90, n. 3, p. 182-187.

DA SILVA, C. P.; EMÍDIO, E. S. & DE MARCHI, M. R. R. (2015). The occurrence of UV filters in natural and drinking water in São Paulo State (Brazil). *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, n. 24, p. 19706-19715.

DANOVARO, R.; BONGIORNI, L.; CORINALDESI, C.; GIOVANNELLI, D.; DAMIANI, E.; ASTOLFI, P.; GRECI, L. & PUSCEDDU, A. (2008). Sunscreens Cause Coral Bleaching by Promoting Viral Infections. *Environmental Health Perspectives*. V. 116, nº 4.

DENCHAK, M. (2018). Water Pollution: Everything You Need to Know. Disponível em <https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know>. Acesso em: 14 de novembro de 2019.

DOWNS, C. A.; KRAMARSKY-WINTER, E.; SEGALI, R.; FAUTH, J.; KNUTSON, S.; BRONSTEIN, O.; CINER, F. R.; JEGER, R.; LICHTENFELD, Y.; WOODLEY, C. M.; PENNINGTON, P.; CADENAS, K.; KUSHMARO, A. & LOYA, Y. (2015). Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on

Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Springer*, New York, v. 1, p. 24.

EL-SAADONY, M. T.; ALKATIB, F. M.; ALZHRANI, S. O.; SHAFI, M. E.; ABDEL-HAMID, S. E.; TAHA, T. F.; ABOELENIN, S. M.; SOLIMAN, M. M.; AHMED, N. H. (2021). Impact of mycogenic zinc nanoparticles on performance, behavior, immune response, and microbial load in *Oreochromis niloticus*. *Saudi Journal of biological sciences*, v. 28, 4592-4604.

EZEONYEJIAKU, C. D.; OBIAKOR, M. O. & EZENWELU, C. (2011) Toxicity of copper sulphate and behavioral locomotor response of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Online J Anim Feed Res*, v. 1, 130-4.

GERLAI, R.; LAHAV, M.; GUO, S. & ROSENTHAL, A. (2000). Drinks like a fish: zebra fish (*Danio rerio*) as a behavior genetic model to study alcohol effects. *Pharmacol. Biochem. Behav*, v. 67, 773-782.

GONÇALVES-DE-FREITAS, E.; BOLOGNESI, M. C.; GAUY, A. C. DOS S.; BRANDÃO, M. L.; GIAQUINTO, P. C. & CASTILHO, M. F. (2019). Social behavior and welfare in Nile tilapia. *Fishes*, Basel, v. 4, n. 2, p. 23.

GOVERNO DO BRASIL. (2020). Parque Nacional de Brasília receberá recursos para melhorar a infraestrutura. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/parque-nacional-de-brasilia-recebera-recursos-para-melhorar-infraestrutura/205_parna_brasilia_semdata-fill-800x501.jpg/view. Acesso em: 27 de novembro de 2020.

HANSEN, P.-D. et al. (1998). Vitellogenin—a biomarker for endocrine disruptors. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 17, n. 7, 448-451.

JACQUIN, L., PETITJEAN, Q., CÔTE, J., LAFFAILLE, P., & JEAN, S. (2020). Effects of pollution on fish behavior, personality, and cognition: some research perspectives. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 86.

JONES, J. R. E. (1952). The reactions of fish to water of low oxygen concentration. *Exp Biol*; 29 (3): 403-415.

KEENLEYSIDE, M. H. A. (2012). *Diversity and adaptation in fish behaviour*. Springer Science & Business Media.

KUNZ, P. Y. & FENT, K. (2006). Multiple hormonal activities of UV filters and comparison of in vivo and in vitro estrogenic activity of ethyl-4-aminobenzoate in fish. *Aquatic Toxicology*, v. 79, 305- 324.

Li, M. H. (2012). Acute toxicity of benzophenone-type UV filters and paraben preservatives to freshwater planarian, *Dugesia japonica*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(3), 566-573.

LITTLE, E.E. & FINGER, S.E. (1990). Swimming behavior as an indicator of sublethal toxicity in fish. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 9: 13-19.

- LODÉN, M.; BEITNER, H.; GONZALEZ, H.; EDSTRÖM, D. W.; ÅKERSTRÖM, U.; AUSTAD, J. & WULF, H. C. (2011). Sunscreen use: controversies, challenges and regulatory aspects. *British Journal of Dermatology*, 165(2), 255-262.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. (1999). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. In *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais* (p. 534-534).
- MOREIRA, A. L. P. & LUCHIARI, A. C. (2022). Effects of oxybenzone on zebrafish behavior and cognition. *Science of The Total Environment*, v. 808, p. 152101.
- NARLA, S., LIM, H.W. (2020). Sunscreen: FDA regulation, and environmental and health impact. *Photochem Photobiol Sci* 19, 66–70
- RODIL, R.; MOEDER, M.; ALTENBURGER, R. & SCHMITT-JANSEN, M. (2009) Photostability and phytotoxicity of selected sunscreen agents and their degradation mixtures in water. *Springer*, p. 12.
- ROWE, R. Y. G. & SANTOS, G. E. de O. (2016). Turismo de mergulho: análise do comportamento de viagem dos mergulhadores brasileiros. *Caderno Virtual de Turismo*. Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, 61-75.
- SCHNEIDER, S. L. & LIM, H. W. (2019). Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients. *Journal of the American Academy of Dermatology*, v. 80, n. 1, 266-271.
- SCHRECK, C. B., OLLA, B. L., & DAVIS, M. W. (1997). Behavioral responses to stress. In *Fish stress and health in aquaculture* 62 (pp. 145–170).
- SHRIVASTAVA, S.; THAKUR, U. & SHRIVASTAVA, L.(2011), Behavioural responses of *Tilapia mossambica* to water polluted with fly ash from coal: a laboratory study. *International Journal of Biology*, v. 3, n. 1, p. 153.
- SIH, A., FERRARI, M. C. & HARRIS, D. J. (2011). Evolution and behavioral responses to human-induced rapid environmental change. *Evolutionary applications*, 4(2), 367-387.
- SRINONATE, A.; BANLUNARA, W.; MANEEWATTANAPINYO, P.; THAMMACHAROEN, C.; EKGASIT, S. & KAEWAMATAWONG, T. (2015). Acute Toxicity Study of Nanosilver Particles in *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*): Pathological Changes, Particle Bioaccumulation and Metallothionien Protein Expression. 45(1): 81-89.
- TEOH, M. L.; SANUSI, N. S.; WONG, C. Y. & BEARDALL, J. (2020). Effects of the sunscreen ultraviolet filter, oxybenzone, on green microalgae. *Adv Polar Sci*, 31(2): 112-123.
- TOVAR-SÁNCHEZ, A.; SÁNCHEZ-QUILES, D.; BASTERRETXEA, G.; BENEDÉ, J. L.; CHISVERT, A.; SALVADOR, A.; MORENO-GARRIDO, I. & BLASCO, J. (2013) Sunscreen Products as Emerging Pollutants to Coastal Waters. *Plos one*.
- VOLKOFF, H. & PETER, R. E. (2006). Feeding Behavior of fish and its control. *Zebrafish* 3:2, 131-140
- WILSON, A. J.; BOER, M. de; ARNOTT, G. & GRIMME, A. (2011). Integrating Personality Research and Animal Contest Theory: Aggressiveness in the Green Swordtail *Xiphophorus helleri*. *Plos One*, v. 6.

WIJGERDE, T.; BALLEGOOIJEN, M. V.; NIJLAND, R.; LOOS, L. V. D., KWADIJK, C.; OSINGA, R. & SLIJKERMAN, D. (2020). Adding insult to injury: Effects of chronic oxybenzone exposure and elevated temperature on two reef-building corals. *Science of the Total Environment*, 733, 139030.

ZHANG, Y., SHAH, P., WU, F., LIU, P., You, J., & Goss, G. (2021). Potentiation of lethal and sub-lethal effects of benzophenone and oxybenzone by UV light in zebrafish embryos. *Aquatic Toxicology*, 235, 105835.