

VI-115 - EFEITO ECOTOXICOLÓGICO DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS EM PISCICULTURA NO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO, BRASIL

Ariane Silva Cardoso⁽¹⁾

Bióloga pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Especialização em Gestão Ambiental e Recursos Hídricos pela Faculdade São Luís de França. Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Doutoranda em Engenharia Civil na UFPE.

Anthony Epifanio Alves⁽²⁾

Biólogo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Érika Alves Tavares Marques⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Pós-doutoranda pelo Programa de Engenharia Civil na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Maristela Casé Costa Cunha⁽⁴⁾

Bióloga pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Mestre em Botânica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE) e doutora em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Docente do Departamento de Educação da Universidade do Estado da Bahia (UNEB).

Maria do Carmo Martins Sobral⁽⁵⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Especialização em Planejamento Urbano e Regional pela Universität Dortmund, Alemanha. Mestre em Engenharia Civil pela University of Waterloo, Canadá. Doutora em Saneamento Ambiental pela Technische Universität Berlin, Alemanha. Docente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pós-doutorado pela Technische Universität Berlin e pela UNESCO Institute for Water Education, Holanda.

Endereço⁽¹⁾: Rua Avenida da Arquitetura, S/N, Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50740-550 - Brasil - Tel: (81) 99663-3795 - e-mail: arianecardoso8@gmail.com

RESUMO

A atividade de piscicultura possui grande potencial de expansão na região semiárida, no submédio São Francisco, por apresentar condições climáticas favoráveis e água de boa qualidade, disponível em seus reservatórios, como exemplo o de Itaparica. A piscicultura é responsável por trazer benefícios econômicos e sociais, mas pode gerar impactos ambientais no ecossistema aquático. O uso de antibióticos, hormônios para reversão de alevinos e a adição de compostos nitrogenados e fosfatados através da ração ofertada aos peixes, representam fontes potencialmente geradoras de impactos na qualidade da água e na biodiversidade. Os testes ecotoxicológicos são capazes de auxiliar na compreensão desses impactos, atuando como ferramenta para melhoria da gestão dos recursos hídricos. O estudo foi desenvolvido numa piscicultura de tanque escavado com cultivo de tilápia do Nilo, em Itacuruba/PE, as margens do reservatório de Itaparica, Pernambuco. Foram realizadas análises ecotoxicológicas da água e sedimento de viveiros de cultivo de alevinos, bem como análises do potencial tóxico do hormônio 17 α -metiltestosterona e do antibiótico oxitetraciclina. Os organismos-testes utilizados foram a *Daphnia similis* e o *Hyaella azteca*. Os resultados demonstraram que a água e o sedimento dos viveiros, bem como o antibiótico oxitetraciclina, não apresentaram toxicidade para a *D. similis* e o *H. azteca*. O hormônio 17 α -metiltestosterona, mesmo em baixas concentrações, causou toxicidade para ambos os organismos-teste. Os resultados observados evidenciam a necessidade de monitoramento dos efluentes e fármacos lançados pela piscicultura no ecossistema aquático, pois a qualidade da água do reservatório Itaparica é prioritária para o desenvolvimento do setor aquícola na região. Esse reservatório é de grande importância para o semiárido, com múltiplos usos como abastecimento humano, irrigação, pesca artesanal e fornecedor de água para o projeto da transposição do rio São Francisco.

PALAVRAS-CHAVE: Ecotoxicologia, cultivo de peixes, *Daphnia similis*, *Hyaella azteca*, reservatório Itaparica.

INTRODUÇÃO

A grande disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade no Nordeste do Brasil, especialmente no vale do rio São Francisco, é responsável pelo potencial crescimento da atividade na região semiárida, gerando emprego e renda (BARROSO; ANDRÉS, 2014). O crescente desenvolvimento do setor aquícola no Brasil sugere tendência de aumento do lançamento de efluentes nos corpos hídricos, consequentemente com aumento do uso de fármacos. No entanto, a qualidade da água nos locais de captação da mesma, que em geral, são os mesmos corpos hídricos utilizados para lançamento de efluentes da atividade, poderá representar uma barreira para o crescimento do setor.

A contaminação ambiental nos corpos hídricos por meio dos produtos farmacêuticos utilizados na piscicultura vem sendo negligenciada à medida que não existem políticas públicas que norteiem o piscicultor e os órgãos fiscalizadores, definindo limites de uso dos fármacos, padrões de lançamento de efluente e protocolos para testar os efeitos tóxicos nos recursos hídricos.

Os sistemas de produção desenvolvidos na piscicultura nos levam a refletir sobre as perspectivas de gestão desta atividade e de que forma ela poderá atender à demanda do pescado de maneira sustentável. Pois além dos impactos positivos, a piscicultura pode gerar diversos impactos ambientais negativos. Dentre eles temos o aumento do aporte de nutrientes na água, destacando os compostos nitrogenados e fosfatados, através da ração disponibilizada para alimentação dos peixes. O aumento do nível desses nutrientes sem o devido manejo pode levar a alteração da qualidade da água, acelerando o processo de eutrofização. De acordo com Sobral (2011), no semiárido nordestino, esses impactos podem ser agravados pelas baixas disponibilidades hídricas e ocorrência de eventos climáticos extremos (SOBRAL, 2011).

Nos sistemas de cultivos com produção intensiva, o lançamento de fármacos utilizados na piscicultura também gera impactos no ecossistema aquático. O confinamento dos peixos nos tanques de cultivo leva ao aumento de ocorrência de doenças devido ao estresse crônico, podendo gerar prejuízos econômicos e aumento do uso de antibióticos. Além disso, a técnica de reversão sexual comumente usada na piscicultura, baseada na introdução de hormônios para masculinização, é responsável pelo lançamento de hormônios como o 17 α -metiltestosterona (MT) nos corpos receptores. Dessa forma, os impactos da piscicultura estão atrelados, principalmente, ao lançamento de efluentes. Os estudos ecotoxicológicos permitem avaliação direta, determinando o tempo e as concentrações em que um contaminante é potencialmente prejudicial.

O estudo teve como objetivo avaliar o impacto ambiental de fármacos utilizados em piscicultura de tanque escavado, com cultivo de *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (tilápia do nilo), situada às margens do reservatório Itaparica, na bacia do rio São Francisco, no semiárido pernambucano. Foram realizadas análises ecotoxicológicas da água e do sedimento de cultivos de alevinos de tilápia do nilo, e testes para averiguar o potencial tóxico do hormônio 17 α -metiltestosterona e do antibiótico oxitetraciclina utilizados na piscicultura. Esta avaliação tem intuito de auxiliar na compreensão dos impactos gerados pela atividade aquícola no ecossistema aquático e informações que auxiliem na melhoria da gestão dos recursos hídricos e na promoção de políticas públicas que padronizem o uso de produtos farmacêuticos na piscicultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em piscicultura de tanque escavado no município de Itacuruba/PE, Brasil, situada às margens do reservatório de Itaparica, no submédio São Francisco (Figura 1). O reservatório Itaparica, formado pelo barramento do rio São Francisco no trecho submédio, está inserido nas cidades pernambucanas de Belém de São Francisco, Itacuruba, Jatobá, Floresta e Petrolândia, localizado a montante do Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso, tendo como função a geração de energia elétrica e a regularização das vazões afluentes diárias e semanais das usinas do complexo Paulo Afonso (CHESF, 2010).

A piscicultura de estudo conta com 3 tanques escavados para cultivo de *Colossoma macropomum* Cuvier (Tambaquis) e 17 tanques escavados para cultivo de juvenis de *Oreochromis niloticus* Linnaeus (tilápia do Nilo), com capacidade de suporte aproximadamente de 28.200 unidades por temporada, além de 4 tanques-escavados para produção de alevinos de tilápia do Nilo, com capacidade de produção de aproximadamente 800.000 indivíduos por ciclo. O reservatório Itaparica, local de captação de água para abastecimento do

empreendimento, é também local de lançamento de seu efluente. Cada tanque destinado a alevinagem possui aproximadamente 24.000 indivíduos, e neles ocorre adição de ração, probióticos, hormônios (17- α metiltestosterona) e antibióticos (oxitetraciclina), além de antifúngicos.

As coletas de amostras foram realizadas em maio de 2016. Os pontos de amostragem foram distribuídos entre os tanques de cultivo de alevinos: P1, P2 e P3, com intuito de avaliar o impacto da introdução de hormônio e antibiótico nos cultivos; e P4, no reservatório Itaparica, escolhido por ser o corpo receptor do efluente da piscicultura e local de captação de água para a mesma.

A coleta de amostras de água e efluente para as análises ecotoxicológicas seguiu as normas propostas pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos (CETESB, 2011) e Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

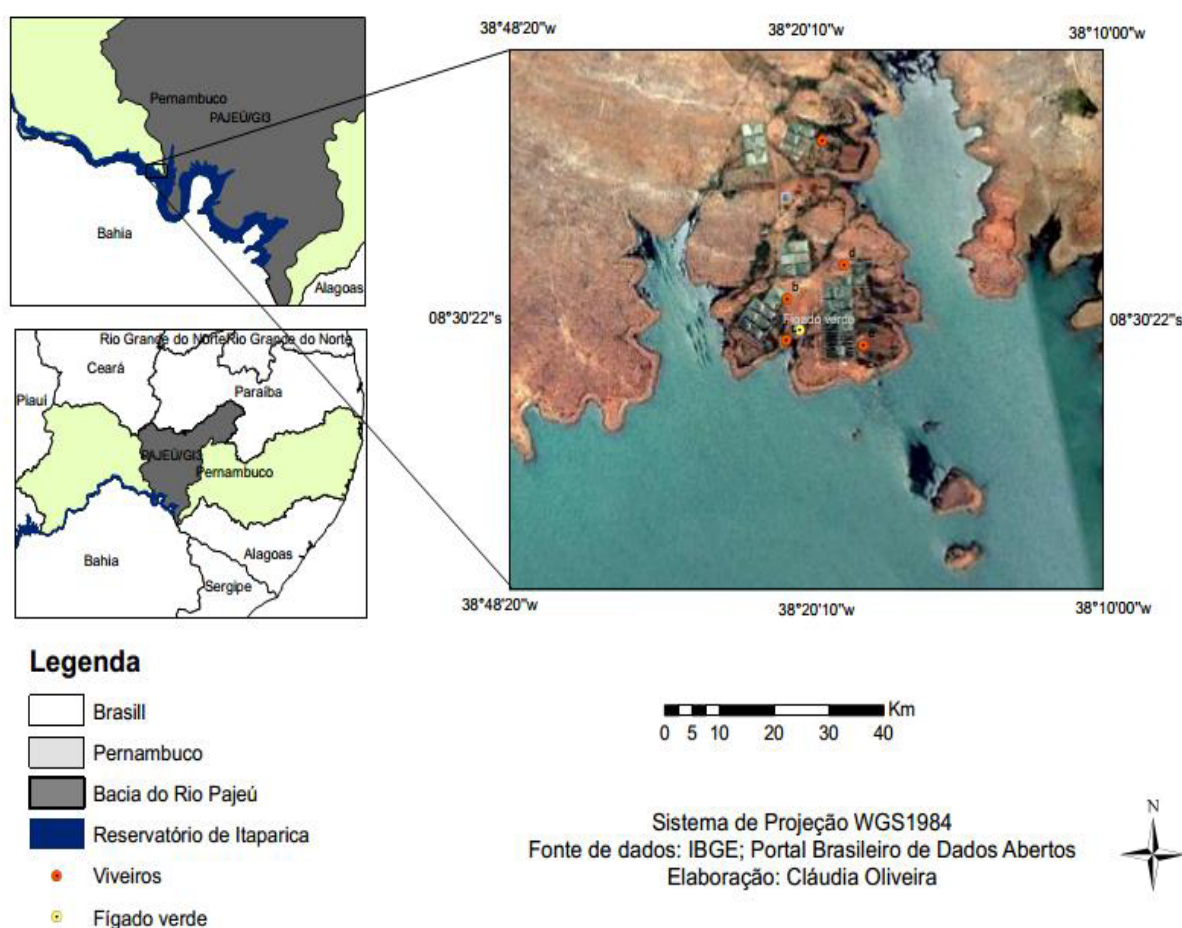


Figura 1: Localização da piscicultura de tanque escavado, em Itacuruba, Pernambuco.

Os procedimentos referentes aos ensaios ecotoxicológicos utilizando o microcrustáceo *Daphnia similis* Claus 1876 como organismo-teste basearam-se nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 12713:2004 (ABNT, 2004) e com o anfípoda *Hyalella azteca* Saussure, 1858 a ABNT NBR 15470:2013 (ABNT, 2013).

Nas análises estatísticas foram realizados cálculo da CE50, ou seja, a concentração do agente tóxico que causa imobilidade para 50% dos organismos expostos e CL50, a concentração do agente tóxico que causa letalidade para 50% dos organismos expostos (CETESB, 1992), ambos no período específico determinado para cada tipo

de análise, utilizando o método *Trimmed Spearman-Kärber* (Hamilton et al, 1977), através do programa computacional *Abbott*.

Para os ensaios ecotoxicológicos, a fim de testar a toxicidade da água dos tanques de cultivo de alevinos e do reservatório Itaparica utilizando *D. similis*, foram utilizadas amostras coletadas nos pontos de amostragem expostas em concentração 100 % aos organismos, mais o controle com água de cultivo.

O ensaio agudo com intuito de testar o efeito do hormônio 17 α -metiltestosterona (MT) em *D. similis* foi realizado a partir de uma solução estoque na proporção 240 mg/L do hormônio em álcool etílico comercial a 46%. As soluções-teste utilizadas nos ensaios foram nas concentrações 4.8 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 9.6 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 14.4 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 19.2 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 24.0 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com tempo de exposição de 48 horas. Nesse ensaio foram preparados dois controles, um com água de cultivo e outro com álcool etílico comercial a 46% na concentração de 24 $\mu\text{g.L}^{-1}$, devido ao hormônio ter sido diluído em álcool para preparação da solução-estoque.

No ensaio crônico com o hormônio 17 α -metiltestosterona, que teve como finalidade testar o efeito do hormônio sobre a reprodução de *D. similis*, a maior concentração da solução-teste utilizada foi a menor concentração de efeito não observado no ensaio agudo. As soluções-teste utilizadas nos ensaios foram nas concentrações 4.8 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 2.4 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 1.2 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 0.6 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 0.3 $\mu\text{g.L}^{-1}$, distribuídos em 10 réplicas cada concentração. Cada réplica recebeu um organismo. O período de exposição foi de 360 horas (15 dias) para que fossem observados no mínimo o nascimento de três proles (neonatas) de cada organismo utilizado. Foram utilizados dois controles, um com água de cultivo e outro com álcool etílico comercial a 46% na concentração de 4.8 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

O ensaio ecotoxicológico para verificar o efeito do antibiótico oxitetraciclina em *D. similis* foi realizado utilizando soluções-teste nas concentrações 1.0 mg.L⁻¹, 6.0 mg.L⁻¹, 12.5 mg.L⁻¹, 15.0 mg.L⁻¹, 20.0 mg.L⁻¹, 25.0 mg.L⁻¹ e 50.0 mg.L⁻¹ e o controle com água de cultivo.

Para a avaliação da toxicidade do sedimento dos tanques de cultivo de alevinos e do reservatório Itaparica, utilizando o anfípoda *Hyalella azteca*, foram utilizadas quatro réplicas das amostras de sedimento dos pontos mencionados anteriormente, sendo adicionado cerca de 100 mL do sedimento e 200 mL de água de diluição utilizada no cultivo. Em paralelo, a mesma quantidade de réplicas foi utilizada para o controle, usando tela de 8 cm x 8 cm, com malha de 200 μm como substrato artificial e água de cultivo, e tempo de exposição de 240 horas ao organismo-teste.

Para testar a toxicidade do hormônio 17 α -metiltestosterona (MT) em *H. azteca* foi realizado ensaio com soluções-teste nas concentrações 0,003 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 0,006 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 0,012 $\mu\text{g.L}^{-1}$, 0,024 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 0,036 $\mu\text{g.L}^{-1}$, num período de 240 horas, seguindo as mesmas condições do ensaio com as amostras de sedimento. Nesse ensaio, foram preparados dois controles, um com água de cultivo e outro com álcool etílico comercial a 46%, na concentração de 0,2 mg.L⁻¹, correspondente ao volume de solução estoque utilizado para obter a maior concentração de hormônio testada. A solução estoque do MT foi preparada na proporção 240 mg.L⁻¹ de álcool etílico comercial a 46%. Para avaliar a toxicidade do antibiótico oxitetraciclina em *H. azteca*, foi realizado ensaio com soluções-teste nas concentrações de 25 mg.L⁻¹, 50 mg.L⁻¹, 100 mg.L⁻¹, 150 mg.L⁻¹ e 200 mg.L⁻¹, num período de 240 horas, com renovação de 2/3 da solução água/antibiótico a cada 48 horas, seguindo as mesmas condições do ensaio com as amostras de sedimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio ecotoxicológico com *Daphnia similis*

A fim de observar o potencial tóxico da água dos viveiros de alevinos da piscicultura foram realizados ensaios agudos e crônico. No ensaio agudo, realizado com exposição da *Daphnia similis* as amostras de água dos viveiros, foi observado como efeito a imobilidade dos indivíduos. Para os organismos expostos ao grupo controle e as amostras dos pontos P1 e P2 não foi observada imobilidade e nos demais pontos analisados o percentual médio de imobilidade esteve abaixo de 20%. Com isso os resultados não diferiram estatisticamente do controle, com valor $p = 0.254$, de modo que as amostras de água coletadas nos viveiros de cultivo de alevinos não provocaram efeitos agudos sobre *D. Similis*.

No ensaio agudo de exposição do 17- α metiltestosterona a *D. similis* não foi observada diferença estatística entre o controle e o controle com álcool ($p = 0.686$), mas foi possível verificar que houve diferença estatística significativa entre as concentrações testadas e o controle ($p < 0.001$). As análises estatísticas demonstraram que as concentrações do hormônio utilizadas nesse estudo apresentaram toxicidade aguda para a espécie *D. similis*, exceto na concentração de $4.8 \mu\text{g.L}^{-1}$, registrando 30% de imobilidade média (Tabela 1). A concentração que causou imobilidade a 50% dos organismos-teste (CE_{50} ; 48h) calculada foi igual a $7.62 \mu\text{g.L}^{-1}$, com limites de confiança de 95% inferior e superior de $5.25 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $11.06 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente (Figura 2).

Tabela 1: Percentual de imobilidade de *Daphnia similis* em 48 horas de exposição ao hormônio 17 α -metiltestosterona, em diferentes concentrações (ensaio agudo).

Réplicas	Controle		4,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$	9,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$	14,4 $\mu\text{g.L}^{-1}$	19,2 $\mu\text{g.L}^{-1}$	24 $\mu\text{g.L}^{-1}$
	Controle	álcool					
R1	0	0	40	60	80	80	60
R2	0	20	0	100	40	80	60
R3	0	0	40	20	60	40	40
R4	0	0	40	60	60	40	80
Média	0	5	30	60	60	60	60
Desvio Padrão	0	10	20	32,7	16,3	23,1	16,3

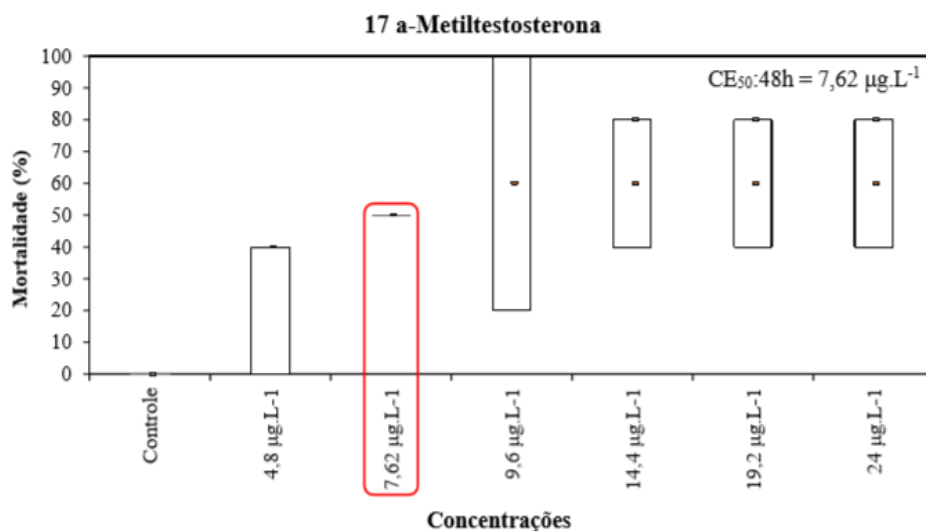


Figura 2: Resultado do teste de toxicidade com o hormônio 17 α -metiltestosterona realizado com *D. similis*, mostrando o percentual de mortalidade máxima, mínima e média entre as réplicas.

No ensaio crônico com o hormônio 17- α metiltestosterona para observar efeitos na reprodução de *D. similis*, pode-se verificar, por meio de teste estatístico (teste t), que não houve diferença estatística entre o controle e o controle com álcool ($p = 0,967$). Na análise entre as concentrações testadas em relação ao controle também não foi observada diferença estatisticamente significativa, com valor de $p = 0,558$ (Tabela 2). Deste modo, constatou-se que o hormônio 17 α -metiltestosterona não afetou na reprodução da *D. similis* nas concentrações testadas.

Tabela 2: Número de neonatas de *Daphnia similis*, durante 15 dias (360 horas) de exposição ao hormônio 17 α -metiltestosterona, em diferentes concentrações (ensaio crônico).

Réplicas	Controle álcool	Controle	4,8 $\mu\text{g.L}^{-1}$	2,4 $\mu\text{g.L}^{-1}$	1,2 $\mu\text{g.L}^{-1}$	0,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$	0,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$
R1	1	12	3		15		9
R2		15	7	5	12		20
R3	11	7	10	14		7	4
R4	13	14	10		3	12	14
R5	15	12	8	8	12	9	3
R6	9	11	6			9	
R7	12	10	10	7		10	13
R8	1	1	10	2	5	5	
R9	15	8	15		12		10
R10	11	15	9	4	2		5
Média	10	11	9	7	9	9	10
Desvio padrão	5,3	4,3	3,2	4,2	5,2	2,4	5,8

Para o ensaio realizado com a oxitetraciclina, no período 48 horas de exposição a *D. similis*, verificou-se que não houve diferença estatística significativa entre as concentrações testadas e o controle ($p = 0.532$), portanto a oxitetraciclina não apresentou toxicidade para *D. similis* (Tabela 3).

Tabela 3: Percentual de imobilidade de *Daphnia similis*, com 48 horas de exposição ao antibiótico oxitetraciclina.

Réplicas	Controle	1 mg.L^{-1}	6 mg.L^{-1}	12,5 mg.L^{-1}	15 mg.L^{-1}	20 mg.L^{-1}	25 mg.L^{-1}	50 mg.L^{-1}
R1	20	0	0	0	0	0	20	20
R2	0	0	0	0	0	20	20	60
R3	0	0	20	0	20	0	0	0
R4	0	0	0	0	20	0	20	0
Média	5	0	5	0	10	5	15	20
Desvio Padrão	10,0	0	10,0	0	11,5	10,0	10,0	28,3

Diferindo do presente resultado, estudos identificaram efeito tóxico da oxitetraciclina para os microcrustáceos *Daphnia magna* e *Ceriodaphnia dubia* (ISIDORI et al., 2005; SANTOS et al., 2010). Outros trabalhos encontrados na literatura corroboram com os observados no presente trabalho, onde pesquisadores observaram potencial não tóxico dos efluentes de cultivo de alevinos a *D. similis*, em São Paulo (CAMPOS et al., 2014), além de estudos de Wollenberger et al. (2000) e Kolar et al. (2014), que avaliando a toxicidade da oxitetraciclina não observaram efeito tóxico agudo para *D. magna*.

O estudo de Wollenberger et al. (2000) sugere que testes de reprodução com crustáceos devem ser incluídos como estratégia para monitorar o uso de antibióticos em pisciculturas, pois foi observado efeito tóxico crônico nos experimentos (WOLLENBERGER et al., 2000).

Ensaio ecotoxicológico com *Hyaella azteca*

No ensaio realizado com *Hyaella azteca* expostos a amostras de sedimento dos viveiros de cultivo de alevinos, as mortalidades exibidas não diferiram significativamente quando comparadas ao controle ($p = 0,07$), portanto, sem apresentar efeito tóxico. Foi observado maior percentual de mortalidade nos tanques P2 (25%) e P4 (22,5%).

Os tanques que exibiram maior mortalidade corresponderam àqueles onde ocorreu a adição de hormônios para reversão sexual e do antibiótico oxitetraciclina (P2), além de um maior aporte de ração, e consequentemente de nutrientes disponíveis na água. Outro fator observado foi a granulometria dos pontos amostrais que exibiu uma fração de areia maior em relação à de argila e silte. As interações entre a fração granulométrica do sedimento e

alguns agentes químicos indicam que as frações mais finas, como argila e silte, são mais propensas à contaminação (ABESSA, 1998).

Os resultados do ensaio com exposição do 17- α metiltestosterona a *Hyalella azteca* mostrou que entre as concentrações testadas e o controle, os dados apresentaram variação normal, com diferença estatisticamente significativa ($p = < 0,012$), demonstrando efeito tóxico. A concentração que causa a mortalidade a 50% dos organismos teste (CE_{50} ; 240h) foi igual a 0,03 $\mu\text{g.L}^{-1}$, com limites de confiança de 95% inferior e superior a 0,02 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 0,036 $\mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente (Figura 3).

Para o ensaio realizado com exposição ao antibiótico oxitetraciclina, verificou-se que não houve diferença estatística significativa entre as concentrações testadas e o controle ($p = 0,31$), portanto a oxitetraciclina não apresentou toxicidade para *Hyalella azteca* nas concentrações testadas. O percentual médio de mortalidade de *H. azteca* exposto à maior concentração testada foi de 6,67%. Outros estudos utilizando microcrustáceos para avaliar a toxicidade da oxitetraciclina também não observaram efeito tóxico (WOLLENBERGER et al., 2000; KOLAR et al., 2014).

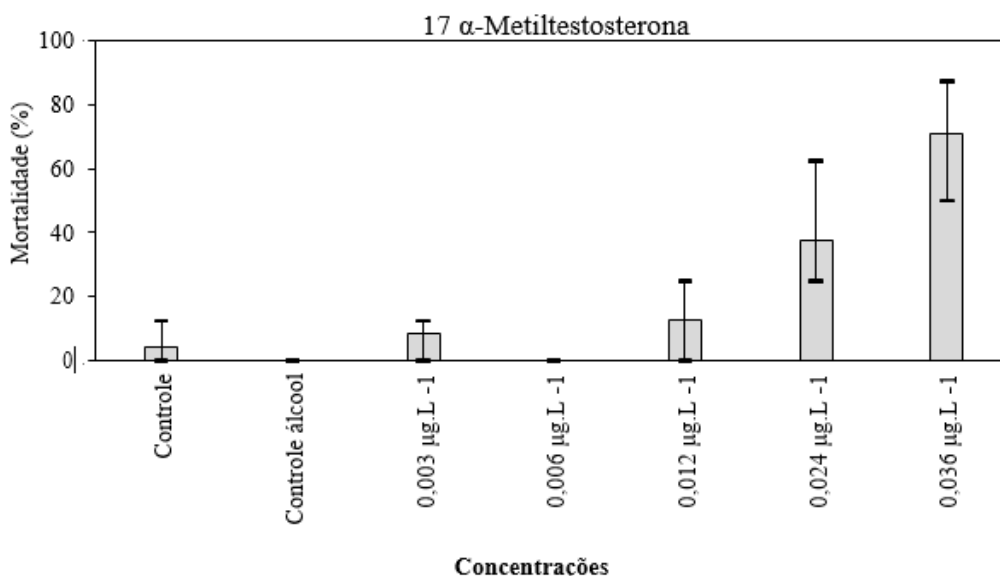


Figura 3: Resultado do teste de toxicidade com o hormônio 17 α -metiltestosterona realizado com *Hyalella azteca*, mostrando o percentual de mortalidade máxima, mínima e média entre as réplicas.

O efeito tóxico das atividades aquícolas deve ser avaliado sobre amplos aspectos, de modo que, em geral não está conferido a apenas um fator independente e sim ligados a diversas características ambientais, físicas, climáticas e etc. Essas características podem potencializar a toxicidade de um determinado elemento e oscilar de acordo com o ponto e a época da amostragem (ABESSA, 1998).

A eutrofização artificial é um dos principais efeitos nocivos ao ecossistema aquático induzido pelas atividades aquícolas. Em geral, efluentes de viveiros de cultivo apresentam um alto valor de nutrientes, e somado a isso são adicionados compostos farmacêuticos potencialmente tóxicos, porém negligenciados (SCHIVIANI et al., 2011). A utilização de antibióticos e hormônios é regular no cotidiano dos cultivos de alevinos.

Apesar da água e sedimento dos cultivos de alevinos, do antibiótico oxitetraciclina e da análise do efeito do 17- α metiltestosterona na reprodução de *D. similis* não apresentarem efeito tóxico, a análise do potencial da toxicidade aguda do 17- α metiltestosterona causou efeito tóxico a *D. similis* e a *H. azteca*, na maior parte das concentrações testadas, sugerindo potencial risco ao ambiente aquático e de exposição a longo prazo por acúmulo no sedimento. A pesquisa de Falone (2007) chama atenção para o fato de que a presença do hormônio em viveiros de cultivo pode acumular pela ração não consumida totalmente ao passar das aplicações diárias. E com o passar do tempo podem resurgir na coluna de água por resuspensão do sedimento.

A oxitetraciclina é comumente usada em pisciculturas no Brasil, no entanto ainda não é liberado oficialmente para utilização em atividades aquícolas no país. Grande parte desse antibiótico não é biodegradável e pode voltar a coluna d'água e ser lixiviado para outros locais (UENO et al., 2004).

CONCLUSÕES

O fato do hormônio 17 α -metiltestosterona ter causado toxicidade aguda chama atenção para os riscos desse composto na água e seu acúmulo a longo prazo no sedimento. Esses resultados mostram a necessidade de cautela no lançamento de efluentes e de buscar fontes alternativas para controle de doenças e para o processo de masculinização em cultivos de peixes, além de contribuir com informações para elaboração de estratégias de gestão voltadas às cadeias produtivas no semiárido e redução dos impactos ambientais.

Assim como a ocorrência de doenças são fatores limitantes para produtividade na piscicultura, o uso dos produtos farmacêuticos veterinários também representam risco, como a intoxicação ambiental. A formulação de políticas públicas que garantam os múltiplos usos da água e defina padrões de lançamento de efluente de atividades aquícolas é vital para o desenvolvimento econômico da região semiárida. Uma vez que, a legislação nacional não faz menção a limites e padrões para substâncias utilizadas na piscicultura, e parâmetros específicos para testar a toxicidade dos efluentes dessa atividade.

Os métodos tradicionais de tratamento de água e efluente não são capazes de eliminar resíduos dos produtos farmacêuticos utilizados na piscicultura e são lançados nos corpos hídricos, como o reservatório Itaparica, usado para usos múltiplos, são responsáveis pelo abastecimento humano de diversos municípios, e ainda, fornece água para grandes projetos, como os de irrigação e transposição do rio São Francisco.

Como estratégia para contribuir com o monitoramento e gestão ambiental em pisciculturas, recomenda-se análise quantitativa das concentrações de hormônios e antibióticos na água e efluente das pisciculturas, no corpo hídrico receptor e nos peixes cultivados; análise em outros organismos não alvo dos compostos farmacêuticos utilizados na piscicultura, pertencentes a outros níveis da cadeia trófica, e em peixes endêmicos, a fim de verificar o efeito na reprodução e impacto local; formulação de protocolos de ensaios ecotoxicológicos com espécies endêmicas; incentivo a adoção de Boas Práticas na aquicultura e medidas alternativas para controle de doenças e reversão sexual, visando diminuir ou substituir o uso dos produtos farmacêuticos.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pelo financiamento da pesquisa e a cooperação internacional com a Universidade Técnica de Berlim, por meio do *Projeto interplay coupling of substance cycle in aquatic and terrestrial ecosystems* (INNOVATE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. P. M.; TOMMASI, L. R. Considerações sobre o emprego da tríade de qualidade de sedimento no estudo da contaminação marinha. **Relat. Téc. Inst. Oceanogr.**, v. 44, p.1-12, 1998.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ecotoxicologia aquática: toxicidade aguda – método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea: Cladocera)**. ABNT NBR 12713: 2004, 23p.
3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda e crônica - Método de ensaio com *Hyalella* spp (Amphipoda) em sedimentos**. ABNT NBR 15470, 21 p, 2013.
4. APHA - American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WPCF – Water Pollution Control Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington DC. 1085p. 2012.

5. BARROSO, R. M.; ANDRÉS, M. P. A Tilápia e o Desenvolvimento do Sertão de Itaparica/ PE - Análise Econômica para Investimentos de Desenvolvimento na Região. **Documentos 4: Embrapa Pesca e Aquicultura**, ed. 1, 44 p., Palmas - TO, 2014.
6. CAMPOS, B. G. de; ABESSA, D. M. de S.; LOPES, M. C.; SILVA, N. J. R. da. Avaliação ecotoxicológica em piscicultura no parque estadual da Serra do Mar-SP, Núcleo Itariru. **O Mundo da Saúde**, 38(1):98-104, São Paulo, 2014.
7. CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia de coleta e preservação de amostras. Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão – [et al]. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011, 326 p.
8. CHESF - COMPANHIA HIDROELÉTRICA DO SÃO FRANCISCO. **Inventário dos Ecossistemas Aquáticos do Baixo São Francisco. Reservatório Itaparica. 2º Relatório Anual Dezembro/2008 a Novembro/2009**. 331 p., Recife, 2010.
9. FALONE, Sandra Zago. Desenvolvimento de métodos para a determinação do hormônio 17 α -Metiltetosterona em amostras de água e de sedimentos de piscicultura: ensaios ecotoxicológicos com cladóceros. *Tese apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo – USP*. 155 p., 2007.
10. KOLAR, B.; ARNUS, L.; JERETIN, B.; GUTMAHER, A.; DROBNE, D.; DURJAVA, M. K. The toxic effect of oxytetracycline and trimethoprim in the aquatic environment. **Chemosphere**, 115, p. 75–80, 2014.
11. HAMILTON, M.A., RUSSO, R.C., THURSTON, R.V. Trimed Spearman-Kärber method for estimating medial lethal concentrations in toxicity bioassays. **Environmental Science Technology**, v.7, n. 7, p.714-719, jul. 1977.
12. ISIDORI, M.; LAVORGNA, M.; NARDELLI, A.; PASCARELLA, L.; PARRELLA, A. Toxic and genotoxic evaluation of six antibiotics on non-target organisms. *Science of the Total Environment*, 346, p. 87 – 98, 2005.
13. SANTOS, L. H. M. L. M.; ARAÚJO, A. N.; FACHINI, A.; PENA, A.; DELERUE-MATOS, C.; MONTENEGRO, M. C. B. S. M. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. **Journal of Hazardous Materials**, 175, P. 45–95, 2010.
14. SCHIVIANI, J. DE A.; CARDOSO, C. E.; RODRIGUES, W. C. Desreguladores Endócrinos no Meio Ambiente e o Uso de Potenciais Bioindicadores Endo. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 4, n. 3, p. 33–48, 2011.
15. SOBRAL, M. C. M. Estratégia de Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Brasileiro. **Revista Eletrônica do PRODEMA – REDE**, v. 7, p. 76-82, 2011.
16. UENO, R.; KINOSHITA, A.; WAKABAYASHI, J. Comparative pharmacokinetics of oxytetracycline in eel and its fate in a closed aquatic environment. **Aquaculture**, 235, p. 53–63, 2004.
17. WOLLENBERGER, A. L.; HALLING-SØRENSEN, B.; KUSKA, K. O. Acute and chronic toxicity of veterinary antibiotics to *Daphnia magna*. **Chemosphere**, 40, p. 723-730, 2000.