



Programa de Pós-graduação
em Recursos Aquáticos
e Pesca

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO-UEMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO-PPG
CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS-CECEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO (MESTRADO) EM RECURSOS AQUÁTICOS E
PESCA - PPGRAP

INGRID TAYANE VIEIRA DA SILVA DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DA SANIDADE EM CULTIVOS DE TILÁPIAS (*Oreochromis* sp.): QUALIDADE DA
ÁGUA, ALTERAÇÕES BRANQUIAIS E IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES FÚNGICAS**

São Luís – MA

2019

INGRID TAYANE VIEIRA DA SILVA DO NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DA SANIDADE EM CULTIVOS DE TILÁPIAS (*Oreochromis* sp.):
QUALIDADE DA ÁGUA, ALTERAÇÕES BRANQUIAIS E IDENTIFICAÇÃO
DE ESPÉCIES FÚNGICAS**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção do título de mestre em Recursos Aquáticos e Pesca.

Área de Concentração: Recursos Pesqueiros.
Orientadora: Prof^ª. Dra. Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra

Co-orientadora: Prof^ª. Dra. Débora Martins Silva Santos

São Luís – MA

2019

Nascimento, Ingrid Tayane Vieira da Silva do.

Avaliação da sanidade em cultivos de tilápia (*Oreochromis*): qualidade da água, alterações branquiais e identificação de espécies fúngicas/ Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento. – São Luís, 2019. 116 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Profa. Dra. Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra.

1. Micologia. 2. Biopatologia. 3. Microbiologia. 4. Piscicultura.

I. Título.

CDU 579.6:639.3

**AVALIAÇÃO DA SANIDADE EM CULTIVOS DE TILÁPIAS (*Oreochromis* sp.):
QUALIDADE DA ÁGUA, ALTERAÇÕES BRANQUIAIS E IDENTIFICAÇÃO
DE ESPÉCIES FÚNGICAS**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como requisito para obtenção do título de mestre em Recursos Aquáticos e Pesca.

Dr.^a Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra (UEMA)
Orientadora

Dr.^a Dra. Débora Martins Silva Santos(UEMA)
Co-Orientadora

Dr.^a Izabel Cristina da Silva Almeida Funo(IFMA)
1ºExaminador

Dra. Selma Patrícia Diniz Cantanhede(UEMA)
2ºExaminador

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento. Ele reserva a verdadeira sabedoria para os retos, escudo é para os que caminham em sinceridade”.

(Provérbios 2:6-7)

Dedico este trabalho a minha família e a todos que colaboraram para a realização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu bom Deus, pois sei que cheguei até aqui porque Ele tem dirigido a minha vida e me trouxe a patamares mais altos, mesmo quando ainda era um sonho já tinha dito “sim”, pois bem, cá estou eu! Obrigada Senhor!

Registro ainda aqui meu “muito obrigada” a todos que contribuíram para a realização deste trabalho:

À minha família tão compreensiva e amada. À minha mãe Maria José, meu esposo André Luís, irmãs Carla Érica e Adriana, amigos da igreja que foram cruciais para me manter serena mesmo em meio a tantos compromissos no meio acadêmico. Vocês foram parte do meu escape.

Àos professores Thiago Anchieta, Ilka Serra e Débora Santos que tanto admiro pelo profissionalismo e seriedade que desenvolvem seus trabalhos na universidade. Além é claro, de todo suporte no decorrer da pesquisa o que certamente me fez sentir mais confiante para ir a diante a cada nova etapa de desenvolvimento do projeto. A minha querida orientadora prof.^a Ilka meu muito obrigada, permitiu que eu tivesse liberdade e confiança para escrever, atributos que tanto zelo no meio científico! À equipe do grupo de estudo de Microbiologia: Larisse, Diego e Amanda. Muitoobrigada!

Àos piscicultores residentes em São José de Ribamar e em Paço do Lumiar pela receptividade que viabilizou o desenvolvimento de toda pesquisa. Ao seu “Zezão”, dona Sandra, que me receberam tão bem em sua propriedade que não quis mais sair, desenvolvendo tudo que possível em sua piscicultura, como a filmagem da vídeoaula. Deixo aqui uma carta de recomendação aos estudantes que desejam realizar suas pesquisas em pisciculturas; esse trabalho constituiu um passo inicial de diálogo entre a comunidade acadêmica e os produtores de peixes da região para o desenvolvimento de pesquisas futuras e assim fazermos o que tanto declaramos – levar o conhecimento a comunidade.

Àos meus amigos de classe: Rosana, Camila, Elydi, Denise, Fernanda, Helon, Jorge, Dayane e Augusto. À Rosana que contribuiu grandemente na elaboração da vídeoaula e da cartilha; amei tudo que fizemos, você tornou tudo muito divertido! Helon obrigada pelo contato do piscicultor que tanto colaborou com meu trabalho!

Não posso deixar de agradecer também à Natália Jovita que mesmo sem me conhecer se prontificou a me ajudar. O laboratório pareceu um lugar estranho quando cheguei com minha primeira coleta às 19:00 hs com todos os peixes e muito trabalho pela frente, mas lá estava ela me esperando para processar todo material. Muito obrigada...Ah e ainda teve várias correções e contribuições nos artigos! Obrigada a toda equipe do laboratório de Morfofisiologia, especialmente, Margarete e Elielma! Obrigada Jojo (Josielma Silva) por me ajudar na escrita e revisão dos artigos além é claro de me fazer companhia na sala domestrado!

Ào programa de Pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca - PPGRAP por toda organização e direção do curso. À prof.^a Débora Santos que, com toda paciência e calma nos ajudou a realizar a pesquisa. À toda equipe de professores que contribuem para o crescimento do programa. À Hilana (secretária do curso) que foi mais que uma funcionária do programa, foi uma amiga que me ajudou a espairecer mesmo em meio a tanta turbulência de coleta e escrita, além é claro pelo meu aniversário surpresa, que juntamente com minha turma preparou com tanto carinho e zelo. .Muito obrigada mais uma vez! Nunca vou esquecer foi tudo lindo, ah...e observação no dia do meu seminário!

A toda equipe da Uemanet pela assistência em todos os processos de elaboração da vídeoaula, cartilha e MOOC. Ao Fredson, Kelly, Nilra, Yuri, meu muito obrigada!

À UEMA e a FAPEMA que tornou possível a realização desse trabalho através da estrutura física e financiamento da pesquisa. Gostaria que todos os projetos desenvolvidos na universidade tivessem o mesmo apoio que tive, certamente nossas pesquisas avançariam a passos mais largos e com mais qualidade ainda!

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a sanidade em cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) através da qualidade da água, alterações branquiais e identificação de espécies fúngicas. As coletas foram realizadas nas regiões metropolitanas de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, da cidade de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. Foram coletadas amostras de água e trinta peixes para análise das brânquias em seis pisciculturas, três em São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e três em Paço do Lumiar (P4, P5 e P6). Os produtores foram entrevistados a partir de um questionário semi-estruturado para averiguações, sobretudo, sobre o manejo e a sanidade dos peixes. Foram verificados os parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (O. D.), amônia e nitrito *in situ* nas pisciculturas. As análises microbiológicas para determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas através do método Colilert®. As brânquias e amostras da pele dos peixes foram retiradas para análise de lesões histológicas e isolamento de fungos. As brânquias foram removidas e fixadas em formalina a 10%, por 48 horas e para a confecção das lâminas, as amostras passaram pelo processamento histológico. O isolamento dos fungos das amostras de brânquias e peles dos peixes foi feito em meio de cultivo ágar saboroud dextrose acrescido de clorafenicol. As alterações histológicas foram avaliadas através do cálculo do Índice de Alteração Histológica (IAH). Os dados de IAH foram analisados pelo teste t de Student. Os valores de temperatura, O. D., salinidade e nitrito obtidos foram considerados dentro dos padrões recomendados. O pH verificado em P6 é considerado potencialmente estressante aos peixes e, portanto um predisponente a patologias. A amônia em P2 está dentro do padrão considerado subletal. Em todas as pisciculturas avaliadas foram verificadas a presença de coliformes totais com elevados valores para as pisciculturas de São José de Ribamar. A presença da bactéria *E. coli* foi verificada em P1 indicando contaminação fecal da água do viveiro pela vazão de alguma fonte de efluente doméstico diretamente no viveiro ou no poço artesiano que abastece a piscicultura. As análises histopatológicas realizadas nas brânquias indicaram alterações morfológicas em todos os tecidos analisados. As lesões encontradas foram: levantamento do epitélio respiratório, hiperplasia do epitélio lamelar, congestão dos vasos sanguíneos, fusão lamelar, dilatação do seio sanguíneo e aneurisma lamelar. Os valores de IAH indicaram diferenças estatísticas significativas entre as lesões encontradas em P3 e P4, P3 e P6. O isolamento das amostras de fungos mostrou o crescimento de fungos dos gêneros *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp. - fungos produtores de micotoxinas. Essas espécies estão associadas ao processamento e armazenamento inadequado da ração. A ocorrência desses fungos pode ser natural ou pode estar relacionada ao uso de ração contaminada nos criatórios. A presença de micotoxinas em alimentos já foi associada a várias patologias em peixes. Vale ressaltar que deve haver elevadas contagens de fungos na ração para indicar a presença de micotoxinas.

Palavras-chave: Micologia, Biopatologia, Microbiologia, Piscicultura.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the health of tilapia (*Oreochromis* sp.) crops through water quality, gill alterations and identification of fungal species. The collections were carried out in the metropolitan areas of São José de Ribamar and Paço do Lumiar, in the city of São Luís, state of Maranhão, Brazil. Water and thirty fish were collected to analyze the gills in six fish farms, three in São José de Ribamar (P1, P2 and P3) and three in Paço do Lumiar (P4, P5 and P6). The producers were interviewed from a semi-structured questionnaire to investigate, in particular, the management and sanity of the fish. The parameters were: hydrogenation potential (pH), temperature, salinity, dissolved oxygen (O.D.), ammonia and nitrite in situ in fish farms. Microbiological analyzes for determination of the Most Likely Number (MPN) of total coliforms and *Escherichia coli* were performed using the Colilert® method. The gills and fish skin samples were removed for analysis of histological lesions and fungal isolation. The gills were removed and fixed in 10% formalin for 48 hours and for the preparation of the slides, the samples passed through histological processing. Isolation of the fungi from fish gills and skins samples was done in agaroud dextrose agar medium plus clorafenicol. Histological changes were assessed by calculating the Histological Alteration Index (AHI). The AHI data were analyzed by Student's t-test. The values of temperature, O. D., salinity and nitrite obtained were considered within the recommended standards. The pH verified in P6 is considered potentially stressful to fish and, therefore, predisposing to pathologies. The ammonia in P2 is within the standard considered sublethal. In all fish farms evaluated, the presence of total coliforms with high values for the fish farms of São José de Ribamar was verified. The presence of *E. colibacteria* was verified in P1 indicating fecal contamination of nursery water by the flow of some source of domestic effluent directly into the nursery or the artesian well that supplies the fish culture. Histopathological analyzes performed on the gills indicated morphological alterations in all tissues analyzed. The lesions were: respiratory epithelial lining, lamellar epithelium hyperplasia, blood vessel congestion, lamellar fusion, dilation of the sinus and lamellar aneurysm. The AHI values indicated statistically significant differences between the lesions found in P3 and P4, P3 and P6. Isolation of fungi samples showed the growth of fungi of the genus *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. and *Fusarium* sp. - fungi producing mycotoxins. These species are associated with inadequate processing and storage of feed. The occurrence of these fungi may be environmental or may be related to the use of contaminated feed in the farms. The presence of mycotoxins in food has been associated with several fish pathologies. It is worth mentioning that there must be high fungal counts in the diet to indicate the presence of mycotoxins.

Key words: Mycology, Biopathology, Microbiology, Fish farming.

LISTA DE FIGURAS

(CAPÍTULO I)

Figura 1 Mapa da localização das áreas de estudo nos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil.

Figura 2 Fotomicrografias de brânquias de *Oreochromis* sp. Em A, observa-se a morfologia normal da brânquia. Em B, levantamento do epitélio (seta) e dilatação do seio sanguíneo (*); C, hiperplasia do epitélio lamelar (seta); D, congestão dos vasos sanguíneos (seta); E, fusão completa das lamelas (setas) e hiperplasia e hipertrofia das células de muco (*); F, aneurisma lamelar (seta). Aumento 400x. Coloração em HE.

Figura 3 Médias de IAH dos peixes analisados por piscicultura e as diferentes significativamente (a, b).

LISTA DE FIGURAS

(CAPÍTULO II)

Figura 1 Mapa da localização das áreas de estudo nos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, MA.

Figura 2 Distribuição dos gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp. nas pisciculturas.

LISTA DE FIGURAS

(CAPÍTULO III)

Figure 1 Relationship between etiological agent causing saprolegniosis and cultured fish.

LISTA DE TABELAS

(CAPÍTULO I)

Tabela 1. Valores de massa e comprimento total dos peixes coletados nas pisciculturas em pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Tabela 2. Classificação, distribuição e frequência de lesões histopatológicas presentes nas brânquias de *Oreochromis sp.* coletadas em pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Tabela 3. Dados dos parâmetros abióticos coletados em pisciculturas do Maranhão, Brasil, e valores recomendados.

Tabela 4. Dados da análise microbiológica da água das pisciculturas do Maranhão, Brasil.

LISTA DE TABELAS

(CAPÍTULO II)

Tabela 1. Caracterização sanitária dos cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) em São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e Paço do Lumiar (P4, P5 e P6).

LISTA DE TABELAS

(CAPÍTULO III)

Table 1 List of articles collected, database, periodicals and topics covered.

Table 2 Summary of the studies that have included fish farmed in the world infected with saprolegniose, separated by a database.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS.....	21
21 Objetivo geral.....	21
22 Objetivos específicos.....	21
3. METODOLOGIA.....	21
31 Área de coleta.....	21
32 Coleta e processamento das amostras.....	27
33 Análise da água dos cultivos.....	29
34 Análise histopatológica das brânquias.....	30
35 Isolamento dos fungos	31
4. RESULTADOS.....	32
41 QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCICULTURAS E ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA DE TILÁPIAS (<i>Oreochromis</i> sp.) EM SÃO JOSÉ DE RIBAMAR E PAÇO DO LUMIAR, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL.....	33
Resumo	34
Introdução	35
Materiais e Métodos	37
Área de coleta	37
Coleta e processamento das amostras.....	38
Análise estatística	39
Resultados.....	39
Discussão.....	43
Conclusão.....	49
Agradecimentos	49
Financiamentos.....	49
Referências	49
GUIDE FOR AUTHORS AQUICULTURE	54

42 CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS PRODUTIVOS, SANITÁRIOS E IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES FÚNGICAS DE IMPORTÂNCIA PARA A TILAPICULTURA.....72

Resumo	73
Introdução	74
Materiais e Métodos	75
Área de coleta	75
Coleta e processamento das amostras.....	76
Resultados.....	77
Caracterização sanitária em cultivo de tilápia	77
Identificação das espécies fúngicas	80
Discussão.....	81
Fatores potencialmente estressantes nas pisciculturas.....	81
Sanidade microbiológica dos peixes.....	82
Conclusão.....	83
Agradecimentos	84
Referências	84
43 REGISTRY OF SAPROLEGNIOSE IN FISH CULTIVATED IN THE WORLD: A COMPILATION OF DATA	87
Introduction.....	89
Materials and Methods	90
Results.....	90
Published studies	90
Discussion	91
Conclusion	94
Agradecimentos	94
References.....	94
Instructions For Authors Aquiculture International	100

5. CONCLUSÕES	104
REFERÊNCIAS	106
APÊNDICES	108
APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO.....	109
APÊNDICE II - CARTILHA.....	114

1. INTRODUÇÃO

As principais espécies cultivadas no mundo são carpas (*Ctenopharyngodon idellus*, *Hypophthalmichthys molitrix* e *Cyprinus carpio*), tilápias (*Oreochromis niloticus*) e salmão (*Salmo salar*) (FAO, 2018), sendo a tilápia a quarta maior espécie produzida no Brasil, com produção de mais de 357.639 toneladas ao ano (Associação Brasileira de Piscicultura, 2018). A piscicultura brasileira passa por uma fase de intenso desenvolvimento. Em 2017 foram produzidas 691.700 toneladas de peixes, representando um acréscimo de 8% em relação a 2016 (Associação Brasileira de Piscicultura, 2018).

As tilápias são peixes nativos da África que foram introduzidas no Brasil na década de 70 (Oliveira et al., 2016). Apresentam algumas características que contribuem para o crescimento da produção, como características relacionadas à sua fisiologia, biologia reprodutiva, plasticidade genética, desenvolvimento de linhagens domesticadas e fácil comercialização (Zanolo; Yamamura, 2006).

Naturalmente, os peixes possuem uma camada de muco que o reveste externamente, sendo composta por antibióticos, ácidos graxos livres e enzimas. Havendo danos nessa camada o peixe fica suscetível a diversas patologias. Esta barreira é alterada principalmente por alguns fatores como: variações bruscas na temperatura, perda de escamas, desequilíbrios hormonais, falta de higiene no criatório, traumatismos, feridas provocadas por parasitos e estresse. A exposição a esses fatores podem favorecer a queda de resistência dos peixes, deixando-os vulneráveis a doenças (Paiva, 1997).

O estresse consiste numa importante resposta do organismo em situações que exigem esforço para adaptação. O que caracteriza o estresse como bom ou ruim aos peixes é o tempo e a intensidade de exposição a um determinado estressor, sendo este caracterizado por um agente que provoca reação de estresse independente de sua natureza (Silveira et al., 2009 e Ceccarelli et al., 2000). Em situações emergenciais o estresse auxilia o organismo a se defender, com consequente aumento do consumo de oxigênio e da respiração, acompanhado de respostas motoras, psicológicas, bioquímicas e fisiológicas. Se a situação estressante persistir, pode comprometer outros processos como redução de crescimento, inibição da reprodução, diminuição da resistência a doenças e até, levar a morte do organismo (Ceccarelli et al., 2000).

Nesse contexto, estudos relacionados à qualidade da água, ao manejo da espécie

na instalação de viveiros e caracterização de doenças causadas por microorganismos são essenciais para identificar causas de estresses nos peixes e consequente diminuição da produção (Pinheiro et al., 2015; Mallasen et al., 2008; Pavanelli; Eiras; Takemoto, 2008; Rojas and Wadsworth, 2007; Van West, 2006; Meyer, 1991).

A qualidade de um ambiente aquático pode ser caracterizada a partir de estudos na água com análises físico-químicas e microbiológicas; e nos organismos que estão inseridos no meio com o uso de biomarcadores, por exemplo. A utilização da maior quantidade de análises resulta em informações mais consistentes para avaliar as condições de uma piscicultura. Somados a estas análises, a caracterização da infraestrutura e da rotina na piscicultura podem servir como base para indicar medidas de manejo preventivo contra patologias causadas por microragnismos.

Os biomarcadores consistem em respostas biológicas que os organismos apresentam quando são expostos a estressores e/ou poluentes (Hinton et al., 1992). Essas alterações são manifestadas e observadas a nível molecular, fisiológica ou comportamental (Jesus; Carvalho, 2008). Os biomaracdores histopatológicos mais utilizados são as brânquias, fígado e rim, pois são órgãos que estão diretamente relacionados a atividades vitais de respiração e metabolização (Marshall Adams et al., 1992). Esses biomarcadores contribuem com informações importantes sobre a sanidade dos peixes (Van der Oost et al.,2003).

As doenças de causas fúngicas são responsáveis por significativas perdas econômicas e podem ser consideradas um obstáculo para o desenvolvimento da piscicultura mundial (Pinheiro et al., 2015; Pavanelli; Eiras; Takemoto, 2008; Van West, 2006; Meyer, 1991). A ocorrência de fungos na piscicultura pode ser de origem ambiental (Nunes et al., 2015) ou pode estar relacionada ao uso de ração contaminada nos criatórios. As rações podem sofrer contaminação por espécies produtores de micotoxinas como *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp.e *Fusarium* sp. durante o processamento ou armazenamento inadequado (FAO,2014).

Assim, informações sobre a infraestrutura do viveiro, análise físico-química e microbiológica da água, uso de biomarcadores histopatológico e identificação de espécies fúngicas em peixes nos fornecem bases importantes para discutir sobre a sanidade em cultivos de tilápias.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a sanidade em cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) através da qualidade da água, alterações branquiais e identificação de espécies fúngicas.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas da água de pisciculturas;
- Analisar possíveis alterações teciduais em brânquias de tilápias;
- Caracterizar a sanidade das pisciculturas;
- Determinar as espécies fúngicas patogênicas no cultivo de tilápia;
- Reunir dados para identificar a relação da principal doença fúngica que acometem os peixes cultivados no mundo.

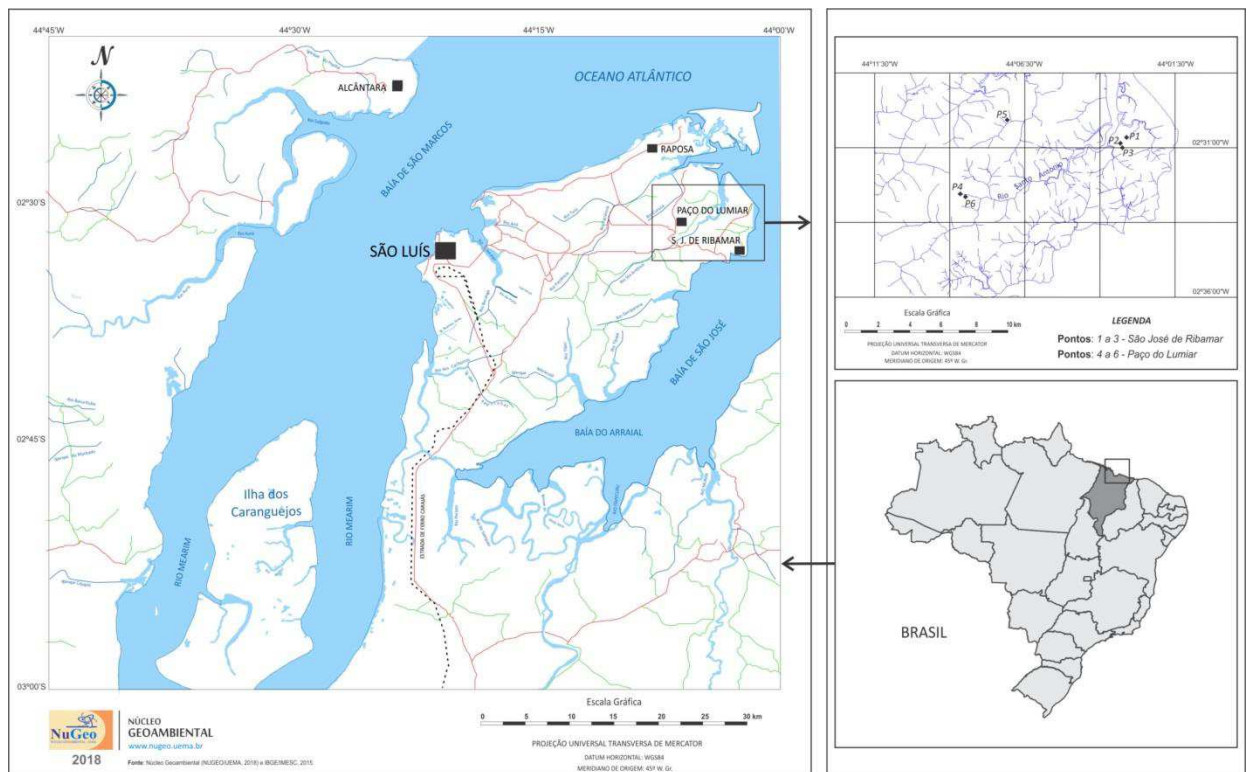
3. METODOLOGIA

3.1 Área de coleta

O estudo foi realizado em São José de Ribamar e Paço do Lumiar (Figura 1). O município de São José de Ribamar apresenta uma área de 388,37 km² (IBGE, 2014) com sede situada a 30 km de São Luís, no extremo leste da Ilha, à beira da Baía de São José. A cidade possui clima megatérmico com temperaturas que variam de 21° C a 34°C, com pequenas variações sazonais de 1° C ao longo do ano. Entre as principais atividades econômicas da região, destacam-se a pesca, comércio, turismo, serviços e indústrias (Comunicação Portal Fácil, 2015). O município de Paço do Lumiar está localizado no litoral norte maranhense e apresenta uma área de aproximadamente 125,259 km² (IBGE, 2017). O clima é tropical mesotérmico e úmido com temperaturas elevadas durante o ano todo (média de 26° C) e pequena variação anual (Barros et al., 2000). A economia na cidade é movida pelas atividades: extrativismo, pesca, agricultura familiar, comércio atacadista e varejista e atividades ligadas ao ecoturismo (Prefeitura

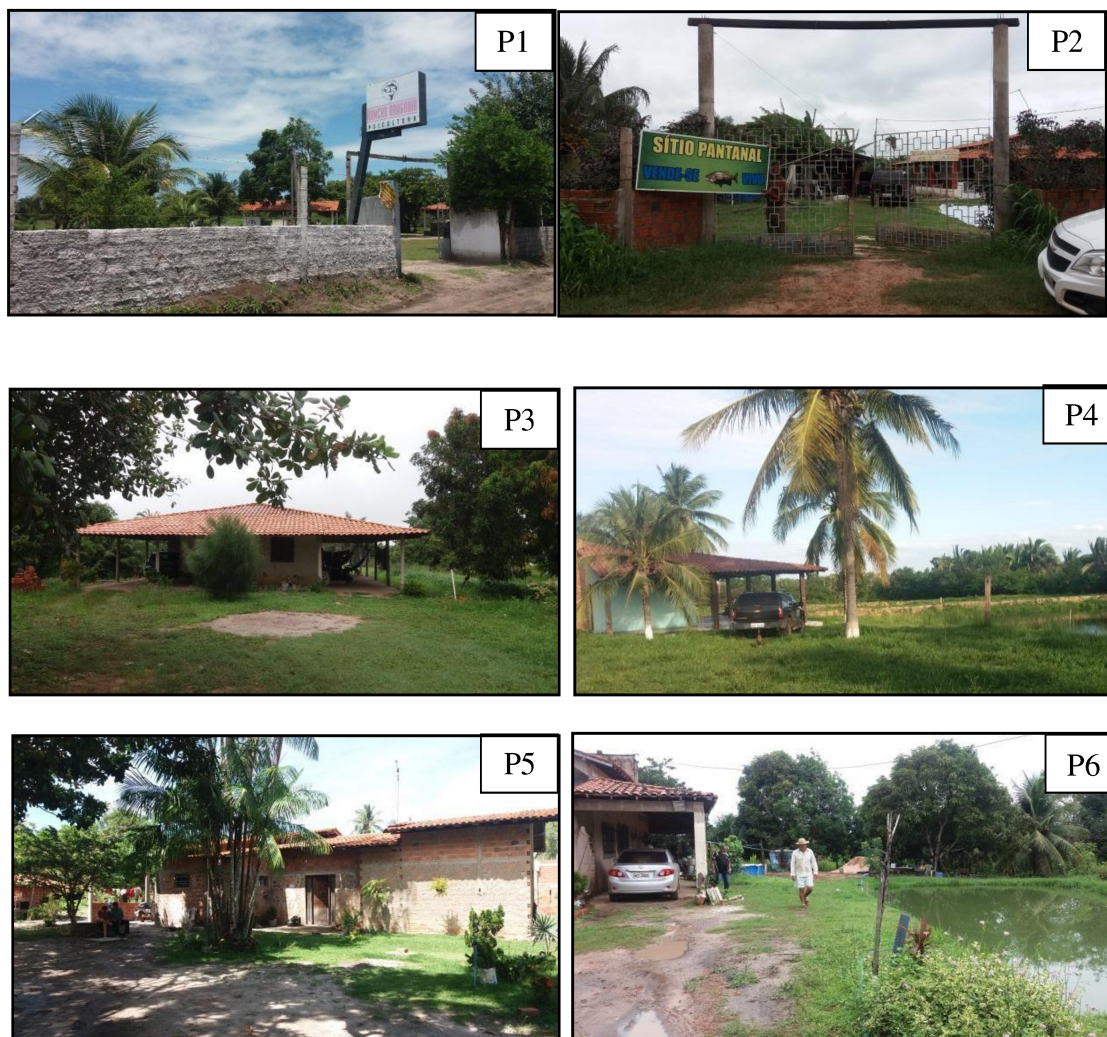
Paço do Lumiar, 2018).

Figura 1. Mapa da localização das áreas de estudo nos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, MA



As coletas ocorreram em seis pisciculturas localizadas nos pontos de coordenadas $02^{\circ} 30' 678''$ S $044^{\circ} 03' 131''$ W, $02^{\circ} 30' 896''$ S $044^{\circ} 03' 320''$ W e $02^{\circ} 30' 939''$ S $044^{\circ} 03' 346''$ W, referentes a São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e, $02^{\circ} 32' 546''$ S $044^{\circ} 08' 641''$ W, $02^{\circ} 30' 110''$ S $044^{\circ} 07' 087''$ W e $02^{\circ} 32' 648''$ S $044^{\circ} 08' 482''$ W, referentes às pisciculturas em Paço do Lumiar (P4, P5 e P6) (Figura 2).

Figura 2. Pisciculturas onde foram realizadas as coletas, sendo P1, P2 e P3 no município de São José de Ribamar e P4, P5 e P6, em Paço do Lumiar, MA



Fonte: Dados originais da pesquisa.

Dos questionários aplicados, cinco foram respondidos pelos proprietários das pisciculturas, e apenas um por encarregado direto. As pisciculturas se dedicam exclusivamente à atividade de recria e engorda, principalmente por não haver estrutura ou recursos suficiente para destinar a reprodução, larvicultura ou processamento dos peixes.

São José de Ribamar

A piscicultura corresponde a principal atividade desenvolvida em duas das três propriedades visitadas em São José de Ribamar com produção das espécies

tambaqui e tilápia, na ordem decrescente de produção. Ocorre engorda também do pirarucu e do piau em uma propriedade.

A propriedade P1 apresenta cinco estruturas de cultivo semi-intensivo: quatro viveiros de terra (20x40m, 20x40m, 20x40m e 10x5m) e um de lona (10x5m). De acordo com o encarregado, os peixes são separados por tamanho. As espécies tilápia e tambaqui ficam juntas nos viveiros, havendo uma estimativa de 100 mil tambaquis. Nos viveiros são utilizadas apenas ração para alimentar os peixes. Ocorre a realização da biometria a cada 2-3 meses com a utilização de 2 ou 3 peixes, os quais não são devolvidos aos tanques. Quanto à realização de desinfecção de utensílios como redes e tarrafas após o uso, o encarregado afirmou, lavar com água e expor ao sol, e que seus utensílios não são utilizados em outras pisciculturas.

A propriedade P2 possui oito estruturas de cultivo semi-intensivo, sendo cinco viveiros em terra (8x10m, 20x40m, 36x55m, 25x43m e 16x50m) e três em lonas (2, de 4 m e 8 m diâmetro). Em cada viveiro possuem 68 pirarucus, 1300 tambaquis e alguns piaus, não havendo separação por tamanho das espécies. A dieta dos peixes é composta principalmente por ração, mas são alimentados também por farelo de soja. O piscicultor não soube informar ao certo a quantidade de ração em cada viveiro, mas diz que usa um saco de ração por dia. A biometria é realizada uma vez na semana, medindo peso e comprimento de 10 peixes de cada espécie, os quais são devolvidos aos tanques. Os equipamentos usados nos viveiros são lavados com água e exposto ao sol, mas quando é emprestado para outra propriedade o produtor afirmou deixar por um tempo em solução de bicarbonato de sódio por desinfecção.

O cultivo de peixes em P3 é realizado em dois viveiros de terra; um de 40 x 16m e outro de 40 x 20m. Os viveiros possuem tilápias e tambaquis de tamanhos variados. Possuem mais de 1000 tambaquis em cada viveiro. O alimento utilizado é a ração acrescentada de milho no período de engorda. O processo de biometria é realizado uma vez ao mês com 10 peixes de cada espécie. O produtor afirmou lavar com água os utensílios utilizados nos tanques em seguida os expõe ao sol, e que quando empresta seus equipamentos não costuma ter o mesmo cuidado. O cultivo nesta propriedade é do tipo extensivo.

As propriedades P1 e P2 possuem plantio de hortaliças e outros vegetais. Quando questionado sobre a utilização de agrotóxico na propriedade, o produtor da piscicultura P2 afirmou não utilizar produtos químicos por ter consciência dos perigos

existentes devido às proximidades das plantações com seus criatórios e por existir um acordo entre os produtores da região. Na propriedade P1 existe o cultivo de horta há cerca de 100-150 m de distância dos criatórios e o encarregado afirmou utilizar agrotóxico durante o verão.

Os produtores afirmaram ter apoio técnico da prefeitura de São de Ribamar em seus empreendimentos com visitas periódicas de engenheiro de pesca para analisar os parâmetros físicos da água, além de outros aspectos como em caso de mortalidade elevada na produção. Afirmaram ainda, receber ração da prefeitura, a qual é consentida facilmente através de um cadastro.

Os peixes produzidos na piscicultura P1 são comercializados apenas na comunidade local. Na piscicultura P2 o pescado é destinado a feirantes, à comunidade local, pesque-pague e também a prefeitura de São José de Ribamar. O peixe produzido P3 é usado como fonte de subsistência e também vendido à prefeitura.

Paço do Lumiar

As pisciculturas visitadas em Paço do Lumiar não possuem a atividade de criação de peixes como principal ou como a única atividade exercida na propriedade. Os cultivos apresentam: tilápia, tambaqui, tambatinga e surubim.

A propriedade P4 apresenta sete estruturas de cultivo semi-intensivo: dois viveiros de terra (68 x 65m, 45 x 42m), uma piscina que atualmente é usada também para cultivo (20x 50 m) e quatro tanques de 8 m de diâmetro. Os tanques possuem tilápia, tambaqui e surubim. As tilápias ficam em três tanques (8 m cada) separadas na densidade de 830, 1100 e 2000 peixes em cada tanque. Os peixes são alimentados apenas com ração, sendo fornecidos aproximadamente 7 kg de ração por dia para cada tanque. A biometria é realizada uma vez ao mês com 20-30 peixes para verificação de peso para justes da ração. Esse processo é realizado por um técnico. O produtor afirma lavar com água e expor ao sol após a utilização dos seus equipamentos e que costuma usar o mesmo procedimento após emprestar o equipamento.

A piscicultura P5 possui seis estruturas de cultivo extensivo: quatro viveiros de terra (20x40m, 8x22m e duas de 15 x 40m) e dois em lona (6 x 12m e 4x8m). O cultivo é destinado a produção de tilápia e tambatinga. O produtor afirmou possuir de 1 a 2 peixes/m². O produtor usa ração e farelo de soja entre uma refeição e outra, sendo

fornecido mais de 500 g de alimento em cada cultivo. O produtor não realiza a biometria e nem desinfecção dos equipamentos usados nos tanques.

A piscicultura P6 apresenta apenas um viveiro funcionando atualmente, apresenta 10x17 m contendo 5 mil tilápias, 2 tucunarés e 98 jejú (iú). O cultivo é caracterizado como extensivo. É realizada a biometria por um profissional uma vez ao mês com 20-30 peixes. O produtor ainda não possui equipamentos próprios para despesca, assim usa de um amigo, no entanto não realiza nenhum processo de desinfecção.

Todas as propriedades visitadas em Paço do Lumiar realizam plantio de hortaliças e outros vegetais a menos de 50 m dos seus açudes. Os produtores das pisciculturas P4 e P5 fazem uso de algum tipo de agrotóxicos.

Os produtores afirmaram não possuir apoio nenhum por parte da prefeitura de Paço do Lumiar, mas que possuem assistência do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR, pelo qual os produtores recebem cursos de capacitação, visita técnica e também recebem ração.

Os produtores comercializam seus pescados, principalmente para a comunidade e também usam para subsistência, afirmam ainda ser difícil a venda para a prefeitura pela dificuldade de pagamento.

Em relação à disponibilidade de água, nenhum dos produtores relatou problema com falta de água tanto no município de São José de Ribamar como em Paço do Lumiar. A fonte de água usada para as pisciculturas são poços artesianos, com até dois poços por propriedade em Paço do Lumiar. O abastecimento de água ocorre por bombeamento em todas as propriedades.

Todos os produtores relataram problema em relação à confiabilidade dos alevinos de tilápia comprada como revestidas. Outro problema descrito pelos produtores é a dificuldade de encontrar frequência da marca das rações nos estabelecimentos próximos de suas propriedades, o que torna um dos principais fatores para a escolha da ração utilizada e não a ração que representa o melhor desempenho dos peixes ou a melhor relação custo/benefício.

Quando questionados sobre doenças nos peixes ou sinais clínicos indicativos de alguma doença como alterações no comportamento ou na fisiologia dos peixes, os produtores relataram nunca haver observado esse tipo de alteração.

3.2 Coleta e processamento das amostras

Os produtores foram entrevistados a partir de um questionário semi-estruturado contendo perguntas sobre a estrutura da propriedade, qualidade da água dos viveiros, manejo, alimentação, doenças e sobre a comercialização do pescado (ANEXO I).

Foi realizada uma única coleta em cada uma das pisciculturas no mês de fevereiro do ano de 2018. Foram coletadas dez tilápias em cada piscicultura a fim de selecionar cinco que apresentassem alguma alteração morfológica que caracterizasse patologia fúngica e/ou àqueles de maior massa corporal. Com auxílio de rede de arrasto, tarrafa e puçá (Figura 3) os peixes foram coletados, pesados individualmente e depositados em caixas de isopor contendo gelo. Foram analisados os parâmetros pH, temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido com o auxílio de um multiparâmetro. Amostras de água dos criatórios foram coletadas em garrafas estéreis e armazenadas em gelo para análise microbiológica. O material coletado foi transportado para o Laboratório de Morfofisiologia Animal da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para processamento das amostras.

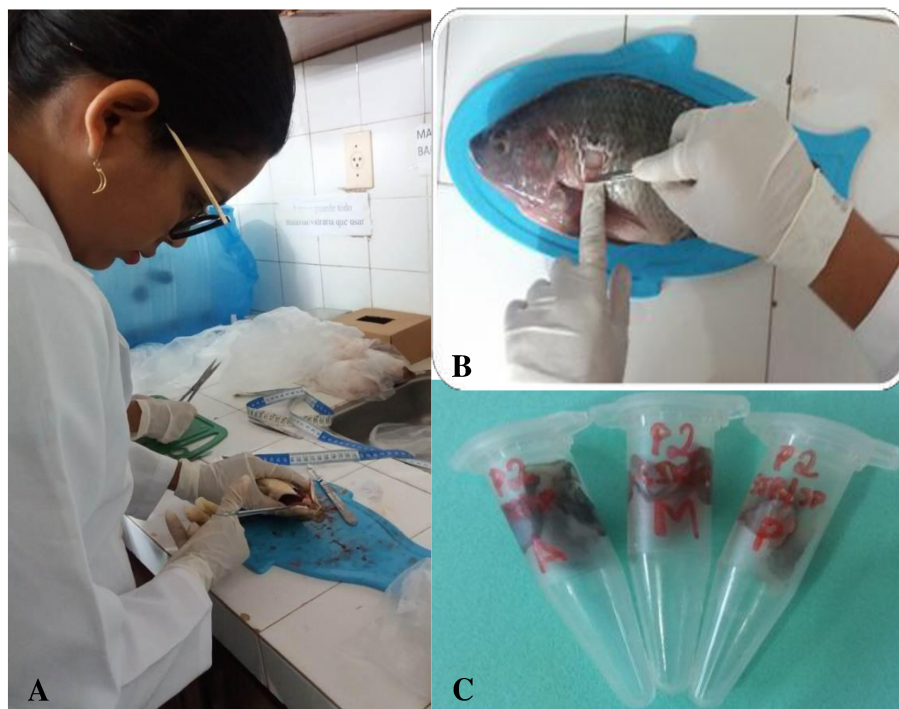
Figura 3. Coleta das amostras de peixes em criatório localizado em São José de Ribamar, MA



Fonte: Dados originais da pesquisa.

No laboratório foram retiradas as brânquias e amostras da pele dos peixes com o auxílio de pinças, lâminas e tesouras (Figura 4A e 4B). Foram padronizados o uso do arco branquial esquerdo para o isolamento de possíveis fungos que acometem esse órgão e o arco branquial direito para análises histológicas. O arco branquial esquerdo e amostras da parte anterior, mediana e posterior de cada peixe foram lavadas em água corrente e acondicionadas em frasco e três ependoffs, respectivamente (Figura 4C). Em seguida foram levados ao freezer para posterior isolamento e identificação dos fungos no laboratório de Fitopatologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da UEMA. O arco branquial direito de cada peixe foi submetido à análise histopatológica.

Figura 4. Imagem A: procedimento de remoção da brânquia do peixe. Imagem B: Retirada de amostra da pele. Imagem C: Amostras de pele de peixe em ependoff



Fonte: Dados originais da pesquisa.

As amostras de água foram levadas ao laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do Curso de Medicina Veterinária da UEMA para análise microbiológica e determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli*. O projeto foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa animal pela Universidade Estadual do Maranhão (Protocolo N° 38/2017).

3.3 Análise da água dos cultivos

A análise físico-química da água foi realizada com o auxílio do equipamento multiparâmetro para obtenção dos parâmetros: pH, temperatura, oxigênio dissolvido (O.D.) e salinidade. Para os parâmetros amônia e nitrito foram usados kits colorimétricos do Labcon Test.

Foram coletados em cada piscicultura 500 ml de água em frascos de vidro previamente esterilizados. As amostras foram transportadas ao laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água do Curso de Veterinária da Uema para determinação do NMP de coliformes totais e *E. coli* pelo método do teste do substrato enzimático cromogênico (ONPG) e fluorogênico (MUG) comumente conhecido como método Colilert® (Figura 5).

No laboratório, foram retirados 10 ml da amostra de água e colocado em proveta esterilizada e acrescentado 90 ml de água esterilizada. Adicionou-se o reagente colilert e agitou-se até sua completa dissolução. Foram transferidos os 100 ml para uma cartela colilert estéril e inserida em suporte seladora para selagem. As cartelas foram mantidas em estufa a 37°C por 24h para posterior leitura. Após o período de incubação foi feita a observação e contagem dos valores positivos para coliformes totais (coloração amarela) dos quadrados grandes e dos quadrados pequenos. Em seguida, cada cartela foi submetido a luz UV para observação de resultados positivos para *E. coli* (luminescência azul). A leitura do resultado foi realizada a partir da tabela disponibilizada pelo fabricante do método colilert.

Figura 5. Procedimento de análise da água, método Colilert®



Fonte: Dados originais da pesquisa.

3.4 Análise histopatológica das brânquias

O arco branquial direito dos trinta peixes foi removido e fixado imediatamente em formalina a 10%, por 24 a 48 horas. Posteriormente as amostras foram descalcificadas em ácido nítrico a 10% por 6 horas, foram desidratadas em banho de álcoois crescentes (álcool 70%, álcool 80%, álcool 90%, álcool 95% por 1 hora em cada etapa, absoluto I, absoluto II e absoluto III e álcool e xilol por 30 minutos em cada etapa). As amostras foram ainda, diafanizadas em xilol (xilol I e xilol II por 30 minutos em cada etapa), impregnadas e incluídas em parafina. Os blocos foram cortados em micrótomo na espessura de cinco micrômetros e os cortes corados com hematoxilina e eosina (Luna, 1968). As lâminas foram analisadas em microscópio de luz Zeiss.

As alterações histológicas foram avaliadas qualitativamente para cada peixe através do cálculo do Índice de Alteração Histológica (IAH), o qual baseia-se na severidade de cada lesão e classificadas em fases progressivas de danos nos tecidos através da fórmula: $IAH = 1 \times \Sigma I + 10 \times \Sigma II + 100 \times \Sigma III$, em que: I refere-se às alterações de estágio I, que não comprometem o funcionamento do órgão; II às alterações de estágio II, mais severas e que prejudicam o funcionamento normal do órgão; e III às alterações de estágio III, muito severas e irreversíveis. O valor do IAH foi dividido em cinco categorias: 0-10 = indica funcionamento normal do órgão; 11-20 = indica

alteração leve do órgão; 21-50 = indica alteração moderada do órgão; 51-100 = indica alterações severas no órgão; >100 = indica alterações irreparáveis no órgão (Poleksić; Mitrović-Tutundžić, 1994).

3.5 Isolamento dos fungos

O isolamento das amostras de brânquias e peles dos peixes foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Menezes e Silva-Hanlin (1997). Os fragmentos foram descongelado e, na câmara de fluxo laminar, passaram pela etapa de tríplice lavagem, que consiste em desinfecção por imersão em solução de etanol 70%, seguida de uma solução de hipoclorito de sódio na concentração de 2:1 e finalmente, em água destilada e esterilizada, o tempo de imersão em cada etapa, por um minuto (Figura 6). Em seguida, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultivo ágar sabouraud dextrose acrescido de clorafenicol e incubadas em B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*) ajustada para gerar uma temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 h.

Figura 6. Procedimento da etapa de tríplice lavagem



Fonte: Dados originais da pesquisa.

4. RESULTADOS

Os resultados desta dissertação serão apresentados em três artigos. No primeiro artigo, aspiramos mostrar os resultados das análises físico-química e microbiológica da água coletada nos criatórios juntamente com as alterações branquiais encontradas nas tilápias. O segundo artigo, pretende-se mostrar os resultados referentes aos questionários aplicados nas pisciculturas e os táxons fúngicos identificados a partir de amostras de peles e brânquias das tilápias. O terceiro artigo refere-se a uma revisão bibliográfica que reúne dados de espécies de peixes cultivados no mundo que mais tem sido identificado a saprolegniose, doença fúngica mais relevante nos peixes cultivados.

4.1 QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCICULTURAS E ANÁLISE
HISTOPATOLÓGICA DE TILÁPIAS (*Oreochromis* sp.) EM SÃO JOSÉ DE
RIBAMAR E PAÇO DO LUMIAR, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Artigo a ser submetido à Revista Aquaculture

*Parte deste artigo foi utilizado no resumo: Qualidade da água e histopatologia de
brânquias de Oreochromis sp. de piscicultura do município de São José de Ribamar-
MA. Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia (Ecotoxi, 2018),
Aracajú– Brasil*

QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCICULTURAS E ANÁLISE HISTOPATOLÓGICA DE TILÁPIAS (*Oreochromis* sp.) EM SÃO JOSÉ DE RIBAMAR E PAÇO DO LUMIAR, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL¹

Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento^{a,*}, Natália Jovita Pereira^{a,*}, Raquel Soares Martins^a, Thiago

Anchieta de Mello^a, Débora Martins Silva Santos^a, Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra^a

^aDepartamentodeQuímicaeBiologiaeMestradoemRecursosAquáticosePesca,Universidade EstadualdoMaranhão,SãoLuís,Maranhão.

Abstract

O presente trabalho objetivou utilizar biomarcadores histopatológicos branquiais em tilápias (*Oreochromis* sp.) e análises físico-químicas e microbiológicas da água na avaliação de impactos à pisciculturas localizadas em São José de Ribamar e em Paço do Lumiar, estado do Maranhão, nordeste brasileiro. As coletas ocorreram em seis pisciculturas localizadas nas regiões metropolitanas de São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e Paço do Lumiar (P4, P5 e P6), estado do Maranhão, do nordeste do Brasil. Foram coletados amostras de água e trinta exemplares de tilápias. As brânquias passaram por processamento histológico para confecção de laminas e posterior avaliação qualitativa através do cálculo do Índice de Alteração Histológica (IAH). Os dados de IAH foram analisados pelo teste t de Student. Verificou-se os parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (O. D.), amônia e nitrito *in situ* nas pisciculturas. As análises microbiológicas para determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas através do método Colilert®. As análises histopatológicas realizadas nas brânquias indicaram alterações morfológicas em todos os tecidos analisados. As lesões encontradas foram: levantamento do epitélio respiratório, hiperplasia do epitélio lamelar, congestão dos vasos sanguíneos, fusão lamelar, dilatação do seio sanguíneo e aneurisma lamelar. Os valores de IAH indicaram diferenças estatísticas significativas entre as lesões encontradas em P3 e P4, P3 e P6. Os valores de temperatura, O. D., salinidade e nitrito obtidos foram considerados dentro dos padrões recomendados. O pH verificado em P6 é considerado potencialmente estressante aos peixes e, portanto um predisponente a patologias. A amônia em P2 está dentro do padrão considerado subletal. Em todas as pisciculturas avaliadas foram verificadas a presença de coliformes totais com elevados valores para as pisciculturas de São José de Ribamar. A presença da bactéria *E. coli* foi verificada em P1 indicando contaminação fecal da água do viveiro pela vazão de alguma fonte de efluente doméstico diretamente no viveiro ou no poço artesiano que abastece a piscicultura. A integração de estudos com variáveis físicas, químicas e biológicas geram dados importantes para avaliar a qualidade na produção de peixes.

Palavras-chave: Parâmetros ambientais, Tilapicultura, Histopatologia, Microbiologia.

* Autorescorrespondentes.

Endereçodee-mails:tayanevsn@hotmail.com(I.T.V.daS.doNascimento),
natalia.jovita@hotmail.com(N.J.Pereira).

CidadeUniversitáriaPauloVI,Av.LourençoVieiradaSilva,nº1000-Bairro:JardimSãoCristovão
CEP65055-310–SãoLuís/MA.

1. Introdução

Estudos sobre qualidade da água na aquicultura ainda são escassos se comparados aos trabalhos desenvolvidos em ambientes aquáticos naturais (Granada et al., 2016). A descrição de características físicas, químicas e biológicas de viveiros voltados à produção de organismos aquáticos pode contribuir para a manutenção de níveis adequados de qualidade da água, melhorando o desenvolvimento desta atividade econômica (Mercante et al., 2007).

O cultivo de peixes depende fundamentalmente da qualidade da água, onde, esta é influenciada pela produtividade primária da água de abastecimento, concentração de material orgânico, elementos químicos e presença de microrganismos, em especial coliformes, além de uma relação com a constituição do solo de origem e/ou percurso percorrido pela água (Macedo and Tavares, 2010; Sipaúba-Tavares et al., 2006).

Em pisciculturas, a criação de peixes em tanques utiliza elevada densidade de estocagem, de energia e nutrientes exógenos para aumentar a produtividade (Barbieri et al., 2014). Como consequências dessa intensa estocagem de peixes têm a dispersão dos resíduos metabólicos dos animais, uma maior dependência do uso de rações, além da maior necessidade de renovação e aeração da água para manutenção de sua qualidade em níveis aceitáveis para criação desses organismos aquáticos (Bueno et al., 2015; Kubitza, 2000).

O manejo inadequado dos resíduos metabólicos dos animais e nutrientes exógenos na piscicultura pode aumentar, principalmente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água, de sedimentos e matéria orgânica (Bueno et al., 2017; Macedo and Tavares, 2010; Rabassó and Hernández, 2015), promovendo um processo de eutrofização artificial que ocasiona a deterioração da qualidade da água, inviabilizando a produção (Mallasen et al., 2012; Tundisi et al., 2008), sendo prejudicial para os animais aumentando a susceptibilidade dos peixes a estresse, doenças e uso de antibióticos e terapêuticos (Kubitza, 2000; Macedo and Tavares, 2010).

Com o aumento expressivo de pisciculturas no Brasil, a produção cresceu consideravelmente, ultrapassando 357.639 mil toneladas em 2017, com 51,7% da produção total de pescado no país sendo representado por tilápia (Associação Brasileira de Piscicultura, 2018). Atualmente a tilápia é o peixe mais utilizado neste sistema de criação por apresentar bons índices de desempenho (Ostrensky et al., 2008), como crescimento rápido e bom rendimento de filé, além de ampla aceitação no mercado nacional e internacional (Mallasen et al., 2012).

Especificamente no nordeste do Brasil, a produção de tilápias é facilitada pela qualidade das águas continentais da região e pela condição climática, sendo um ambiente favorável ao rápido desenvolvimento da espécie (Vicente et al., 2014).

Com o aumento cada vez mais crescente da criação de tilápias no Brasil, estudos relacionados ao manejo da espécie na instalação de tanques e qualidade da água são importantes para entender melhor a dinâmica e a relação do ambiente artificial com a produção e adaptabilidade das tilápias (Mallasen et al., 2008; Rojas and Wadsworth, 2007).

Esses estudos devem ser desenvolvidos para identificar as causas dos impactos negativos de estresse aos peixes e consequente diminuição da produção, e ordenar o uso racional e adequado da água (Mallasen et al., 2012), uma vez que agentes estressores ameaçam o equilíbrio dinâmico da homeostase do organismo, levando a perturbações comportamentais, fisiológicas e morfológicas nos peixes (Barton et al., 2002).

Estresses nos peixes influenciam na sanidade e condição fisiológica dos mesmos, podendo causar prejuízo na permeabilidade e concentração interna de íons e alterar o consumo de oxigênio nos tecidos (Barbieri et al., 2014). Nesse contexto estão inseridos os estudos com biomarcadores os quais expressam uma resposta biológica que o organismo apresenta quando exposto a estressores e/ou poluentes.

Essas alterações são observadas no nível molecular, genético, imunológico, celular, fisiológico e comportamental (Jesus and Carvalho, 2008). Os biomarcadores histopatológicos mais utilizados são as brânquias, fígado e rim, pois são órgãos que estão diretamente relacionados a atividades vitais de respiração e metabolização (Marshall Adams et al., 1992). Esses biomarcadores contribuem com informações importantes sobre a sanidade dos peixes (Van der Oost et al., 2003), uma vez que estas respondem morfológicamente e fisiologicamente às condições do ambiente que o animal está inserido (Dolomatov et al., 2016; Oliveira et al., 2016). Dessa maneira, objetivou-se neste trabalho utilizar biomarcadores histopatológicos branquiais em tilápias (*Oreochromis* sp.) e análises físico-químicas e microbiológicas da água na avaliação de qualidade de pisciculturas em São José de Ribamar e Paço do Lumiar, estado do Maranhão, Brasil.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de coleta

O estudo foi realizado nas regiões metropolitanas de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, estado do Maranhão, do nordeste do Brasil (Fig. 1), em propriedades das áreas rurais de cada local, por apresentarem a produção de peixes como uma das principais atividades econômicas nas regiões (Prefeitura Paço do Lumiar, 2018).

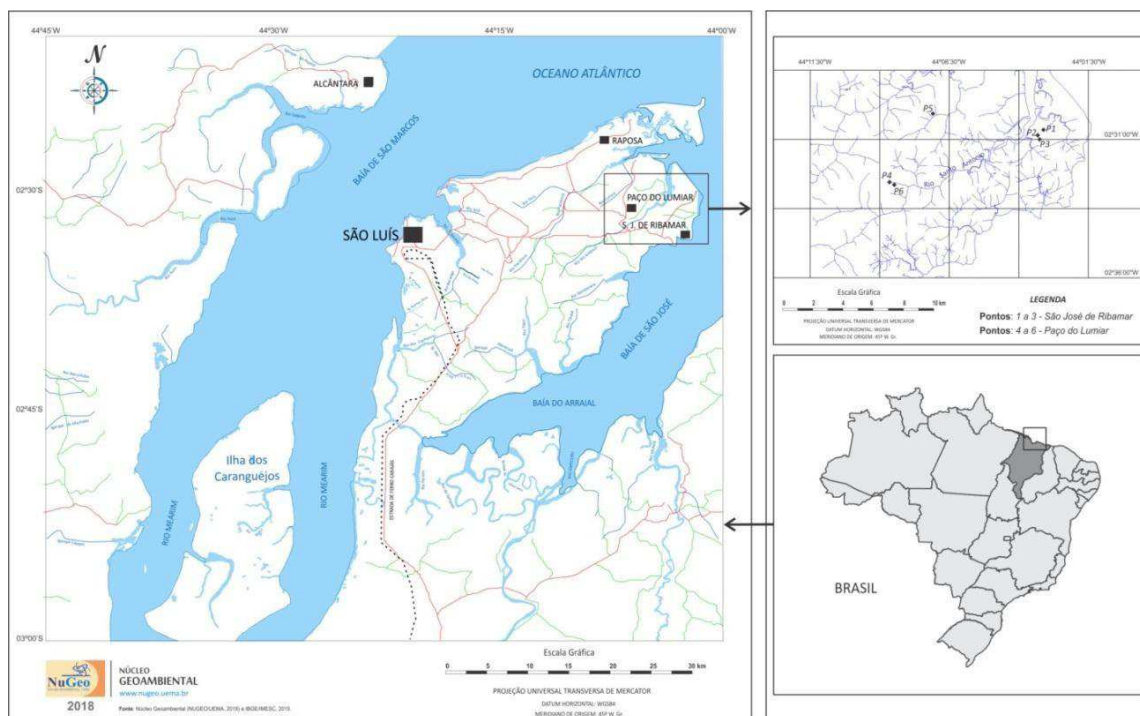


Fig. 1. Mapa da localização das áreas de estudo nos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil. Fonte: IBGE/IMESC, 2015; NUGEO/UEMA, 2018.

O município de São José de Ribamar apresenta uma área de 388,37 km² (IBGE, 2014) com sede situada a 30 km de São Luís, no extremo leste da Ilha, à beira da Baía de São José. A cidade possui clima megatérmico com temperaturas que variam de 21° C a 34 °C, com pequenas variações sazonais de 1° C ao longo do ano.

O município de Paço do Lumiar está localizado no litoral norte maranhense e apresenta uma área de aproximadamente 125,259 km² (IBGE, 2017). O clima é tropical mesotérmico e úmido com temperaturas elevadas durante o ano todo (média de 26° C) e pequena variação anual (Barros et al., 2000).

O estudo foi realizado em seis pisciculturas, sendo três localizadas em São José de Ribamar (P1, P2, P3) e três em Paço do Lumiar (P4, P5, P6). Nas pisciculturas em estudo, os viveiros observados apresentam área retangular, de regime extensivo ou

semi-intensivo e manejo de engorda de tilápias. Todas as pisciculturasos viveirosapresentam área (m²) de 800, 1.980, 800, 4.420, 800 e 170, respectivamente, em locais planos com suave inclinação. A profundidade variou de 0,8 a 1,5 m, e a água de abastecimento sendo advinda de poços artesianos individuais de cada propriedade.

Em relação à densidade de estocagem, os piscicultores não têm dimensão exata da quantidade de tilápias por m² do tanque, estimando de 2 a 6 tilápias/m². Para medir o crescimento, é feita a biometria de 10 a 20 peixes por tanque nas pisciculturas, onde são esses são medidos e pesados na frequência média de uma vez por mês para ajustes na ração.

A dieta é feita com ração comercial para peixes, onde, em alguns estabelecimentos, é complementada com farelo de soja (pisciculturas P2, P3 e P5 – 225 kg/dia). Em P1, P3 e P5 é fornecido um total de 500 kg diária de ração por tanque, já na piscicultura P2 são 5 kg, na P4 7 kg, e na P6 800 kg/dia. A fonte e a marca da ração utilizada nos estabelecimentos analisados não é padronizada, onde a escolha da mesma é realizada pela disponibilidade e menor preço nomercado.

2.2. Coleta e processamento das amostras

Algumas informações foram coletadas diretamente com os proprietários das pisciculturas como as dimensões dos tanques, tipo de regime dos viveiros, densidade de estocagem, dieta fornecida às tilápias, avaliação de crescimento e fonte da água de abastecimento dostanques. Foi realizada uma única coleta em cada uma das pisciculturas no mês de fevereiro do ano de 2018.

Foi coletado aleatoriamente um total de trinta tilápias, sendo cinco em cada piscicultura. Os peixes foram capturados com o auxílio de rede de arrasto, tarrafa ou puçá (artes de pescas comuns e tradicionais do nordeste brasileiro), para posteriores análises seguindo as normas aprovadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Estadual do Maranhão (Protocolo N°38/2017).

Após coletados, os peixes foram pesados individualmente e depositados em caixas de isopor contendo gelo. Amostras de água dos criatórios foram coletadas em garrafas estéreis e armazenadas em gelo para análise microbiológica. Os materiais biológicos e águas coletadas foram transportados para o Laboratóriode Morfofisiologia Animal da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para processamento e análises. O arco branquial direito de cada peixe foi removido e fixado imediatamente em formalina a 10% por 24 a 48 horas. Posteriormente as amostras foram descalcificadas

em ácido nítrico a 10% e submetidas ao processamento usual em parafina, com desidratação em banho de álcoois crescentes (70%, 80%, 90% e 100%), diafanização em xilol e impregnação e inclusão em parafina histológica. Os blocos foram cortados em micrótomo (5µm) e os cortes corados com hematoxilina e eosina (Luna, 1968). As lâminas foram analisadas em microscópio de luz Zeiss.

As alterações histológicas foram avaliadas qualitativamente para cada peixe pelo cálculo do Índice de Alteração Histológica (IAH) através da fórmula: $IAH = 1 \times \sum I + 10 \times \sum II + 100 \times \sum III$, sendo que *I*, *II* e *III* correspondem respectivamente ao número de alterações de estágio I, II e III (Poleksić and Mitrović-Tutundžić, 1994). Posteriormente dividiu-se o valor médio de IAH em cinco categorias baseado na severidade das lesões, desde funcionamento normal a danificação irreparável do tecido branquial (Poleksic, Mitrovic – Tutundzic, 1994).

Foram analisados os parâmetros potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido (O.D.) com o auxílio de multiparâmetro *in situ* nas pisciculturas. Para os parâmetros amônia e nitrito foram usados kits colorimétricos do Labcon Test. As análises microbiológicas para determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas através do método do teste do substrato enzimático cromogênico (ONPG) e fluorogênico (MUG), comumente conhecido como método Colilert®.

2.3. Análise estatística

Os dados de IAH branquiais dos peixes capturados por piscicultura foram analisados pelo teste t de Student com o uso do software Past 3.1, considerando significância se observado diferença para valores de $p \leq 0,05$ entre os dados analisados.

3. Resultados

Os resultados para os valores do peso e comprimento total dos trinta exemplares de tilápias capturados estão indicados na tabela 1.

Tabela 1

Valores de peso e comprimento total dos peixes coletados nas pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Pisciculturas	Peixes					
	LT (cm) / Peso(g)					
	1	2	3	4	5	Média±Desvpad
P1	37/850	22,5/200	24/225	26/300	24,5/240	26,8±5,8/363±274,7
P2	24/250	24/250	25/300	28/450	28/400	25,8±2,0/330±90,8
P3	18/150	20/200	19/200	19/200	17/190	18,6±1,1/188±21,6
P4	29/500	27,5/495	29/455	32/625	31/545	29,7±1,7/524±64,8
P5	23,5/220	28/345	25/235	26/300	28/385	26,1±1,9/297±70,4
P6	21,5/170	21/155	22,5/175	20/150	22,6/200	21,52±1,0/170±19,6

LT = Comprimento total do peixe

As análises histopatológicas realizadas nas brânquias indicaram alterações morfológicas nos tecidos. As lesões encontradas foram: levantamento do epitélio respiratório, hiperplasia do epitélio lamelar, congestão dos vasos sanguíneos, fusão lamelar, dilatação do seio sanguíneo e aneurisma lamelar (Fig. 2).

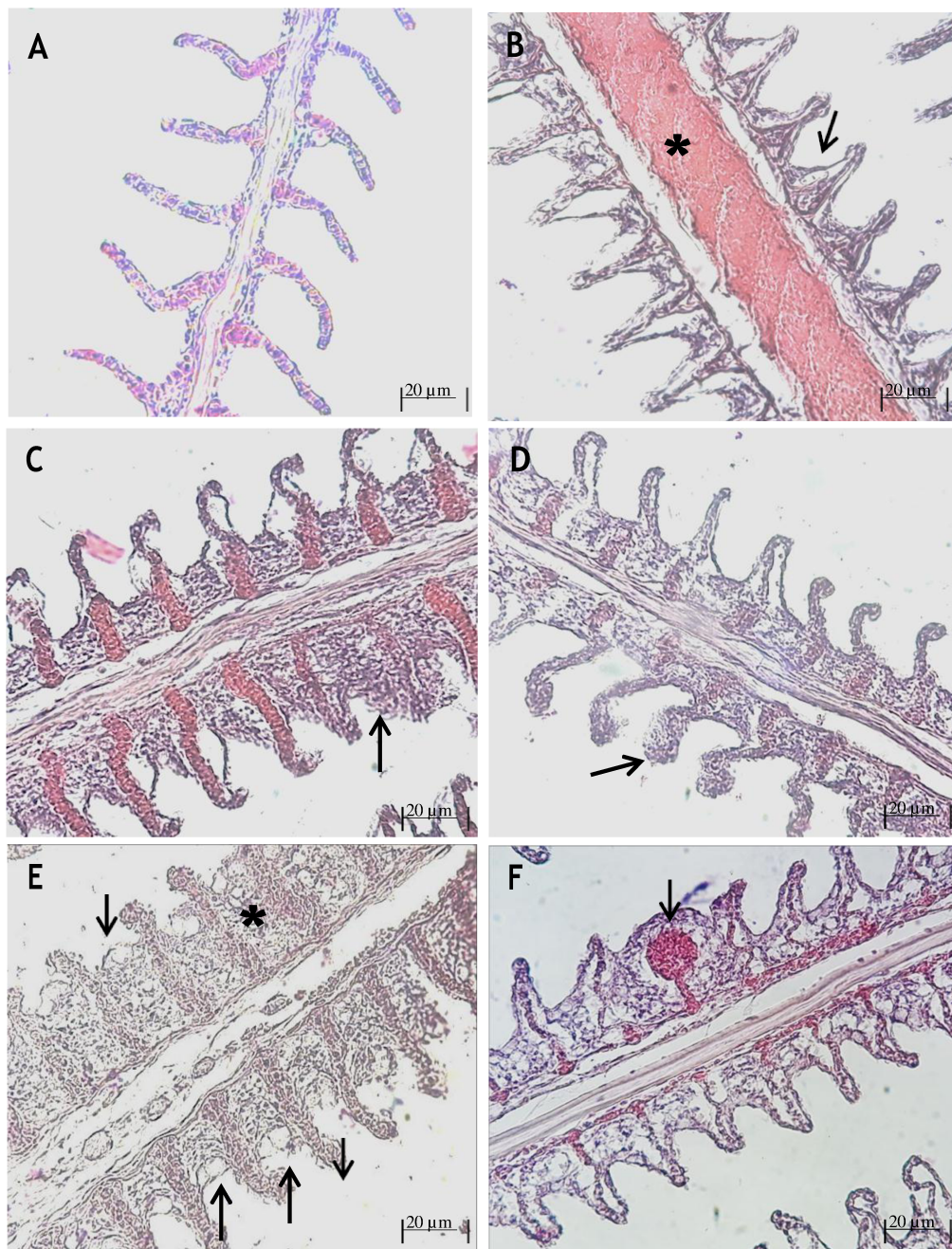


Fig. 2. Fotomicrografias de brânquias de *Oreochromis sp.* Em **A**, observa-se a morfologia normal da brânquia. Em **B**, levantamento do epitélio (seta) e dilatação do seio sanguíneo (*); **C**, hiperplasia do epitélio lamelar (seta); **D**, congestão dos vasos sanguíneos (seta); **E**, fusão completa das lamelas (setas) e hiperplasia e hipertrofia das células de muco (*); **F**, aneurisma lamelar (seta). Coloração em HE.

Na tabela 2 é possível observar a classificação, distribuição e frequência das alterações histopatológicas observadas nas brânquias dos peixes coletados.

Tabela 2

Classificação, distribuição e frequência de lesões histológicas presentes nas brânquias de *Oreochromis sp.* coletadas em pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Lesões Histopatológicas	Percentual de peixes com lesões nas pisciculturas(%)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Estágio I						
Levantamento do epitélio respiratório	100	100	100	100	100	100
Fusão incompleta de várias lamelas	80	80	80	80	80	80
Hiperplasia do epitélio lamelar	40	80	80	80	80	80
Fusão completa de várias lamelas	60	20	20	20	20	0
Congestão dos vasos sanguíneos	60	20	0	20	0	0
Dilatação do seio sanguíneo	40	20	0	0	20	0
Estágio II						
Hiperplasia e hipertrofia das células de muco	100	0	0	0	0	0
Estágio III						
Aneurisma lamelar	20	0	60	20	40	0

Os valores médios (e desvio padrão) de IAH dos peixes por piscicultura foram de 34 ($\pm 45,85$); 23,4 ($\pm 45,05$) e 63,2 ($\pm 54,95$); 4,6 ($\pm 0,44$); 43 ($\pm 54,77$) e 2,6 ($\pm 0,89$); para P1, P2, P3, P4, P5 e P6, respectivamente. Somente P3 e P4 ($p=0,0404$), P3 e P6 ($p=0,0389$) apresentaram IAH com diferenças estatísticas significativas entre si (Figura 3).

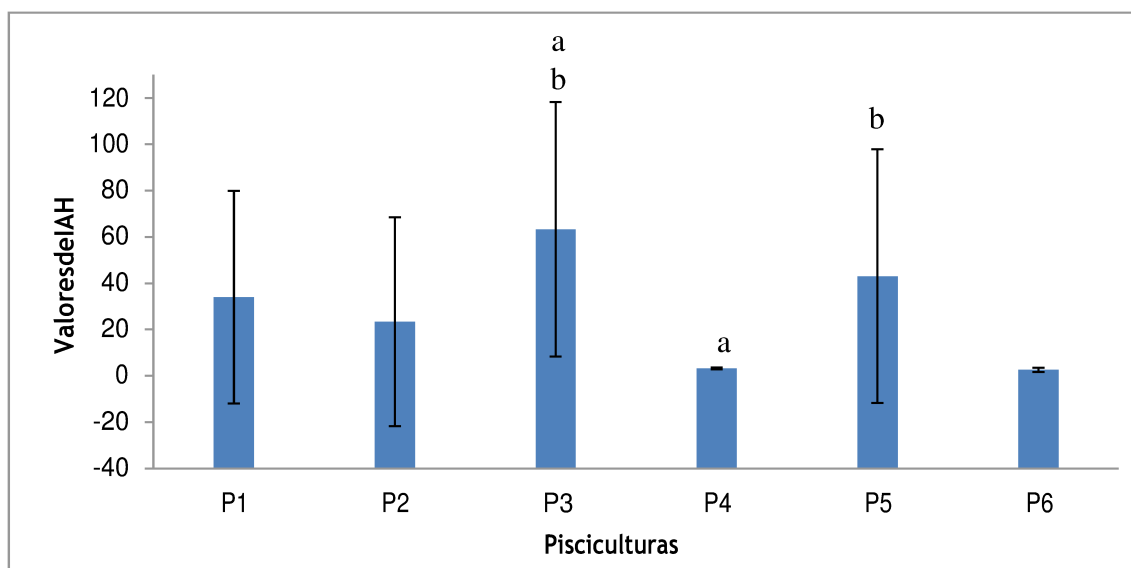


Fig. 3. Médias de IAH dos peixes analisados por piscicultura e as diferentes significativamente (a, b).

De acordo com os IAH médios por piscicultura encontrados a classificação da severidade das lesões branquiais, segundo Poleksic e Mitrovic-Tutundžic (1994), para P1, P2 e P5 os peixes apresentaram danificação moderada para severa do tecido

branquial; para P3 modificação severa do tecido; e para P4 e P6 danificação leve para moderada da estrutura histológica das brânquias.

Os resultados para os dados abióticos realizados nas pisciculturas estão indicados na Tabela 3.

Tabela 3

Dados dos parâmetros abióticos coletados em pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Parâmetros abióticos	Pisciculturas						Valores recomendados
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
pH	7,3	8,7	7,5	7,42	6,27	5,63	6-9 ^a
Temp. (°C)	28,7	29,9	28,7	29,8	29	29,2	26 - 32 °C ^b
O.D. (mg. L⁻¹)	9,35	18,79	14,28	12,83	12,89	3,84	> 5 mg/L O ₂ ^a
Salinidade (ppt)	0,05	0,04	0,05	0,09	0,06	0,02	0,05 a 1,0 ppt ^c
Amônia (mg/L)	0,011	0,066	0,007	0,004	0,001	-	< 0,05 mg/L ^d
Nitrito (ppm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 ppm ^d

^aResoluções nº 357/2005 e 430/2011 do CONAMA

^bLIMA et. al, 2013

^cVINATEA, 1997

^dLABCONTEST

Nas análises microbiológicas da água foi observada a presença de coliformes totais em todas as pisciculturas amostradas (Tabela 4).

Tabela 4

Dados da análise microbiológica da água das pisciculturas do Maranhão, Brasil.

Ponto de coleta (P)	Coliformes totais NMP/100mL	<i>Escherichia coli</i> NMP/100mL
P1	24.196	9.804
P2	24.196	<10
P3	10.462	<10
P4	4.352	<10
P5	727.0	<10
P6	727	<10
CONAMA Nº 357 (2005)/430(2011)	<1.000	<1.000

NMP = Número mais provável

4. Discussão

A ausência de exatidão quanto à densidade de estocagem de tilápias, e consequentemente a quantidade de ração inadequada nos tanques das pisciculturas analisadas pode trazer complicações para a criação quanto à produtividade e sanidade dos peixes. De acordo com de Souza e Leite (2016) o ideal na criação em regime semi-

intensivo de tilápias seriam de três peixes/m².

Densidades de estocagem devem ser estimadas de acordo com o tipo de cultivo, tamanho do viveiro, espécie e objetivo da criação para um adequado manejo da produção. Densidades excessivas podem causar variações no crescimento dos peixes, afetando a homogeneidade dos lotes, dificuldades de acesso ao alimento que podem gerar competição nas zonas de alimentação (Mesquita et al., 2018; Souza and Leite, 2016). Maclean e Metcalfe (2001) advertem aspectos negativos para baixas densidades de estocagem, podendo influenciar o aparecimento de classes hierárquicas, dominantes e subordinadas de peixes, em que os dominantes monopolizam as zonas de alimentação e o alimento, diferenciando o crescimento entre essas duas classes.

Os altos valores de desvio padrão quanto ao peso (de 19,6 a 274,7) dos espécimes de tilápias capturados por pisciculturas podem sugerir uma competição por alimento e heterogeneidade no mesmo tanque devido à intensa densidade de estocagem, quando os piscicultores estimam de 2 a 6 tilápias/m².

Além da influencia da densidade de estocagem no crescimento e desenvolvimento, naturalmente o tamanho e o peso dos peixes para fim de comercialização alteram de acordo com a espécie, mercado consumidor e intensidade de produção no viveiro. No Brasil, o peso aceito pelo mercado consumidor de tilápia é acima de 600 gramas (Farias, 2013), no entanto, os peixes das pisciculturas analisadas são vendidos a partir de 300 gramas. Assim, apenas na propriedade P4 todos os peixes apresentaram peso mínimo ou acima com a finalidade de comercialização imediata.

Condições de manejo inadequado, competição por espaço e alimento, concentração de material orgânico, elementos químicos, presença de microrganismos, e acumulação de resíduos metabólicos dos animais, podem gerar estresse nos peixes, que influenciam na condição fisiológica e sanidade dos mesmos (Barbieri et al., 2014).

Agentes estressores ameaçam o equilíbrio dinâmico da homeostase do organismo, levando a perturbações que provocam um conjunto de respostas comportamentais e fisiológicas, ações compensatórias, que levam o peixe a superar os efeitos estressantes (Barton et al., 2002; Oliveira et al., 2016).

Porém, anterior às atividades compensatórias, o estresse pode ocasionar distúrbios osmorregulatórios alterando a permeabilidade das brânquias a íons e água, aumentar a pressão osmótica intracelular para restauração do equilíbrio osmótico do organismo do peixe (Milligan and Wood, 1986).

As brânquias respondem morfologicamente e fisiologicamente a estressores

devido às funções vitais que desempenham, sendo responsáveis por trocas gasosas, processo de osmorregulação, equilíbrio ácido básico, transporte e excreção de compostos nitrogenados e ainda função sensorial de degustação (Dolomatov et al., 2016).

As lesões encontradas nos espécimes de tilápia capturados nas pisciculturas causam algum tipo de distúrbios na osmorregulação diminuindo a superfície de contato entre a água e o sangue, devido principalmente a permeabilidade lipofílica e ausência de carga da membrana do epitélio branquial (Benli et al., 2008).

Das alterações de estágio I, o levantamento do epitélio respiratório foi a lesão mais frequente, observada em todas as brânquias analisadas, seguido de fusão incompleta de várias lamelas e hiperplasia do epitélio lamelar. De acordo com Poleksic e Mitrovic – Tutundzic (1994), as alterações de estágio I não comprometem o funcionamento normal do órgão, já que são modificações consideradas leves e, havendo melhoria nas condições do ambiente que está inserido, permitem a recuperação da estrutura dos tecidos branquiais. Entretanto, vale ressaltar que, com exceção dos peixes da piscicultura P4, todos os demais permanecerão nos criatórios, em média, por mais um mês para atingirem o tamanho mínimo de comercialização. Assim as alterações branquiais de estágio I, podem progredir para estágios II e III, impossibilitando a recuperação do tecido danificado.

O levantamento do epitélio respiratório caracteriza-se pela elevação de uma lâmina contínua do epitélio de revestimento das lamelas secundárias para longe do sistema de células pilares (Shailaja and D'Silva, 2003; Thophon et al., 2003), distanciando o meio externo e o arranjo de canais por onde circunda o sangue, comprometendo as trocas gasosas, exigindo que o peixe aumente a sua taxa de respiração para compensar a baixa captação de oxigênio (Cantanhêde et al., 2016).

A proliferação das células epiteliais das lamelas resulta em fusão lamelar, lesões frequentemente observadas nas amostras de peixes das pisciculturas. A fusão pode ser incompleta, quando a hiperplasia limitar-se a uma porção das lamelas; ou a fusão pode ser completa, quando o número de células aumenta, a ponto de tornar a lamela um aglomerado de células ao longo dos filamentos (Meletti et al., 2003). Essas alterações nas brânquias dificultam a passagem da água entre as lamelas secundárias prejudicando as trocas gasosas pelo epitélio respiratório.

Dentre as alterações branquiais de Estágio II foi observada somente hiperplasia e hipertrofia das células de muco na piscicultura P1. A proliferação e hipersecreção das

células mucosas nas brânquias podem ser compreendidas como um mecanismo de defesa a componentes químicos, micro-organismos ou de estresse onde o peixe produz esse tipo celular para formar uma barreira de proteção para os epitélios braquial e respiratório, a fim de manter suas funções (Reis et al., 2009).

Alterações branquiais de estágio III correspondem a alterações vasculares que não permitem a restauração da estrutura da brânquia, mesmo em caso de melhoria da qualidade da água, o que pode estar associada a contaminantes químicos, resíduos metabólicos ou lesões causadas por parasitas (Cantanhêde et al., 2014). O aneurisma lamelar, lesão branquial de estágio III, é caracterizado por traumas físicos ou químicos, após manejos mais severos. O trauma atinge as células pilares e ocorre a liberação de sangue que pressiona o epitélio lamelar para fora causando hemorragia (Heath, 1995; Hinton and Laurén, 1990; Roberts, 2001).

Os IAH médios por piscicultura encontrados apresentaram diferentes classificações de severidade das lesões branquiais, com danificação moderada para severa do tecido branquial (P1, P2 e P5), modificação severa do tecido (P3) e danificação leve para moderada da estrutura das brânquias (P4 e P6), devido à incidência em maior ou menor proporção das alterações histológicas de Estágios I, II e III. Para os maiores IAH foram observadas alterações de Estágio III (P1, P2, P3 e P5) e para os menores somente lesões de primeiro Estágio (P4 e P6). E, as diferenças significativas entre os IAH médios também são explicados por essa proporção histopatológica branquial observada.

Respostas compensatórias ao estresse que o peixe pode estar reagindo em viveiros de criação ocorrem primariamente devido ao manejo adequado e combinação ótima dos parâmetros da água como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito.

O pH é a medida de concentração do íon hidrogênio $[H^+]$ na água, geralmente varia entre 4 e 8 (Imbiriba et al., 2000). Consiste em um parâmetro com grande efeito sobre o metabolismo e sobre processos fisiológicos dos peixes (Arana, 1997). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente Brasileiro Nº 357 de 17 de março de 2005 estabelece pH ideal na intensificação da produção piscícola na faixa entre 6 a 9, podendo ser considerado por alguns autores, pH de 5,5 potencialmente estressante e se for mais baixo, letal para os peixes (Moraes and Martins, 2004). Assim, o valor do pH na piscicultura P6 está abaixo do recomendado pela legislação vigente e muito próximo dos valores considerados estressantes, o que pode ser um predisponente

a patologias.

A temperatura da água é um dos principais parâmetros a ser monitorado para o bom desenvolvimento dos peixes. Alterações nesse parâmetro podem influenciar todas as atividades fisiológicas dos peixes como respiração, excreção, alimentação e defesa imunológica. A temperatura ideal para peixes tropicais, como a tilápia, está entre 26 e 32 °C (Lima et al., 2014), assim todas as pisciculturas visitadas apresentaram-se dentro do intervalo de temperatura considerado ideal para a criação de peixe.

As principais fontes de oxigênio na água de cultivo são a fotossíntese, a difusão do ar através da interface ar e água e a entrada de água nos viveiros (Queiroz and Boeira, 2016). Assim, deve-se considerar a presença/ausência de matéria orgânica e nutriente nos viveiros, macrófitas, taxa de renovação de água, aeradores, além de outros componentes.

A piscicultura P6 apresentou O.D. inferior ao recomendado pela legislação brasileira, que, com a exposição prolongada dos peixes a essa condição pode levá-los ao estresse, uma vez que permanecerão por longo tempo nesse ambiente para atingir a biomassa significativa para comercialização. A densidade de estocagem elevada pode ocasionar no baixo nível de oxigênio, onde, nas pisciculturas avaliadas não existe o controle da quantidade de peixes por m² e os piscicultores estimam essa densidade. De acordo com (Tucker and Hargreaves, 2009), viveiros com concentração de O.D. menor que 2 mg/L prejudicam nos processos metabólicos de respiração, alimentação, crescimento, reprodução, e os peixes ficam mais vulneráveis e predispostos a contrair doenças e parasitos.

A salinidade define-se como a concentração total de íons dissolvidos na água. Águas de viveiros para criação de peixes dulcícolas possui salinidade na faixa de 0,05 a 1,0 ppt (Arana, 1997), dessa maneira os criatórios avaliados estão todos dentro do intervalo deste parâmetro. Tilápias suportam variações de salinidade, conseguindo se reproduzir normalmente em até 15ppt, porém seu crescimento é maximizado a salinidades baixas, sendo, por isso, estas mais indicadas para uma maior produtividade da espécie (SEBRAE-RN, 2014).

A amônia em pisciculturas é oriunda principalmente de produtos da excreção dos peixes, decomposição da matéria orgânica e de proteína contida no excesso de ração (Farias, 2013). De acordo com o kit Labcon test, a concentração de amônia ideal para criação de peixes é abaixo de 0,05 mg/L, onde valores entre 0,05-0,4 mg/L é considerado subletal e de 0,4-2,5 mg/L letal para muitas

espécies. Na piscicultura P2 foi encontrado valor de amônia dentro do padrão considerado subletal, podendo se potencializar com aumento da temperatura e do pH. Segundo os estudos de Mainardes-Pinto e Mercante (2003) e Fabregat et al. (2016), níveis elevados de amônia podem interferir na elevação do pH do sangue, causar prejuízo na permeabilidade do peixe reduzindo a concentração interna de íons, aumentar o consumo de oxigênio nos tecidos afetando as brânquias e reduzindo a habilidade do sangue em transportar oxigênio.

Para níveis elevados de amônia recomenda-se renovar a quantidade de água do viveiro, ainda que parcialmente diminuir a quantidade de ração ofertada e verificar a densidade de peixes no viveiro (Lima et al., 2014). Na piscicultura P6 não foi possível realizar a leitura do teor de amônia uma vez que o kit utilizado é limitado e não possibilita realizar leitura desse parâmetro para pH inferior a 6,6 e temperatura de 29 °C. O nitrito é produto da oxidação da amônia realizada por bactérias do gênero *Nitrosomonas* e em níveis elevados causam estresse e afetam os glóbulos vermelhos do sangue dos peixes reduzindo sua capacidade respiratória (Arana, 1997). De acordo com o fabricante Labcon Test Nitrito NO₂ o ideal é que não se verifique concentrações desse composto na água e considera 0,25 ppm aceitável. Todas as pisciculturas analisadas apresentaram esse parâmetro em concentrações ideais.

A presença de coliformes totais em todas as pisciculturas avaliadas indica a contaminação da água à decomposição de matéria orgânica em geral. À medida que as concentrações de nutrientes aumentam, contribuem para aumento da produção orgânica do sistema, com elevação da biomassa fitoplanctônica e consequente diminuição na penetração de luz e produção de oxigênio (Esteves, 2011; Macedo and Tavares, 2010).

Em tanques de criação de peixes, a proliferação excessiva do fitoplâncton pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, podendo causar a obstrução das brânquias dos peixes e o aparecimento de produtos do metabolismo secundário de cianobactérias, que causam sabor desagradável no pescado (Datta and Jana, 1998; Gonçalves-Nunes et al., 2015; Macedo and Tavares, 2010).

A presença da bactéria *E. coli* indica contaminação fecal, pois ela pertence à microbiota intestinal de animais homeotérmicos como intestino humano e também de outros mamíferos (Oliveira et al., 2004). A quantidade de *E. Coli* na piscicultura P1 acima do permitido pela Resolução do CONAMA Brasileiro Nº 357 de 17 de março de 2005 pode sugerir a contaminação da água do viveiro pela vazão de alguma fonte de efluente doméstico diretamente no viveiro, ou no poço artesiano da propriedade que é a

fonte de água para abastecimento dos tanques.

A presença desse micro-organismo patogênico pode comprometer a sanidade dos peixes gerando estresse e patologias aos mesmos, e a proliferação e hipersecreção das células mucosas nas brânquias das tilápias dessa piscicultura (P1) pode ser um mecanismo de defesa aos micro-organismos presentes, onde os peixes produzem as células mucosas como forma de proteção.

5. Conclusão

O manejo inadequado de resíduos metabólicos dos peixes, densidade de estocagem, nutrientes exógenos, matéria orgânica, manutenção dos parâmetros físico-químicos pode estar ocasionando a deterioração da qualidade da água nas pisciculturas analisadas, causando estresse nos espécimes de tilápia, gerando nestes animais distúrbios osmorregulatórios que alteram a permeabilidade das brânquias a íons, água e troca de gases na circulação sanguínea, os deixando mais suscetíveis a patologias.

Indica-se a integração de variáveis físicas, químicas e biológicas como a realizada no presente estudo a fim de avaliar de forma mais completa a qualidade da água de pisciculturas, para melhor compreensão da dinâmica e da relação do ambiente artificial com a produção de peixes.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual do Maranhão por oferecer estrutura física para a realização deste trabalho, à FAPEMA pelo financiamento da pesquisa e a todos os piscicultores pela receptividade que nos recebeu em suas propriedades.

Financiamentos

Este trabalho recebeu apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA, (número de concessão edital N° 031/2016 – Universal).

Referências

- ARANA, L.V., 1997. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões.
- Associação Brasileira de Piscicultura, 2018a. Anuário Peixes Br da Piscicultura.
- Associação Brasileira de Piscicultura, 2018b. Anuário Peixe BR.
- Barbieri, E., Marquez, H.L. de A., Campolim, M.B., Salvarani, P.I., 2014. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. Rev. Gestão Costeira Integr. <https://doi.org/10.5894/rgci486>
- Barros, V.L.L., Rebêlo, J.M.M., Silva, F.S., 2000. Flebotomíneos (Diptera,

- Psychodidae) de capoeira do Município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil: Área de transmissão de leishmaniose. Cad. Saude Publica.
- Barton, B.A., Morgan, J.D., Vljayan, M., 2002. Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish, Biological indicators of aquatic ecosystem stress.
- Benli, A.Ç.K., Köksal, G., Özkul, A., 2008. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): effects on gill, liver and kidney histology. Chemosphere 72,1355–1358.
- Bueno, G.W., Bureau, D., Skipper-Horton, J.O., Roubach, R., de Mattos, F.T., Bernal, F.E.M., 2017. Modelagem matemática para gestão da capacidade de suporte de empreendimentos aquícolas em lagos e reservatórios. Agropecuária Bras. 52, 695–706.
- Bueno, G.W., Ostrensky, A., Canzi, C., de Matos, F.T., Roubach, R., 2015. Implementation of aquaculture parks in Federal Government waters in Brazil. Rev. Aquac. <https://doi.org/10.1111/raq.12045>
- Cantanhêde, S.M., da Silva Castro, G., Pereira, N.J., de Pinho Campos, J.S., da Silva, J., Tchaicka, L., Neta, R.N.F.C., de Souza Torres, J.R., Santos, D.M.S., 2016. Evaluation of environmental quality of two estuaries in Ilha do Maranhão, Brazil, using histological and genotoxic biomarkers in *Centropomus undecimalis* (Pisces, Centropomidae). Environ. Sci. Pollut. Res. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7294-9>
- Cantanhêde, S.M., Medeiros, A.M., Ferreira, F.S., Ferreira, J.R.C., Alves, L.M.C., Cutrim, M.V.J., Santos, D.M.S., 2014. Uso de biomarcador histopatológico em brânquias de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1972) na avaliação da qualidade da água do Parque Ecológico Laguna da Jansen, São Luís-MA. Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec. <https://doi.org/10.1590/1678-41626348>
- Datta, S., Jana, B.B., 1998. Control of bloom in a tropical lake: Grazing efficiency of some herbivorous fishes. J. Fish Biol. <https://doi.org/10.1006/jfbi.1998.0673>
- Dolomatov, S., Zukow, W., Dzierzanowski, M., Mieszkowski, J., Muszkieta, R., Klimczyk, M., 2016. Role of nitrates in the adaptation of fish to hypoxic conditions. Water Resour. 43,177–183.
- ESTEVEZ, F.A., 2011. Fundamentos de Limnologia.
- Fabregat, T.E.H.P., Wosniak, B., Gonçalves, A.F.N., Ha, N., Skoronski, E., Pessatti, M.L., 2016. Soluble and insoluble fractions of the sardine waste protein hydrolysate in silver catfish feeding: feed intake and excretion of ammonia. Arq. Bras. Med. Veterinária e Zootec. 68, 1713–1720.
- FARIAS, R.H.S. de, 2013. Manual de criação de peixes em viveiros.
- Gonçalves-Nunes, E.M.C., Gomes-Pereira, M.M., Raposo-Costa, A.P., Rocha-Rosa, C.A. da, Pereyra, C.M., Calvet, R.M., Alves-Marques, A.L., Cardoso-Filho, F. de C., Sanches-Muratori, M.C., 2015. Screening of aflatoxin B1 and mycobiota related to raw materials and finished feed destined for fish. Lat. Am. J. Aquat. Res. 43, 595–600.
- Granada, L., Sousa, N., Lopes, S., Lemos, M.F.L., 2016. Is integrated multitrophic aquaculture the solution to the sectors' major challenges? – a review. Rev. Aquac. <https://doi.org/10.1111/raq.12093>
- HEATH, A.G., 1995. Water Pollution and Fish Physiology.
- HINTON, D.E., LAURÉN, D.J., 1990. Integrative histopathological approaches to detecting effects of environmental stressors on fishes. American Fish. Soc. Symp. 51–66.
- IBGE, 2017. IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE Dir. Pesqui.

- Coord. Popul. e Indicadores Sociais Estim. da Popul. Resid.
 IBGE, 2014. Produção da pecuária municipal. Inst. Bras. Geogr. e Estatística.
<https://doi.org/ISSN 0101-4234>
- Imbiriba, E.P., Júnior, J. de B.L., Carvalho, L.O.D. de M., 2000. PARAMETROS AMBIENTAIS E QUALIDADE DA AGUA NA PISCICULTURA.
- Jesus, T.B., Carvalho, C.E.V., 2008. Utilização de biomarcadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). Oecologia Bras. <https://doi.org/10.4257/oeco.2008.1204.07>
- KUBITZA, F., 2000. Tilápias: Qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Panor. da Aquicultura 10, 44–53.
- Lima, A.F., da Silva, A.P., Rodrigues, A.P.O. (Embrapa P. e A., Bergamin, G.T., Torati, L.S., Filho, M.X.P., Maciel, P.O., 2014. Qualidade da Água: Piscicultura Familiar, in: Journal of Chemical Information and Modeling. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Luna, L.G., 1968. Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology.
- Macedo, C.F., Tavares, L.H.S., 2010. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: Consequências e Recomendações. Bol. do Inst. Pesca.
- MACLEAN, A., METCALFE, N.B., 2001. O status social, o acesso a alimentos, e crescimento compensatório no salmão do Atlântico juvenil. J. J. Fish Biol. 58, 1331–1346.
- Mainardes-Pinto, C.S.R., Mercante, C.T.J., 2003. Avaliação de variáveis limnológicas e suas relações com uma floração de Euglenaceae pigmentada em viveiro povoado com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), São Paulo, Brasil. Acta Sci. Biol. Sci. 25, 323–328.
- MALLASEN, M., BARROS, H.P., YAMASHITA, E.Y., 2008. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. Rev. Tecnol. Inovação Agropecuária 1, 47–51. Mallasen, M., do Carmo, C.F., Tucci, A., de Barros, H.P., Rojas, N.E.T., da Fonseca, F.S., Yamashita, E.Y., 2012. Qualidade da água em sistema de piscicultura em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira, SP. Bol. do Inst. Pesca.
- Marshall Adams, S., Crumby, W.D., Greeley, M.S., Shugart, L.R., Saylor, C.F., 1992. Responses of fish populations and communities to pulp mill effluents: A holistic assessment. Ecotoxicol. Environ. Saf. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(92\)90011-Q](https://doi.org/10.1016/0147-6513(92)90011-Q)
- MELETTI, P.C., ROCHA, O., MARTINEZ, C.B.R., 2003. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes, in: Limnologia Fluvial: Um Estudo No Rio Mogi-Guaçu. pp. 149–180.
- Mercante, C.T.J., Martins, Y.K., Carmo, C.F. do, Ost, J.S., Pinto, C.S.R.M., Tucci, A., 2007. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. Bioikos 21, 79–88.
- Mesquita, R.R.C.T., Galvão, J.A., Silva, L.K.-S. da, Godoy, L.C. de, Jr, D.P.S., 2018. Protocol for tambaqui production based on stocking density and sex. Rev. Bras. Hig. e Sanidade Anim. <https://doi.org/10.5935/RBHSA.V12I2.438>
- Milligan, C.L., Wood, C.M., 1986. TISSUE INTRACELLULAR ACID-BASE STATUS AND THE FATE OF LACTATE AFTER EXHAUSTIVE EXERCISE IN THE RAINBOW TROUT. J. exp. Biol.
- MORAES, F.R. de, MARTINS, M.L., 2004. Condições predisponentes e principais

- enfermidades de teleósteos em piscicultura intensiva. Tópicos especiais em Piscic. água doce Trop. intensiva 343–383.
- Oliveira, S.R.S. de, Pinheiro-Sousa, D.B., Almeida, Z. da S. de, Castro, J. da S., Carvalho-Neta, R.N.F., 2016. Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (osteichthyes, cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. Rev. Bras. Eng. Pesca. <https://doi.org/10.18817/repesca.v9i1.1105>
- Oliveira, W.F. de, Cardoso, W.M., Marques, L.C.L., Salles, R.R.P., Filho, J.L. de C., Aguiar, Teixeira, R.S. de C., Romão, J.M., Lima, A.C.P., 2004. Utilização de diferentes meios de cultura para o isolamento de enterobactérias em amostras fecais de frangos de corte procedentes de explorações industriais do Estado do Ceará, Brasil. Rev. Port. Ciências Veterinárias 99,211–214.
- OSTRENSKY, A., BORGHETTI, J.R., SOTO, D., 2008. Principais problemas enfrentados atualmente pela aquicultura brasileira, in: Aquicultura No Brasil: O Desafio é Crescer. pp. 135–158.
- POLEKSIĆ, V., MITROVIĆ-TUTUNDŽIĆ, V., 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution, in: Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish. pp. 339–52.
- Prefeitura Paço do Lumiar, 2018. Prefeitura Paço do Lumiar [WWW Document]. <http://www.pacodolumiar.ma.gov.br/pagina/paco-do-lumiar/1>.
- Queiroz, J.F. de, Boeira, R.C., 2016. Boas práticas de manejo para manter concentrações adequadas de oxigênio dissolvido em viveiros de piscicultura, EMBRAPA.
- Rabassó, M., Hernández, J.M., 2015. Bioeconomic analysis of the environmental impact of a marine fish farm. J. Environ. Manage. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.034>
- Reis, A.B., Sant'Ana, D.D.G., de Azevedo, J.F., Merlini, L.S., Araujo, E.J.D., 2009. The influence of the aquatic environment in tanks sequentially interconnected with PVC pipes on the gill epithelium and lamellas of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Pesqui. Vet. Bras.
- ROBERTS, R.J., 2001. Fish pathology.
- ROJAS, A., WADSWORTH, S., 2007. A review of cage aquaculture: Latin America and the Caribbean.
- SEBRAE-RN, 2014. Criação de tilápia em tanques escavados.
- Shailaja, M.S., D'Silva, C., 2003. Evaluation of impact of PAH on a tropical fish, *Oreochromis mossambicus* using multiple biomarkers. Chemosphere. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00667-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00667-2)
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H., CELESTE, C.C., BRAGA, F., 2006. Efeito do óxido de cálcio sobre variáveis limnológicas em viveiros de criação de *Piaractus mesopotamicus* (pacu) e *Colossoma macropomum* (tambaqui). Bol. do Inst. Pesca 32, 191–198.
- Souza, G.M. de, Leite, M.A., 2016. CUSTO DE PRODUÇÃO DE PISCICULTURA DA ESPÉCIE TILÁPIA NO SISTEMA INTENSIVO DE TANQUE REDE. Qualia a ciência em Mov. 2, 141–167.
- Thophon, S., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., Pokethitiyook, P., Sahaphong, S., Jaritkhuan, S., 2003. Histopathological alterations of white seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. Environ. Pollut. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00270-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00270-1)
- Tucker, C.S., Hargreaves, J.A., 2009. Environmental Best Management Practices for Aquaculture, Environmental Best Management Practices for Aquaculture.

<https://doi.org/10.1002/9780813818672>

- Tundisi, J., Matsumura-Tundisi, T., Tundisi, J., 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Brazilian J. Biol.* <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500020>
- Van der Oost, R., Beyer, J., Vermeulen, N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* [https://doi.org/10.1016/S1382-6689\(02\)00126-6](https://doi.org/10.1016/S1382-6689(02)00126-6)
- Vicente, I.S., Elias, F., Fonseca-Alves, C.E., 2014. Perspectivas da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. *Rev. Ciências Agrárias* 37, 392–398.

GUIDE FOR AUTHORS AQUACULTURE

INTRODUCTION

Types of paper

Research Papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere. Articles are expected to contribute new information (e.g. novel methods of analysis with added new insights and impacts) to the knowledge base in the field, not just to confirm previously published work.

Review Articles can cover either narrow disciplinary subjects or broad issues requiring interdisciplinary discussion. They should provide objective critical evaluation of a defined subject. Reviews should not consist solely of a summary of published data. Evaluation of the quality of existing data, the status of knowledge, and the research required to advance knowledge of the subject are essential.

Short Communications are used to communicate results which represent a major breakthrough or startling new discovery and which should therefore be published quickly. They should not be used for preliminary results. Papers must contain sufficient data to establish that the research has achieved reliable and significant results.

Technical Papers should present new methods and procedures for either research methodology or culture-related techniques.

The *Letters to the Editor* section is intended to provide a forum for discussion of aquacultural science emanating from material published in the journal.

Contact details for submission

Papers for consideration should be submitted via the electronic submission system mentioned below to the appropriate Section Editor:

Nutrition:

Vertebrate Nutrition: D.M. Gatlin Invertebrate Nutrition: M.T. Viana Larval Nutrition: Q. Ai

The Nutrition Section welcomes high quality research papers presenting novel data as well as original reviews on various aspects of aquatic animal nutrition relevant to aquaculture. Manuscripts addressing the following areas of investigation are encouraged:

determination of dietary and metabolic requirements for various nutrients by representative aquatic species.

Studies may include environmental/stress effects on animal's physiological responses and requirements at different developmental stages;

evaluation of novel or established feedstuffs as well as feed processing and manufacturing procedures with digestibility and growth trials. Such studies should provide comprehensive specifications of the process or evaluated ingredients including nutrients, potential anti-nutrients, and contaminants;

comparison of nutrient bioavailability from various ingredients or product forms as well as metabolic kinetics of nutrients, food borne anti-nutrients or toxins;

identification of key components in natural diets that influence attractability, palatability, metabolism, growth reproduction and/or immunity of cultured organisms;

optimization of diet formulations and feeding practices;

characterization of the actions of hormones, cytokines and/or components in intracellular signaling pathway(s) that influence nutrient and/or energy utilization.

evaluation of diet supplementation strategies to influence animal performance, metabolism, health and/or flesh quality.

Manuscripts concerning other areas of nutrition using novel or advanced methods are also welcome. Please note that in regard to various diet additives such as probiotics, prebiotics, herbal extracts, etc., a very large number of papers have already been published. Therefore, Aquaculture will not continue to accept manuscripts that present initial and preliminary investigations of such additives. Manuscripts addressing these and other feed additives will be accepted for review only if they are of the highest scientific quality and they represent a significant advance in our knowledge of the mechanisms involved in their metabolism. Manuscripts may also be considered if they present clinical efficacy data generated in large-scale trials and economic cost-benefit analysis of these applications.

Aquaculture Production Science:

B.Costa-Pierce

AQUACULTURE PRODUCTION SCIENCE (PS) is one of 5 sections of the international journal AQUACULTURE dedicated to research on improvements and innovations in aquatic food production.

This section supports worldwide dissemination of the results of innovative, globally important, scientific research on production methods for aquatic foods from fish, crustaceans, mollusks, amphibians, and all types of aquatic plants. Contributions are encouraged in the following areas:

- 1) Improvement of production systems that results in greater efficiencies of resource usage and sustainability of aquaculture; 2) Effective applications of technologies and methods of aquaculture production for improved stocking regimes; 3) The use of new species and species assemblages; and,
- 4) Investigations to minimize aquaculture wastes and improve water quality, including technologies for nutrient recycling in aquaculture ecosystems, and potential synergy of aquaculture and other food production systems using methods such as polyculture and integrated aquaculture. Aspects of seafood processing and technology will not be considered in this section although aquaculture techniques that may influence the nutritional value of aquatic food products may be considered in the Nutri

Physiology:

Vertebrate Physiology: A. Takemura Invertebrate Physiology: W.A. O'Connor

The Physiology Section welcomes high quality papers that present either novel research data or original reviews. The content must be relevant to solving aquaculture problems on all aspects of the physiology of cultured aquatic animals and plants.

Submitted manuscripts must have a valid hypothesis or objective, clearly state the relevance to aquaculture, have proper experimental design with appropriate controls and utilize appropriate statistical analysis. Mention of trade names is limited to the main text.

Relevant physiological topics include, but are not limited to: Reproductive and endocrine physiology, including control of development and sex differentiation, induced ovulation and spermiation, gamete quality, storage and cryopreservation, physiology of gynogenetic, and triploid and transgenic organisms Cardiorespiratory, muscle and exercise physiology Osmoregulatory physiology Digestive physiology, including endocrine and environmental regulation of growth Larval physiology and ontogeny, including metamorphosis, smolting and molting Performance under variable culture

conditions, including temperature, water quality, rearing density, and stress and disease physiology Physiology of harvest and handling techniques

Genetics:

J. A. H. Benzie

The Genetics Section welcomes high-quality research papers presenting novel data, as well as critical reviews, on various aspects of selective breeding, genetics and genomics. Submitted manuscripts must have a valid hypothesis or objective, clearly state the relevance to aquaculture, have proper experimental design with appropriate sample size and controls and utilize appropriate statistical analysis.

Relevant genetics topics include, but are not limited to: Breeding programs using classic selection procedures, markers or combining marker assisted selection with classic selection Applications of crossbreeding and interspecific hybridization Evaluation of commercially important phenotypes among cultured strains, populations or stocks Applications of biotechnology and genetic manipulation methods Development of linkage maps, identification of QTL or association of commercially important traits with specific gene(s). Where appropriate, linkage maps should include co-dominant markers, such as microsatellite DNA and SNP markers, to enable application to other populations and facilitate comparative mapping. Aquaculture will NOT accept manuscripts dealing with the application of well- described techniques to yet another species, unless the application solves a specific biological problem important to aquaculture production; or manuscripts dealing with gene cloning, characterizing of microsatellites, species identification using molecular markers, EST papers with small collections, or mapping papers with a small number of markers, unless the papers also deal with solving a biological problem that is relevant to aquaculture production. Aquaculture will not accept manuscripts focusing mainly on population genetics studies that are based on RAPD and AFLP markers, since the dominance and multilocus nature of the fingerprints are not suitable for making inferences about population genetic diversity and structure.

Sustainability and Society:

D.C. Little

The Sustainability and Society section of the journal Aquaculture invites articles at the interface of natural and social sciences that address the broader roles of aquaculture in global food security and trade.

Aims and scope of the Sustainability and Society section are the: global dissemination of interdisciplinary knowledge regarding the management of aquatic resources and resulting impacts on people. Interconnections with other sectors of food production; resource management and implications for societal impact. Going beyond a narrow techno-centric focus, towards more holistic analyses of aquaculture within well-defined contexts. Enquiry based on understanding trajectories of change amid the global challenges of climate change and food security. Mixed methods and approaches that incorporate and integrate both social and natural sciences. Relevance for the diverse range of policymakers, practitioners and other stakeholders involved. Articles that take a value chain approach, rather than being wholly production orientated, are encouraged.

Disease

P. Bossier

Parasites and Parasite Control

A. Shinn

The Disease sections welcomes critical reviews and high quality articles containing novel data on all aspects concerning diseases of farmed aquatic species. The aims of the section are: description of new and emerging diseases including characterization of the causal agent(s), development in the understanding of fish pathogens for example including new methods of growth where this has been a problem for fastidious organisms, pathogenicity and epizootiology, developments in the diagnosis of disease going beyond the use of standard well used methods, and methods of disease control, notably new developments in vaccines, immunostimulants, dietary supplements, medicinal plant products, probiotics, prebiotics and genetically-disease resistant stock. Relevance to aquaculture must be demonstrated. Articles, which adapt well known methods without further refinement of those methods, are unlikely to be accepted.

Submission Checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

E-mail address

Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

Include keywords

All figures (include relevant captions)

All tables (including titles, description, footnotes)

Ensure all figure and table citations in the text match the files provided

Indicate clearly if color should be used for any figures in print *Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable) *Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'

All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa

Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)

Relevant declarations of interest have been made

Journal policies detailed in this guide have been reviewed

Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

In order to facilitate the review process, please make sure your submission is prepared with:

Double line spacing

Continuously numbered lines throughout the manuscript

Numbered pages

BEFORE YOU BEGIN

Author of papers to Aquaculture are requested to verify their experimental design. Results should always include biological replicates. These could be obtained by performing an experiment multiple times within the same time window (demonstrating repeatability) or by performing an experiment multiple times in different time windows (demonstrating reproducibility). In a typical experiment, a biological replicate in aquaculture is a tank. Individual that were kept during the experiment in one single tank are not independent from each other and can hence not be considered as a biological

replicate. Authors are also requested to consult Aquaculture Volume 437, 1 Pages 344-350 for further support on statistical processing of data.

Ethics in publishing

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

Studies in humans and animals

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with The Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki) for experiments involving humans. The manuscript should be in line with the Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals and aim for the inclusion of representative human populations (sex, age and ethnicity) as per those recommendations. The terms sex and gender should be used correctly.

Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the ARRIVE guidelines and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, EU Directive 2010/63/EU for animal experiments, or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been followed. The sex of animals must be indicated, and where appropriate, the influence (or association) of sex on the results of the study.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. More information.

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>),

that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

If the manuscript to be submitted was previously rejected by *Aquaculture* or another journal, it is necessary to specify what substantive new work and/or revisions have been included to elevate the manuscripts quality for consideration by *Aquaculture*.

Preprints

Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Articles should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader, should contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of race, sex, culture or any other characteristic, and should use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, for instance by using 'he or she', 'his/her' instead of 'he' or 'his', and by making use of job titles that are free of stereotyping (e.g. 'chairperson' instead of 'chairman' and 'flight attendant' instead of 'stewardess').

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. More details and an example

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your

article will be reviewed again by the new journal. More information.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of existing agreements are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.

No open access publication fee payable by authors.

The Author is entitled to post the accepted manuscript in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The published journal article cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below. **Gold open access**

Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.

A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CCBY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, let others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The gold open access publication fee for this journal is **USD 3800**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more.

This journal has an embargo period of 24 months.

Elsevier Researcher Academy

Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Authors should avoid responding by messages received from the system using the 'Reply' button on their e-mail message; this will send the message to the system support and not to the editorial office, and will create unnecessary load of sorting out and forwarding

Please submit your article via <https://www.evis.com/profile/api/navigate/AQUA>

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peerreview.

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class `elsarticle.cls` to prepare your manuscript and BibTeX to generate your bibliography.

Our LaTeX site has detailed submission instructions, templates and other information.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered

1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering).

Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modification to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should begin with separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

Numbering. Manuscripts that are sequentially numbered (e.g., I, II, etc.) are no longer accepted.

Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should be not longer than 400 words.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 4-6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Highlights of the manuscript

As part of the submission process, authors are required to provide 3 or 4 highlights, each one sentence long. Beyond stating key discoveries, these highlights must explicitly establish why the work is novel and why it has an application to aquaculture. It is not sufficient to state that the species is one that is farmed.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx,yyyy];theBill&MelindaGatesFoundation,Seattle,WA[grantnumberzzzz];and theUnitedStatesInstitutes of Peace[grantnumberrrrrr].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided thefunding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urgedto consult IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry for furtherinformation.

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the International Code of Botanical Nomenclature, the International Code of Nomenclature of Bacteria, and the International Code of Zoological Nomenclature.

Allbiota(crops,plants,insects,birds,mammals,etc.)shouldbeidentifiedbytheirsscientificnames when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

For chemical nomenclature, the conventions of the International Union of Pure and Applied Chemistry and the official recommendations of the IUPAC IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature should be followed.

DNA sequences and GenBank Accession numbers. Many Elsevier journals cite "gene accession numbers" in their running text and footnotes. Gene accession numbers refer to genes or DNA sequences about which further information can be found in the databases at the National Center for Biotechnical Information (NCBI) at the National Library of Medicine. Authors are encouraged to check accession numbers used very carefully. **An error in a letter or number can result in a dead link.** Note that in the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article.

Example 1: "GenBank accession nos. **AI631510**, **AI631511**, **AI632198**, and **BF223228**, a B-cell tumor fromachroniclymphaticleukemia(GenBankaccessionno.BE675048),andaT-celllymphoma(GenBank accession no.**AA361117**)".

Authorsareencouragedtocheckaccessionnumbersusedverycarefully.Anerrorinaletter or number can result in a deadlink.

Inthefinalversionoftheprintedarticle,theaccessionnumbertextwillnotappearbolder underlined (see Example 2below).

Example 2: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a

B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

In the final version of the electronic copy, the accession number text will be linked to the appropriate source in the NCBI databases enabling readers to go directly to that source from the article (see Example 3 below).

Example 3: "GenBank accession nos. AI631510, AI631511, AI632198, and BF223228), a B-cell tumor from a chronic lymphatic leukemia (GenBank accession no. BE675048), and a T-cell lymphoma (GenBank accession no. AA361117)".

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca²⁺ and not Ca⁺⁺. Isotope numbers should precede the symbols, e.g., ¹⁸O. The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full.

Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the end product of a gravimetric determination (e.g., phosphate as P₂O₅).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork *Electronic artwork General points*

Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

Embed the used fonts if the application provides that option.

Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.

Number the illustrations according to their sequence in the text.

Use a logical naming convention for your artwork files.

Provide captions to illustrations separately.

Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.

Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300

dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500dpi.

Please do not:

Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;

Supply files that are too low in resolution;

Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Text graphics

Text graphics may be embedded in the text at the appropriate position. See further under Electronic artwork.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'.

Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambenh W.B., Franke M. (2003). A seismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/aquaculture>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/ book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;

Two authors: both authors' names and the year of publication;

Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication. Citations may

be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Journal Abbreviations Source

Define abbreviations that are not standard in this field at their first occurrence in the article: in the abstract but also in the main text after it. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. . In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Webproducts, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to Mendeley Data. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the Mendeley Data for journals page.

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the Data in Brief website. Please use this template to write your Data in Brief. *MethodsX*

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple *MethodsX* articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. *MethodsX*, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their *MethodsX* article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to *MethodsX* where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in *MethodsX*. Full details can be found on the *MethodsX* website. Please use this template to prepare your *MethodsX* article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50

days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Webshop. Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>

4.2 CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS PRODUTIVOS, SANITÁRIOS E IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES FÚNGICAS DE IMPORTÂNCIA PARA A TILAPICULTURA

Este artigo será submetido à revista Aquiculture International.

Parte dos resultados obtidos nesse capítulo foi utilizada para construção da cartilha “Manejo e sanidade na piscicultura: Boas práticas para evitar doenças” com lançamento na XIII Mostra Acadêmico-Científica em Ciências Biológicas (Apêndice II). A cartilha foi entregue a piscicultores de São José de Ribamar. Foi gerada ainda uma vídeoaula que está disponível no You Tube (<https://www.youtube.com/watch?v=6aUGtme3SLY>). Ambos os materiais educativos irão compor um MOOK–Curso Aberto a Distância que estará disponível no Ambiente Virtual da Uema.

Caracterização de aspectos produtivos, sanitários e identificação de espécies fúngicas de importância para a tilapicultura*

Ingrid T. V. da S. do Nascimento², Natália J. Pereira¹, Thiago A. de Melo¹, Débora M. S. Santos¹, Ilka M. R. de S. Serra¹

Resumo

A prevenção de doenças na piscicultura pode ser realizada a partir da caracterização da estrutura de cultivo e da rotina diária da produção. Somados a esses levantamentos estudos de identificação de espécies fúngicas podem indicar medidas de manejo preventivo na criação de peixes. Assim objetivou-se neste trabalho caracterizar a sanidade em cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) e identificar espécies fúngicas de importância para a tilapicultura. O estudo foi realizado em seis pisciculturas localizadas nas regiões metropolitanas de São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e Paço do Lumiar (P4, P5 e P6), estado do Maranhão. Foram realizadas entrevistas com os piscicultores e coletados trinta tilápias para o isolamento de fungos eventualmente presentes nas brânquias e peles. A entrevista abordou perguntas sobre a qualidade da água dos viveiros, manejo, alimentação e outras questões que podem influenciar na sanidade dos peixes. O isolamento das amostras de brânquias e peles dos peixes foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Menezes e Silva-Hanlin (1997). A entrevista revelou que as pisciculturas P1, P3, P5 e P6 apresentam alguns fatores de risco para o surgimento e desenvolvimento de patógenos, inclusive patógenos fúngicos. Essas propriedades apresentam alguns fatores considerados potencialmente estressantes como a ausência de aerador que influencia diretamente nos níveis de oxigênio dissolvido e o excesso de realização de biometria. A ausência de desinfecção dos equipamentos usados nas pisciculturas também é considerado um fator de risco para o aparecimento de doenças. Os gêneros fúngicos isolados foram *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp., fungos produtores de micotoxinas. A ocorrência desses fungos pode ser natural ou pode estar relacionada ao uso de ração contaminada nos criatórios. A presença de micotoxinas em alimentos já foi associada a várias patologias em peixes. As pisciculturas foram observadas algumas condições de sanidade e manejo inadequadas

Ingrid T. V. da S. do Nascimento
tayanevsn@hotmail.com

²Departamento de Química e Biologia, Programa de Pós- Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca, Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, Brasil.

que podem influenciar diretamente nas atividades fisiológicas de respiração, alimentação e defesa imunológica dos peixes. A presença dos gêneros fúngicos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* nos peixes pode ser indicada devido à contaminação da água demonstrando um controle sanitário incipientes das propriedades.

Palavras-chave: Piscicultura, Sanidade, Biopatologia, Fungos, Microbiologia, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*.

Introdução

A tilápia (*Oreochromis* sp.) é considerada uma das espécies mais cultivadas no Brasil com registro de produção de mais de 357.639 toneladas no ano de 2017 (Associação Brasileira de Piscicultura 2018). A espécie, nativa da África, foi introduzida no Brasil na década de 70 e rapidamente se destacou na produção nacional (Oliveira et al.2016).

Sua expansão se deve às características favoráveis a sua produção como tolerância a altas densidades, rusticidade, capacidade de aceitar dietas de baixo custo, características relacionadas à sua biologia reprodutiva e plasticidade genética (Zanolo and Yamamura 2006; FAO 2018). As características próprias da espécie também contribuíram para esse cenário, pois apresenta carne de textura firme com sabor delicado (Souza and Maranhão2001).

Naturalmente os peixes possuem uma camada de muco que o reveste externamente composta por antibióticos, ácidos graxos livres e enzimas. Danos nessa camada implicam em suscetibilidade ao aparecimento de doenças (Paiva 1997). Essa barreira é alterada por alguns fatores como o estresse que, persistindo, pode até levar o animal à morte (Paiva 1997; Ceccarelli et al. 2000).

O incremento na tilapicultura vem acompanhado de crescente interesse com prejuízos econômicos causados pela mortalidade de peixes por enfermidades (Kubitza et al. 2012). As doenças que acometem os peixes são causadas por vários microrganismos, inclusive os fungos, os quais são considerados um obstáculo para o desenvolvimento da piscicultura mundial (Meyer 1991; van West 2006; Pavanelli and Eiras 2008; Pinheiro et al.2015).

Na piscicultura as doenças ocorrem como resposta a estresse causando alterações comportamentais, fisiológicas e morfológicas nos peixes (Barton et al. 2002). Variações na temperatura, oferta ração de má qualidade, qualidade da água inadequada e manipulação frequente dos peixes podem comprometer a sanidade na piscicultura (Barbieri et al. 2014).

A manutenção de uma boa qualidade da água, a densidade de estocagem adequada

e o bom manejo dos peixes são exemplos de medidas de manejo que podem evitar o estresse nos peixes. Dessa forma a prevenção de doenças na piscicultura pode ser realizada a partir da caracterização da estrutura de cultivo e da rotina diária da produção.

Somados a esses levantamentos que servirão para indicar medidas de manejo preventivo, pode-se enriquecer a caracterização da sanidade na piscicultura os estudos de identificação de doenças de causas micológicas. Assim objetivou-se neste trabalho caracterizar a sanidade em cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) e identificar espécies fúngicas de importância econômica para a tilapicultura.

Materiais e Métodos

Área de coleta

O estudo foi realizado em pisciculturas localizadas em São José de Ribamar e Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil (Figura 1). O município de São José de Ribamar apresenta uma área de 388,37 km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2014) com sede situada a 30 km de São Luís, no extremo leste da Ilha, à beira da Baía de São José. A cidade possui clima megatérmico com temperaturas que variam de 21° C a 34°C, com pequenas variações sazonais de 1° C ao longo do ano. Entre as principais atividades econômicas da região, destacam-se a pesca, comércio, turismo, serviços e indústrias (Portal da Prefeitura de São José de Ribamar, 2015).

O município de Paço do Lumiar está localizado no litoral norte maranhense e apresenta uma área de aproximadamente 125,259 km² (IBGE 2017). O clima é tropical mesotérmico e úmido com temperaturas elevadas durante o ano todo (média de 26° C) e pequena variação anual (Barros et al. 2000). A economia na cidade é movida pelas atividades: extrativismo, pesca, agricultura familiar, comércio atacadista e varejista e atividades ligadas ao Ecoturismo (Portal da Prefeitura Paço do Lumiar, 2018).

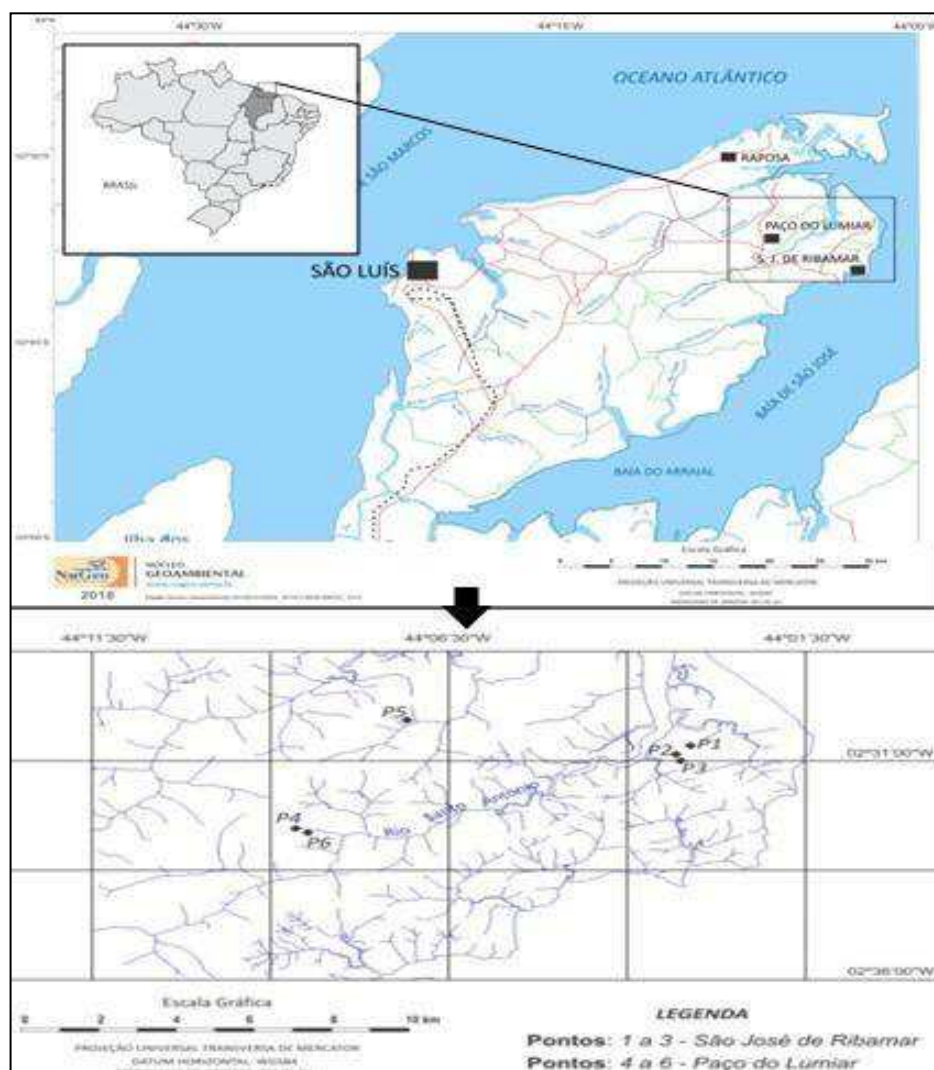


Fig. 1 Mapa da localização das áreas de estudo nos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil

As coletas ocorreram em seis pisciculturas localizadas nos pontos de coordenadas $02^{\circ} 30' 678''$ S $044^{\circ} 03' 131''$ W, $02^{\circ} 30' 896''$ S $044^{\circ} 03' 320''$ W e $02^{\circ} 30' 939''$ S $044^{\circ} 03' 346''$ W, referentes a São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e, $02^{\circ} 32' 546''$ S $044^{\circ} 08' 641''$ W, $02^{\circ} 30' 110''$ S $044^{\circ} 07' 087''$ W e $02^{\circ} 32' 648''$ S $044^{\circ} 08' 482''$ W, referentes às pisciculturas em Paço do Lumiar (P4, P5 e P6).

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Estadual do Maranhão (Nº 38/2017) o que possibilitou a coleta dos peixes nas pisciculturas.

Coleta e processamento das amostras

Os produtores foram entrevistados a partir de questionários semiestruturado adaptado de Maciel et al. (2016) contendo perguntas sobre a estrutura da propriedade, qualidade da

água dos viveiros, manejo, alimentação, doenças e comercialização do pescado.

Foram coletadas trinta tilápias, sendo cinco de cada piscicultura, com o auxílio de rede de arrasto, tarrafa ou puçá. Os peixes foram pesados individualmente e depositados em caixas de isopor contendo gelo para transporte ao Laboratório de Morfofisiologia Animal da Universidade Estadual do Maracá (UEMA) e posterior processamento das amostras.

No laboratório foram retiradas as brânquias e amostras da pele dos peixes com o auxílio de pinças, lâminas e tesouras. O arco branquial esquerdo e amostras da parte anterior, mediana e posterior da pele de cada peixe foram lavadas em água corrente e acondicionadas em tubos de microcentrífuga de 1,5 mL. Em seguida foram levados ao freezer para posterior isolamento e identificação dos fungos no laboratório de Fitopatologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da UEMA.

O isolamento das amostras de brânquia e pele dos peixes foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Menezes and Silva-Hanlin (1997). Os fragmentos foram descongelados e, na câmara de fluxo laminar, passaram pela etapa de tríplex lavagem. Em seguida, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultivo ágar-sabouraud-dextrose acrescido de clorafenicol incubadas em câmaras tipo B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*) ajustada para a uma temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12h.

Foram preparadas lâminas a partir da utilização de fita adesiva contra a cultura do fungo e colocando-a sobre lâmina contendo gota do corante Azul de Amann. As estruturas fúngicas foram visualizadas e fotografadas em microscópio óptico e identificado com auxílio da literatura Barnett e Hunter (1972) e de literatura complementar.

Resultados

Caracterização sanitária em cultivo de tilápia

Os questionários aplicados foram respondidos pelos proprietários das pisciculturas ou encarregado direto. As pisciculturas dedicam-se exclusivamente à atividade de recria e engorda, principalmente por não haver estrutura ou recursos suficiente para destinar a reprodução, larvicultura ou processamento dos peixes.

As pisciculturas P1, P2 e P3 apresentam criação de peixes como a principal

atividade desenvolvida nas propriedades com produção das espécies tambaqui e tilápia, na ordem decrescente de produção. Foi verificado ainda, a aplicação de técnicas de engorda para o pirarucu e para o piau na propriedade P2.

A propriedade P1 apresenta cinco estruturas de cultivo: quatro viveiros de terra (20x40m, 20x40m, 20x40m e 10x5m) e um de lona (10x5m). De acordo com o encarregado, os peixes são separados por tamanho. As espécies *Oreochromis* sp. e *Colossoma* sp. ficam juntas nos viveiros. A propriedade P2 possui oito estruturas de cultivo, sendo cinco viveiros em terra (8x10m, 20x40m, 36x55m, 25x43m e 16x50m) e três em lonas (dois de 4 m diâmetro e um 8 m diâmetro). Em cada viveiro existe uma estimativa de 68 *Arapaima* sp., 1300 *Colossoma* sp., não havendo separação por tamanho das espécies. O cultivo de peixes em P3 é realizado em dois viveiros de terra; um de 40 x 16m e outro de 40 x 20m. Os viveiros possuem *Oreochromis* sp. e *Colossoma* sp. de tamanhos variados. Os proprietários das pisciculturas P1 e P3 não souberam informar a densidade de estocagem em seus criatórios.

As pisciculturas visitadas no município de Paço do Lumiar não possuem a atividade de criação de peixes como principal ou como a única atividade exercida na propriedade. Nos cultivos, são produzidas as espécies: *Oreochromis* sp., *Colossoma* sp. e *Sorubimichthys* sp.

A propriedade P4 apresenta sete estruturas de cultivo: dois viveiros de terra (68 x 65m, 45 x 42m), uma piscina que atualmente é usada também para cultivo (20x 50 m) e quatro tanques de 8 m de diâmetro. Os tanques possuem *Oreochromis* sp., *Colossoma* sp. e *Sorubimichthys* sp. Os exemplares de *Oreochromis* sp. ficam em três tanques (8 m de diâmetros cada) separados na densidade de 830, 1100 e 2000 peixes em cada tanque.

A piscicultura P5 possui seis estruturas de cultivo: quatro viveiros de terra (20x40m, 8x22m e duas de 15x40m) e dois em lona (6x12m e 4x8m). O cultivo é destinado à produção de *Oreochromis* sp. e *Colossoma* sp.. O produtor não sabe informar a densidade dos peixes dos viveiros. A piscicultura P6 apresenta apenas um viveiro funcionando atualmente, apresenta 10x17 m contendo cinco mil *Oreochromis* sp., dois exemplares de *Cichla* sp. e noventa e oito exemplares de *Hoplerythrinus* sp..

As demais características dos cultivos como erosão das bordas, presença/ausência de grama e aerador, qualidade da água, manejo, registro de doenças e alimentação estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização sanitária dos cultivos de tilápias (*Oreochromis* sp.) em São José de Ribamar (P1, P2 e P3) e Paço do Lumiar (P4, P5 e P6), Maranhão, Brasil

		Pisciculturas					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Características dos Cultivos							
Erosão das bordas		Não	Sim	Não	Não	Não	Não
Presença de grama		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Aerador		Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Qualidade da água							
Origem da fonte de água		Poço	Poço	Poço	Poço	Poço	Poço
Frequência de análise da água		2-3x/mês	1x/mês	Não analisa	4x/mês	1x/mês	1x/mês
Parâmetros de análise		pH, temp. e transparência	pH, salinidade, O.D. e amônia tóxica	Não se aplica	pH	pH, temp., O.D.	pH, temp., salinidade e O.D.
Manejo							
Frequência da biometria/Quant. de peixes		2-3x/mês/3 peixes	4x/mês/10 peixes	1x/mês/10 peixes	1x/mês/20 a 30 peixes (profissional)	Não realiza	1x/mês/20 a 30 peixes (profissional)

Anestesia realizar biometria	ao a	Não	Não	Não	Sim	Não se aplica	Sim
Devolução peixes Criatórios	dos aos	Não	Sim	Não	Sim	Não se aplica	Sim
Doenças							
Perdas econômicas causadas por Doenças	por	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Desinfecção equipamentos	de	Água e expõe ao sol	Água e expõe ao Sol	Água e expõe ao sol	Água e expõe ao sol	Não	Não
Desinfecção equipamentos após empréstimos	de	Não empresta	Bicarbonato de sódio	Não	Sim	Não	Não
Alimentação							
Tipo Alimentação	de	Ração	Ração e por vezes farelo de soja	Ração e por vezes milho	Ração	Ração e por vezes farelo de soja	Ração
Quantidade ração por viveiro	de	450 kg/dia	5 kg/dia e 225 kg de farelo de soja	450 kg/dia	7 kg/dia	500 kg/dia e 225 kg de farelo de soja	833 kg/dia
Critério usado na escolha da ração		Relação custo e benefício	Facilidade de compra	Relação custo e benefício	Facilidade de compra	Facilidade de compra	Facilidade de compra
Local adequado para armazenar a ração		Não	Não	Não possui	Não	Não possui	Não possui

Identificação das espécies fúngicas

Os resultados obtidos na etapa de identificação mostraram a incidência dos gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp. O percentual de espécies fúngicas que foram isoladas e identificadas nas amostras de pele e de brânquias de peixes está descrito na Figura 2.

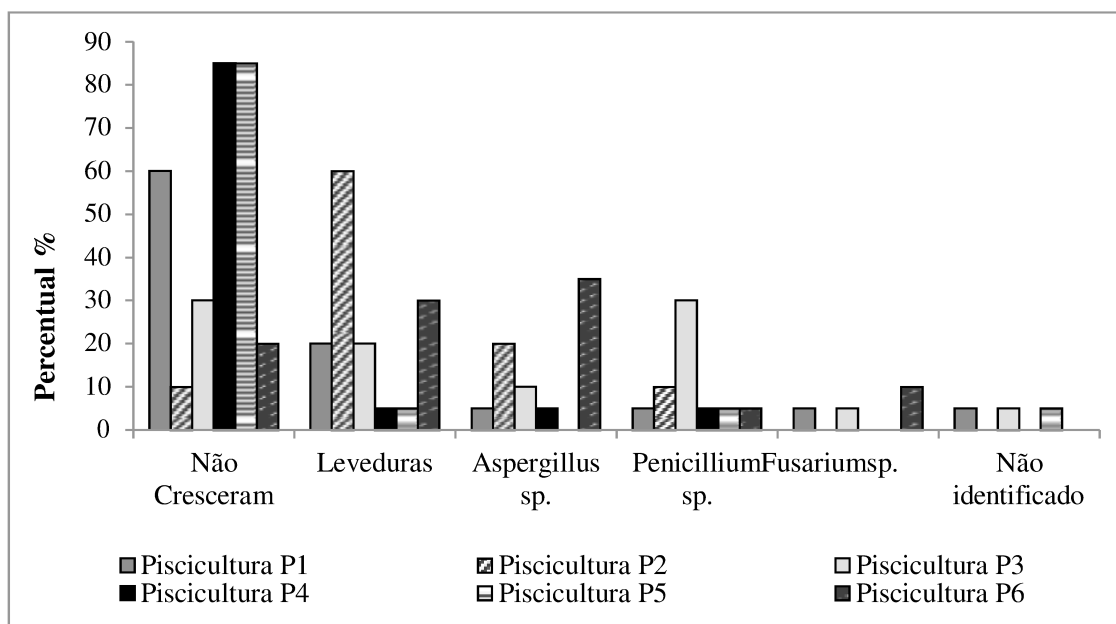


Fig. 2 Distribuição dos gêneros *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp. nas pisciculturas analisadas

Discussão

Fatores potencialmente estressantes nas pisciculturas

A ausência de aeradores nas pisciculturas, como no caso das pisciculturas P1, P3 e P6, sinaliza possível diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água. Uma das principais fontes de oxigênio na piscicultura ocorre através da difusão de oxigênio da atmosfera para a água, a qual pode ser facilitada pela agitação da água provocada pelos aeradores. Somado a ausência desse equipamento nos criatórios, a alta densidade de estocagem também pode contribuir para diminuição nos valores de oxigênio dissolvido provocando estresse nos peixes (Kubitza 2008).

Alguns parâmetros físico-químicos da água como temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia devem ser acompanhados periodicamente, pois alterações nessas variáveis influenciam diretamente as atividades fisiológicas dos peixes como respiração, alimentação, excreção e defesa imunológica (ARANA 1997; Tucker and Hargreaves 2009; Lima et al. 2014). A temperatura é considerada o principal parâmetro a ser observado no cultivo, havendo recomendação para acompanhamento diário. No entanto, alguns produtores negligenciam tal recomendação ou verificaram a temperatura apenas uma vez ao mês.

A biometria consiste no ato de retirar uma quantidade de peixes dos criatórios para

investigação do peso, comprimento e estado de saúde. A recomendação para verificação desses parâmetros deve ser feita entre quinze e trinta dias (EMBRAPA 2013), assim os cultivos P2 e P5 não estão de acordo com o recomendado. Tanto o excesso quanto a suspensão da biometria pode ser prejudicial no cultivo. Enquanto o exagero provoca estresse nos peixes, ausência de biometria pode ocasionar falta de informações importantes para o bom desenvolvimento dos peixes. É recomendado que o produtor submeta os peixes a solução de cloreto para minimizar o estresse antes de serem devolvidos aos criatórios (Tavares-Dias and Montagner 2015), no entanto as pisciculturas P1 e P3 afirmam não fazer esse procedimento.

Os equipamentos utilizados nas pisciculturas como redes, puçás e roupas devem ser imersas em solução de cloreto por cinco minutos e depois expostas ao sol para secagem, evitando assim o surgimento de doenças (Tavares-Dias and Montagner 2015). É importante ainda, que o produtor ao emprestar seus utensílios usados nas pisciculturas faça a desinfecção dos equipamentos antes de usá-los novamente em seus criatórios (IWASHITA and MACIEL 2013). Assim, as propriedades, especialmente P5 e P6, estão mais suscetíveis a doenças uma vez que não realizam ao menos uma medida básica de profilaxia como expor aosol.

A amônia tóxica na piscicultura é oriunda principalmente de produtos da excreção dos peixes e da proteína contida na ração (Farias, 2013). Níveis elevados dessa substância podem interferir na transferência de oxigênio das brânquias para o sangue e danificar esse órgão (Lima et al. 2014). Dessa forma a densidade de estocagem para cada viveiro e a quantidade de ração ofertada deve ser mantida adequadamente de acordo com a capacidade de suporte do viveiro (Ceccarelli et al., 2000). Alguns proprietários não souberam responder a quantidade de peixes presentes em seus criatórios, o que pode indicar possível fator de estresse nos peixes e consequente suscetibilidade a enfermidades.

Sanidade microbiológica dos peixes

Os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* eventualmente causam lesões localizadas em peixes, entretanto, as tilápias analisadas não apresentaram alterações macroscópicas como também observado por Gonçalves-Nunes *et al.* (2015). A ocorrência desses fungos em brânquias e peles das tilápias cultivadas pode ser de origem ambiental (Nunes e tal.2015) ou pode estar relacionada a ousoderação

contaminada. As rações podem sofrer contaminação por essas espécies durante o processamento ou armazenamento inadequado (FAO 2014).

A qualidade das rações oferecidas aos peixes depende do controle sanitário dos componentes usados na fabricação (Hashimoto et al. 2003; Pietsch et al. 2013), já que estes contêm substratos ideais para o crescimento de fungos produtores de micotoxinas (Dantigny et al. 2005; Filho et al. 2013). Esses fungos uma vez instalados promovem alterações organolépticas, comprometendo assim a qualidade nutricional e econômica das rações (Hussein and Brasel 2001; Manning and Abbas 2012).

A presença de micotoxinas em alimentos já foi relacionada a vários acessos micotoxicológicos em peixes desde sua descoberta em 1960 refletindo diretamente no homem ao consumi-los (Hussein and Brasel 2001; Bennett and Klich 2003; MURPHY et al. 2006; Feddern et al. 2013). Ao ingerir produtos que contenham altas concentrações de Aflotoxina B₁ (AFB₁), metabólicos secundários produzidos pelos fungos *Aspergillus favus*, *A. parasiticus* e *A. nomius* os efeitos podem ser agudo, imunossupressor, mutagênico, teratogênico, carcinogênico e hepatotóxico (Bando et al. 2007). As fumonisinas, micotoxinas produzidas por *Fusarium* e a Ocratoxina A (AO), toxina produzida pelos fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* são atualmente classificadas pela IARC (1993) como classe 2B, designado a provável agente carcinogênico parahumanos.

Na maioria das pisciculturas visitadas, não existe um local adequado para o armazenamento das rações e o critério utilizado para sua escolha, muitas vezes não garante um controle de qualidade. A possível presença dos fungos na ração não indica necessariamente a presença de micotoxinas, pois de acordo com a FAO (2014) deve haver elevadas contagens desses microrganismos na ração para indicar a presença de tais compostos tóxicos. Outro fator a ser considerado é a diferença de temperatura e umidade consideradas ótimas para o crescimento dos fungos e a produção de micotoxinas. Essa diferença é nitidamente observada na espécie *Aspergillus flavus* que apresenta a temperatura de 33°C como temperatura ótima para seu crescimento e entre 13 e 42 °C, para produção de aflotoxinas. Os valores de umidade dependerão do substrato (Hussein and Brasel 2001; Olajuyigbe et al. 2014).

Conclusão

As pisciculturas analisadas são ambientes cultiváveis, porém adverte-se para algumas condições de sanidade e manejo inadequadas, como a ausência do controle dos

parâmetros físico-químicos da água, da desinfecção dos equipamentos utilizados nos criatórios, a densidade de estocagem para cada viveiro e a quantidade de ração ofertada apropriadas à capacidade de suporte dos criatórios, uma vez que esses fatores podem influenciar diretamente nas atividades fisiológicas de respiração, alimentação e defesa imunológica dos peixes.

A presença dos gêneros fúngicos *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* nos peixes pode ter sua origem devido à contaminação da água por rações infectadas por essas espécies durante o processamento ou armazenamento inadequado demonstrando um controle sanitário incipientes das propriedades.

Agradecimentos

Agradecemos a Universidade Estadual do Maranhão por oferecer estrutura física para a realização deste trabalho, à FAPEMA pelo financiamento da pesquisa e a todos os piscicultores pela receptividade que nos recebeu em suas propriedades.

Referências

- ARANA LV (1997) Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões
- Associação Brasileira de Piscicultura (2018) Anuário Peixes Br da Piscicultura
- Bando E, Gonçalves LN, Tamura NK, Junior MM (2007) Biomarcadores para avaliação da exposição humana às micotoxinas. J Bras Patol Med Lab. doi: 10.11648/j.ijber.20150404.14
- Barbieri E, Marquez HL de A, Campolim MB, Salvarani PI (2014) Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. Rev Gestão Costeira Integr. doi: 10.5894/rgci486
- Barnett HL, Hunter BB (1972) Illustrated Genera of Imperfect Fungi
- Barros VLL, Rebêlo JMM, Silva FS (2000) Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de capoeira do Município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil: Área de transmissão de leishmaniose. Cad Saude Publica
- Barton BA, Morgan JD, Vijayan M (2002) Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish
- Bennett J, Klich M (2003) Mycotoxins. Clin Microbiol Rev. doi: 10.1128/cmr.16.3.497-516.2003
- Ceccarelli PS, Senhorini JA, Volpato G (2000) Dicas em piscicultura: perguntas e respostas
- Comunicação Portal Fácil (2015) Prefeitura de São José de Ribamar. In: <http://www.saojosederibamar.ma.gov.br/detalhe-da-materia/info/sobre/16469>
- Dantigny P, Guilmar A, Bensoussan M (2005) Basis of predictive mycology. In: International Journal of Food Microbiology
- EMBRAPA (2013) Biometria de peixes: piscicultura familiar
- FAO (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture
- FAO (2014) The state of world fisheries and aquaculture

- FARIAS RHS de (2013) Manual de criação de peixes em viveiros
- Feddern V, Dors GC, Tavernari F de C, et al (2013) Food mycotoxins: an update. In: Aflatoxins – recente advances and future prospects. pp 171–195
- Filho FDCC, Calvet RM, Da Rocha Rosa CA, et al (2013) Monitoramento de fungos toxigênicos e aflatoxinas em rações utilizadas em piscicultura. *Cienc Anim Bras*. doi: 10.5216/cab.v14i3.15414
- Gonçalves-Nunes EMC, Gomes-Pereira MM, Raposo-Costa AP, et al (2015) Screening of aflatoxin B1 and mycobiota related to raw materials and finished feed destined for fish. *Lat Am J Aquat Res* 43:595–600
- Hashimoto EH, Santos MA do, Ono EYS, et al (2003) Bromatologia e contaminação com fumonisina e aflatoxina em rações utilizadas na piscicultura da região de Londrina, Estado do Paraná, Brasil. *Semin Ciências Agrárias*. doi: 10.5433/1679-0359.2003v24n1p123
- Hussein HS, Brasel JM (2001) Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on human and animals. *Toxicology*.doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X\(01\)00471-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-483X(01)00471-1)
- IARC (1993) Some Naturally Occurring Substances: Food Items and Constituents, Heterocyclic Aromatic Amines and Mycotoxins. In: IARC (International Agency for Research on Cancer) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans
- IBGE (2017) IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. IBGE Dir Pesqui Coord Popul e Indicadores Sociais Estim da Popul Resid
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014) Estimativas de população 2014. In: Popul. Resid. enviada ao Trib. Contas da União Bras. Gd. Regiões e Unidades da Fed. - 2001-2014
- IWASHITA MKP, MACIEL PO (2013) Princípios básicos de sanidade de peixes. In: *Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. pp 215–272
- Kubitza F (2008) O uso Eficiente da aeração. *Panor da Aquicultura* 18:9
- Kubitza F, Campos JL, Ono EA, Istchuk PI (2012) Panorama da piscicultura no Brasil: estatísticas, espécies, pólos de produção e fatores limitantes à expansão da atividade. *Panor da Aquicultura* 22:14–25
- Lima AF, da Silva AP, Rodrigues APO (Embrapa P e A, et al (2014) Qualidade da Água: Piscicultura Familiar. In: *Journal of Chemical Information and Modeling*
- Maciel PO, Benavides MV, Webber DC, et al (2016) Caracterização sanitária em cultivos de tambaqui no Estado do Amazonas - polo de produção de Rio Preto da Eva. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura
- Manning BB, Abbas HK (2012) The effect of Fusarium mycotoxins deoxynivalenol, fumonisin, and moniliformin from contaminated moldy grains on aquaculture fish. *Toxin Rev*.
- MENEZES M, SILVA-HANLIN DMW (1997) Guia prático para fungos fitopatogênicos
- Meyer FP (1991) Aquaculture disease and health management. *J. Anim. Sci*.
- MURPHY PA, HENDRICH S, LANDGREN C, BRYANT CM (2006) Food mycotoxins: an update. *J Food Sci* 71:51–65
- Nunes LPS, Filho FDCC, Costa APR, Muratori MCS (2015) Monitoramento de fungos micotoxigenos em peixes cultivados, na água e substrato de viveiros em fazendas. *Acta Vet Bras*
- Olajuyigbe OO, Akande GR, Ezekiel CN, Ezekiel M. (2014) Aflatoxigenic moulds and aflatoxin contamination of retailed fishery products in Lagos markets. *Mycotoxicology* 1:57–63

- Oliveira SRS de, Pinheiro-Sousa DB, Almeida Z da S de, et al (2016) Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (osteichthyes, cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. Rev Bras Eng Pesca. doi: 10.18817/repesca.v9i1.1105
- Paiva MJTR de (1997) Fungos parasitos de peixes. Panor da Aquicultura 7:4–6
- PavanelliGC, EirasJdaC (2008) Doenças de Peixes: Profilaxia, diagnóstico e tratamento
- Pietsch C, Kersten S, Burkhardt-Holm P, et al (2013) Occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in commercial fish feed: An initial study. Toxins (Basel). doi: 10.3390/toxins5010184
- Pinheiro CAM, Pinheiro RS, Santos WHL dos, et al (2015) Qualidade da água e incidência de fungos em peixes oriundos de pisciculturas do município de São Luis–Maranhão. Pesqui em Foco 20:53–69
- Prefeitura Paço do Lumiar (2018) Prefeitura Paço do Lumiar. In: <http://www.pacodolumiar.ma.gov.br/pagina/paco-do-lumiar/1>
- Souza MLR, Maranhão TCF (2001) Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. Acta Sci 23:897–901
- Tavares-Dias M, Montagner D (2015) Princípios básicos de sanidade de peixes. In: Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. p 38
- Tucker CS, Hargreaves JA (2009) Environmental Best Management Practices for Aquaculture
- van West P (2006) *Saprolegnia parasitica*, an oomycete pathogen with a fishy appetite: new challenges for an old problem. Mycologist. doi: 10.1016/j.mycol.2006.06.004
- Zanolo R, Yamamura MH (2006) Parasitas em tilápias-do-nilo criadas em sistema de tanques-rede. Semin Ciências Agrárias 27:281–288

4.3 EGISTRY OF SAPROLEGNIOSE IN FISH CULTIVATED IN THE WORLD: A COMPILATION OF DATA

Artigo submetido à Revista Aquiculture Internatinal em 13 de dezembro de 2108

4.2 REGISTRY OF SAPROLEGNIOSE IN FISH CULTIVATED IN THE WORLD: A COMPILATION OF DATA

Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento¹, Josielma dos Santos Silva¹, Thiago Anchieta de Melo¹, Débora Martins Silva Santos¹, Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra^{1,3}

Abstract Saprolegniosis is a mycological disease that causes significant economic losses in fish culture and can be considered an obstacle to the development of world fish farming. Thus, we aimed to identify which species of fish cultivated in the world have been associated with fungi of the genus *Saprolegnia*. The research deals with a bibliographical survey that contemplates articles published between 2007 and July of 2017. We found a relationship of saprolegniosis with fish species: *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta*, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Labeo rohita*, *Pterophyllum scalare*, *Ctenopharyngodon idella*, *Sander lucioperca*, *Pelteobagrus fulvidraco*, *Oreochromis niloticus*, *Odonthestes bonariensis*, *Odonthestes humensi* e *Catla catla*. Os oomicetos encontrados foram: *Saprolegnia ferax*, *Saprolegnia parasitica*, *Saprolegnia australis*, *Saprolegnia diclina*, *Saprolegnia delica*, *Saprolegnia glomerata*, *Saprolegniaterrestres*, *Saprolegnia uliginosa*, *Saprolegnia unispora*, *Saprolegnia hypogyna* and *Saprolegnia longicaulis*. The species *S. ferax* and *S. parasitica* were the fungi that presented the highest infection register, mainly in salmonids. *O. mykiss*, *S. salar* and *S. trout* were the fish with more studies related to saprolegniosis, because they are species that have great market importance in the world fish farming scenario. Despite the great importance of the species *O. niloticus* in the world fish culture, we observed the specie in only one article in this research, which may be related to the high resistance of the species to diseases and to the lack of research funding to identify this type of infection. Não foi possível fazer um comparativo da relação entre hospedeiro - agente etiológico entre os peixes, uma vez que, muitos dos estudos considerados na pesquisa, não possuíam a finalidade de identificação do patógeno.

Keywords: Pathology, Fish, Fish farming, *Saprolegnia* sp., Saprolegniosis

Ingrid Tayane Vieira da Silva do Nascimento
tayanevs@hotmail.com

Josielma dos Santos
Silvajosielmasilva@hotmail.com.br

Thiago Anchieta de Melo
thiagoanchieta@gmail.com

Débora Martins Silva Santos
debsan70@gmail.com

Ilka Márcia Ribeiro de Souza Serra
ilka.tt@gmail.com

1- Departamento de Química e Biologia, Programa de pós-graduação em Recursos Aquáticos e Pesca – PPGRAP, Universidade Estadual do Maranhão

2- Endereço atual: Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI Caixa Postal, 09- Lab. de Fitopatologia, Tiririca, CEP 65000-000 - São Luís, MA - Brasil - Caixa-postal:09

Introduction

Fish farming is the most developed branch of aquaculture in the world, but as in all production system, the intensification process can generate stress and immunosuppression causing risks to animal health (Corrêa et al. 2013). Fish diseases are caused by microorganisms distributed in several groups, including bacteria, protozoa, viruses and fungi, which are responsible for significant economic losses and can be considered as an obstacle to the development of world fish farming (Meyer 1991; van West 2006; Pavanelli et al. 2008; Pinheiro et al. 2015).

The main mycological disease in pisciculture is saprolegniosis caused by an Oomycete of the order Saprolegniales, composed of the genera *Saprolegnia*, *Achlya* and *Aphanomyces* (van den Berg et al. 2013), being the species belonging to the genus *Saprolegnia* the most registered as parasites in fish and their eggs (van den Berg et al. 2013; Mastan 2015).

Saprolegniosis is a pathology characterized by the appearance of white-gray spots easily visible to the naked eye, looking like cotton, as a result of the development of the mycelium in the skin, gills or eggs of the fish (Burr and Beakes 1994; Tampieri et al. 2003; Stueland et al. 2005).

The fish naturally have a layer of mucus that coats it externally, being composed of antibiotics, free fatty acids and enzymes. Damage to this layer leaves the animal susceptible to various pathologies. This barrier is altered mainly by some factors such as sudden changes in temperature, loss of scales, stress, hormonal imbalances, lack of hygiene in the nursery, injuries and wounds caused by parasites. Exposure to these factors may favor the invasion, among other pathogens, of the biflagellate zoospore causing saprolegniosis, allowing its fixation and development. The oomycete eliminates toxin causing necrosis and allowing the extension of the mycelium in the epidermis resulting in alterations of this tissue with consequent death of the animal (Paiva 1997).

The most effective measure of control in the treatment of this disease is malachite green use; however, its toxicity represents a risk to the health of professionals (Pottinger and Day 1999; Stammati et al. 2005). Other measures of control and treatment for saprolegniosis are: formaldehyde, potassium permanganate, acetic acid and iodine (Khodabandeh and Abtahi 2006; Rasowo et al. 2007; Fuangsawat et al. 2011). Currently phytotherapies have been formulated for the treatment of this pathology, as the one extracted from *Radix sanguisorbae* for the treatment of saprolegniosis caused by *Saprolegnia australis* with encouraging results, representing a survival of over 80%

(Cao et al. 2014).

Saprolegniosis has already been responsible for the loss of 15 to 25% of salmon egg mortality in Chile and has already reached more than 50% of *Salmon coho* production in Japan (Zaror et al. 2004). In Scotland, the Saprolegnia infection has already resulted in a loss of £ 5 million (Phillips et al. 2008). In many countries, the economic damage caused by this disease has not yet been accounted for, and there has been no compilation of data on which species of fish have been associated with this disease. Thus in this review, we aimed to identify which species of fish cultivated in the world have been related to fungi of the genus Saprolegnia in the last 10 years.

Materials and Methods

A bibliographic survey was carried out in the databases *Web of Science*, *Science Direct*, *Portal Periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)* e *Scientific Electronic Library Online (SciELO)* in the month of July 2017 using the combination of four descriptors: “fish farming”, “pisciculture”, “saprolegnia” and “saprolegniosis”. The crossing of the descriptors occurred through the Boolean operators OR and AND. We considered the articles published from 2007 to July 2017.

The studies included in the research should include isolation of *Saprolegnia* performed previously or in the study itself from cultured fish. We excluded articles that identified this genus from other substrates.

After the electronic search procedure in the mentioned databases, we read the title and abstract to identify if the articles met the criteria established for inclusion in the research. Afterwards, we selected the articles in order to identify the articles that make up the final sample of this bibliographic review. Therefore, this research is of the exploratory type, because it is a bibliographical research.

Results

Published studies

This study collected 226 articles distributed in the databases *Science Direct* (91), *Capes* (105) and *SciELO* (30). The Web of Science database did not present any indexed article inserted in the subject of this survey. Of the total of articles surveyed, only 22 met the criteria for inclusion in the research (Table 1).

The taxonomy was the topic more discussed in the articles, showing that knowledge about the pathologies caused by fungi in fishes is still at the level of identification of causal agents, even in countries such as China, Norway and Chile that

represent the main producers in aquaculture (FAO 2018). We observed a greater publication in the year 2016 with predominance by taxonomic and immunological approaches.

Table 1 List of articles collected, database, periodicals and topics covered

References	Scientific Journal	Topics Covered
SCIENCE DIRECT		
De Bruijn <i>et al.</i> (2012)	Developmental and Comparative Immunology	Immunology
Rezinciuc <i>et al.</i> (2014)	Fungal Biology	Taxonomy
Minor <i>et al.</i> (2014)	Fungal Biology	Immunology
Sandoval-Sierra <i>et al.</i> (2014)	Aquaculture	Taxonomy
Pereira-Torres <i>et al.</i> (2016)	Fish and Shellfish Immunology	Immunology
Fregeneda-Grandes <i>et al.</i> (2007)	Mycological Research	Taxonomy
Roberge <i>et al.</i> (2007)	Molecular Immunology	Immunology
Vega-Ramírez <i>et al.</i> (2013)	Revista Mexicana de Biodiversidad	Taxonomy
Saha <i>et al.</i> (2016)	Fish and Shellfish Immunology	Immunology
Eissa <i>et al.</i> (2013)	International Journal of Veterinary Science and Medicine	Taxonomy
PORTAL PERIÓDICO CAPES		
Songe <i>et al.</i> (2016)	Journal of Fish Diseases	Immunology
Yao <i>et al.</i> (2017)	Journal of the World Aquaculture Society	Experiment
Heikkinen <i>et al.</i> (2016)	Aquaculture Research	Treatment
Korzelecka-Orkisz <i>et al.</i> (2016)	Journal of Applied Ichthyology	Treatment
Thoen <i>et al.</i> (2015)	Life Science Weekly	Taxonomy
Ben Khemis <i>et al.</i> (2016)	Journal of Fish Diseases	Experiment
(Johari <i>et al.</i> 2016)	Aquacult Int	Experiment
Cao <i>et al.</i> (2012)	Vet Res Commun	Taxonomy
Zahrán and Risha (2013)	Zahrán and Risha SpringerPlus	Tratament
Valenzuela <i>et al.</i> (2012)	Fish Physiol Biochem	Experiment
Iqbal <i>et al.</i> (2012)	Pakistan journal of zoology	Taxonomy
SCIELO		
Corrêa <i>et al.</i> (2013)	Ciência Rural	Experiment

Discussion

The articles surveyed were based on research conducted predominantly in Europe and America. The studies reported the occurrence of saprolegniosis in the following species of fish: *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta*, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Labeo rohita*, *Pterophyllum scalare*, *Ctenopharyngodon idella*, *Sander lucioperca*, *Pelteobagrus fulvidraco*, *Oreochromis niloticus*, *Odontheistes bonariensis*, *Odontheistes humensi* and *Catla catla*. (Table 2).

The results of this research showed that the species *O. mykiss* is the fish with more studies related to pathologies caused by Saprolegnia, being registered in seven of the

twenty-two articles raised. As espécies *S. salar* e *S. trutta* também são constantemente relacionadas com a saprolegniose (juntos estão presentes em 40% dos estudos levantados). These salmonids were frequently associated with the occurrence of the fungus, the object of this study, probably due to the intense cultivation of these species and their high market importance, since they represent the third largest group of fish used in world fish farming (FAO 2018). According to studies, saprolegniose is responsible for about 10% of the annual economic loss in salmonids, but in some cases this loss may represent up to 50% of the total production, a fact that justifies investments in research to identify this pathology (Kishio and Gen-Ichi 1992; Hussein and Hatai 2002; van West2006).

The relation of economic importance and intense investment in research is remarkable when one observes the frequency that the species *S. salar* is recorded in the study. This species accounts for 93% of the world's total aquaculture production and research related to the Saprolegnia fungus is funded mainly by Norwegian, Chilean and Canadian institutions representing the world's major producers of this species (2012). Although Atlantic salmon is very important economically in Europe was found in only a single study (Soon and Baines 2012).

The species *O. niloticus* (tilapia) represents the second species of fish most produced in the world behind only *Cyprinus carpio* (carp) (Sebrae 2015). However, there was little presence in the research carried out, which may be associated with the high resistance of this species to diseases and also with the lack of research funding, especially by countries such as Brazil, which has such an expressive species in the aquaculture scenario national (da Silva et al. 2012; IBGE 2014).

The Brazilian production of tilapia is quite expressive, reaching the mark of 357,639 tons per year (Associação Brasileira de Piscicultura 2018). However, it is observed that the studies are still insipient, being recorded the occurrence of saprolegniose in tilapia by Martins et al. (2002) in the state of São Paulo and by Pinheiro et al. (2015) in the state of Maranhão. The most recent research registered in BrazilinthedatabasesverifiedinthisresearchwaswiththespeciesO.bonariensisand O. humensis (Corrêa et al. 2013), kingfish species that present commercial value in South America (Pacheco-Marino; Suani Giovanna; Salibián 2010).

Table 2 Summary of the studies that have included fish farmed in the world infected with saprolegniose, separated by a database

Reference	Host	Etiological Aagent	Search Location
-----------	------	--------------------	-----------------

SCIENCE DIRECT			
De Bruijn et al. (2012)	<i>O. mykiss</i>	<i>S. parasitica</i>	United Kindon
Rezinciuc et al. (2014)	Eggs from <i>S. trutta</i>	<i>S. ferax</i> , <i>S. australis</i> and <i>Saprolegnia</i> sp.	Spain
Minor et al. (2014)	Eggs from <i>O. mykiss</i>	<i>S. parasitica</i>	Netherlands
Sandoval-Sierra et al. (2014)	Different phases of salmonid development <i>S. salar</i> , <i>O. mykiss</i> and <i>Oncorhynchus Tshawytscha</i>	<i>S. australis</i> , <i>S. delica</i> , <i>S. diclina</i> , <i>S. ferax</i> , <i>S. parasitica</i> e <i>Saprolegnia</i> sp.1 and sp. 2	Chile
Pereira-Torres et al. (2016)	<i>S. salar</i>	<i>S. ferax</i> e <i>S. parasitica</i>	Chile
Fregeneda-Grandes et al. (2007)	<i>S. trutta</i>	<i>S. parasitica</i>	Spain
Roberge et al. (2007)	<i>S. salar</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Canada
Vega-Ramírez et al. (2013)	Eggs and adult fish <i>O. mykiss</i>	<i>S. ferax</i> , <i>S. australis</i> , <i>S. diclina</i> , <i>S. glomerata</i> , <i>S. parasitica</i> , <i>S. terrestris</i> , <i>S. uliginosa</i> , <i>S. unispora</i> , <i>S. parasitica</i>	Mexico
Saha et al. (2016)	<i>Labeo rohita</i>	<i>S. parasitica</i>	India
Eissa et al. (2013)	<i>Pterophyllum scalare</i>	<i>S. parasitica</i> , <i>S. hypogyn</i> , <i>S. delica</i> and <i>S. longicaulis</i>	Egypt
PORTAL PERIÓDICO CAPES			
Songe et al. (2016)	Eggs from <i>S. Salar</i>	<i>S. diclina</i>	United States
Yao et al. (2017)	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	China
Heikkinen et al. (2016)	<i>O. mykiss</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Finland
Korzelecka-Orkisz et al. (2016)	Eggs from <i>S. trutta</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Poland
Thoen et al. (2015)	Eggs from <i>S. salar</i> e peixe adulto	<i>S. diclina</i> , <i>S. parasitica</i> , <i>S. ferax</i> and <i>S. hypogyna</i>	Norway
Ben Khemis et al. (2016)	Eggs from <i>Sander lucioperca</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Tunisia
(Johari et al. 2016)	Eggs from <i>O. mykiss</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Iran
Cao et al. (2012)	Eggs from <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	<i>S. ferax</i>	China
Zahran and Risha (2013)	<i>O. niloticus</i>	<i>S. ferax</i>	Egypt
Valenzuela et al. (2012)	<i>O. mykiss</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Chile
Iqbal et al. (2012)	<i>C. catla</i> and <i>C. idella</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Pakistan
SCIELO			
Corrêa et al. (2013)	<i>O. bonariensis</i> and <i>O. humensis</i>	<i>Saprolegnia</i> sp.	Brazil/RS

The saprolegniosis caused by *S. ferax*, together with the species *S. australis*, were the ones that presented the highest infection records in different fish species (6 species), followed by *S. parasitica* (5 species), *S. diclina* (4 species) and *S. delica* (3 species). The *S. glomerata*, *S. terrestris*, *S. uliginosa* and *S. unispora* species were identified only in *O. mykiss*. The pathology caused by the *S. hypogynas* species was identified only in

the *S. salar* species. The fish *C. idella*, eggs of *S. lucioperca*, *O. bonariensis*, *O. humensis* and *C. catla* were recorded with saprolegniosis, however there was no identification until the species level (Figure 1).

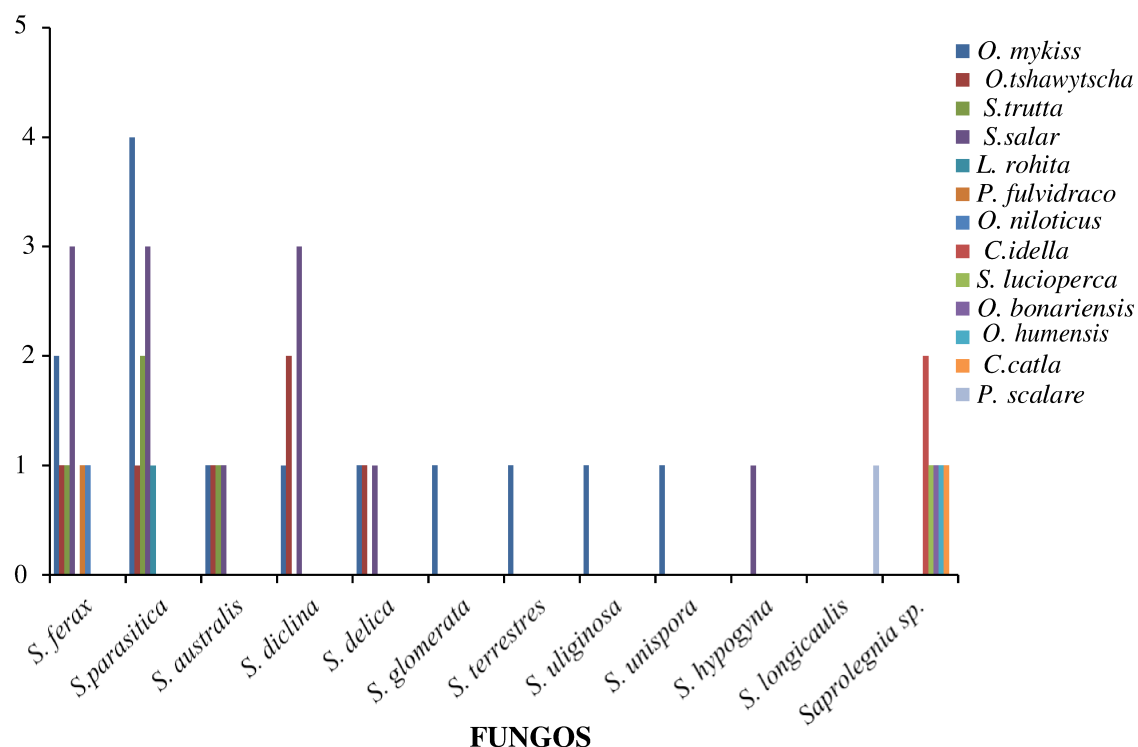


Fig. 1 Relationship between etiological agent causing saprolegniosis and cultured fish

Within the set of ten fungi of the genus *Saprolegnia* found on fish, nine were from the species *O. mykiss* and six, from the species *S. salar*, showing the importance of this pathology for the cultivation of both species. It was not possible to compare the host - etiological agent among the fish, since many of the studies considered in the research did not have the purpose of identifying the pathogen. Thus, it is evident that further studies are necessary in the area of biopathology to identify saprolegniosis in fish in order to establish a more consistent relationship between the species that cause this disease and the species of fish cultured.

Conclusion

The research shows that infection studies in fish caused by fungi of the genus *Saprolegnia* were recorded mainly in salmonids *O. mykiss*, *S. salar* and *S. trout* due to the economic importance of these species in the world fish farming scenario.

For tilapia, although it is a very cultivated species in the world, few studies of infection caused by *saprolegnia* have been found, probably because of the high resistance of this species to diseases or because it presents little investment in research

aimed at identifying this pathology. The *S. ferax* and *S. parasitica* oomycetes are the fungi with the highest infection rates in fish, especially salmonids.

The fish farmer, especially of the species that obtained the highest numbers of saprolegniosis, must be aware of the clinical signs of this disease and perform some control measures such as good quality of the water of the breeding grounds and adequate management of the fish, avoiding the stress and consequent susceptibility to the diseases. For the confirmation of a precise host-pathogen relationship, further studies are needed, including accounting for the economic damage caused by this disease.

Agradecimentos The authors are grateful to the State University of Maranhão for their support in conducting this research; to the Aquatic Resources and Fisheries Postgraduate Program that made it possible to conduct the study and the Foundation for Scientific and Technological Research and Development of Maranhão - FAPEMA, for the financial incentive.

References

- Associação Brasileira de Piscicultura (2018) Anuário Peixes Br da Piscicultura
- Ben Khemis I, Besbes Aridh N, Hamza N, et al (2016) Antifungal efficacy of the cactaceae *Opuntia stricta* (Haworth) prickly pear ethanolic extract in controlling pikeperch *Sander lucioperca* (Linnaeus) egg saprolegniosis. J Fish Dis. doi: 10.1111/jfd.12356
- Burr AW, Beakes GW (1994) Characterization of zoospore and cyst surface structure in saprophytic and fish pathogenic *Saprolegnia* species (oomycete fungal protists). Protoplasma. doi: 10.1007/BF01666393
- Cao H, Ou R, Li G, et al (2014) *Saprolegnia australis* R. F. Elliott 1968 infection in Prussian carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) eggs and its control with herb extracts. J Appl Ichthyol. doi: 10.1111/jai.12316
- Cao H, Zheng W, Xu J, et al (2012) Identification of an isolate of *Saprolegnia ferax* as the causal agent of saprolegniosis of Yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) eggs. Vet Res Commun. doi: 10.1007/s11259-012-9536-8
- Corrêa BF, Stohl FE, Robaldo RB, Pereira DIB (2013) Efeito in vitro de químicos no crescimento micelial de *Saprolegnia* spp. Ciência Rural. doi: 10.1590/S0103-84782013005000074
- da Silva RD, Rocha LO, Fortes BDA, et al (2012) Parâmetros hematológicos e

- bioquímicos da tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* L.) sob estresse por exposição ao ar. *Pesqui Vet Bras.* doi: 10.1590/S0100-736X2012001300017
- De Bruijn I, Belmonte R, Anderson VL, et al (2012) Immune gene expression in trout cell lines infected with the fish pathogenic oomycete *Saprolegnia parasitica*. *Dev Comp Immunol.* doi: 10.1016/j.dci.2012.03.018
- Eissa AE, Abdelsalam M, Tharwat N, Zaki M (2013) Detection of *Saprolegnia parasitica* in eggs of angelfish *Pterophyllum scalare* (Cuvier–Valenciennes) with a history of decreased hatchability. *Int J Vet Sci Med.* doi: 10.1016/j.ijvsm.2013.04.001
- FAO (2018) The State of World Fisheries and Aquaculture
- Fregeneda-Grandes JM, Rodríguez-Cadenas F, Carbajal-González MT, Aller-Gancedo JM (2007) Detection of “long-haired” *Saprolegnia* (*S. parasitica*) isolates using monoclonal antibodies. *Mycol Res.* doi: 10.1016/j.mycres.2007.04.005
- Fuangswat W, Abking N, Lawhavit OA (2011) Sensitivity comparison of pathogenic aquatic fungal hyphae to sodium chloride, hydrogen peroxide, acetic acid and povidone iodine. *Kasetsart J - Nat Sci*
- Heikkinen J, Tirola M, Mustonen SM, et al (2016) Suppression of *Saprolegnia* infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs using protective bacteria and ultraviolet irradiation of the hatchery water. *Aquac Res.* doi: 10.1111/are.12551
- Hussein MMA, Hatai K (2002) Pathogenicity of *Saprolegnia* species associated with outbreaks of salmonid saprolegniosis in Japan. *Fish Sci.* doi: 10.1046/j.1444-2906.2002.00533.x
- IBGE (2014) Produção da pecuária municipal. Inst. Bras. Geogr. e Estatística
- Iqbal Z, Asghar M, Rubaba (2012) *Saprolegniasis* in two commercially important carps. *Pak J Zool*
- Johari SA, Kalbassi MR, Soltani M, Yu IJ (2016) Application of nanosilver-coated zeolite as water filter media for fungal disinfection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs. *Aquac Int.* doi:10.1007/s10499-015-9906-7
- Khodabandeh S, Abtahi B (2006) Effects of sodium chloride, formalin and iodine on the hatching success of common carp, *Cyprinus carpio*, eggs. *J Appl Ichthyol*
- Kishio H, Gen-Ichi H (1992) *Saprolegniasis* in Cultured Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Fish Pathol* 27:233–234
- Korzelecka-Orkisz A, Formicki K, Szulc J, et al (2016) Modulating effect of a magnetic

- field on *Saprolegnia parasitica*, Coker, 1923 infecting trout (*Salmo trutta*, L.) eggs. J Appl Ichthyol. doi: 10.1111/jai.13099
- Mastan S. (2015) Fungal infection in freshwater fishes of Andhra Pradesh, India. Biotechnology. doi: 10.5897/AJB12.558
- Minor KL, Anderson VL, Davis KS, et al (2014) A putative serine protease, SpSsp1, from *Saprolegnia parasitica* is recognised by sera of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Fungal Biol. doi: 10.1016/j.funbio.2014.04.008
- Pacheco-Marino, Suani Giovanna; Salibián A (2010) Acute toxicity of three antifungal chemicals on silverside *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes 1835) eggs. Int J Environ Heal. doi: 10.1504/IJENVH.2010.037498
- Paiva MJTR de (1997) Fungos parasitos de peixes. Panor da Aquicultura 7:4–6
- PavanelliGC,EirasJC,TakemotoRM(2008)DoençasdePeixes:Profilaxia, diagnóstico e tratamento
- Pereira-Torres D, Gonçalves AT, Ulloa V, et al (2016) In vitro modulation of *Drimys winteri* bark extract and the active compound polygodial on *Salmo salar* immune genes after exposure to *Saprolegnia parasitica*. Fish Shellfish Immunol. doi: 10.1016/j.fsi.2016.10.035
- Phillips AJ, Anderson VL, Robertson EJ, et al (2008) New insights into animal pathogenic oomycetes. Trends Microbiol.
- Pottinger TG, Day JG (1999) A *Saprolegnia parasitica* challenge system for rainbow trout: Assessment of Pyceze as an anti-fungal agent for both fish and ova. Dis Aquat Organ. doi: 10.3354/dao036129
- Rasowo J, Okoth OE, Ngugi CC (2007) Effects of formaldehyde, sodium chloride, potassium permanganate and hydrogen peroxide on hatch rate of African catfish *Clarias gariepinus* eggs. Aquaculture. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.087
- Rezinciuc S, Sandoval-Sierra JV, Diéguez-Uribeondo J (2014) Molecular identification of a bronopol tolerant strain of *Saprolegnia australis* causing egg and fry mortality in farmed brown trout, *Salmo trutta*. Fungal Biol. doi: 10.1016/j.funbio.2013.11.011
- Roberge C, Páez DJ, Rossignol O, et al (2007) Genome-wide survey of the gene expression response to saprolegniasis in Atlantic salmon. Mol Immunol. doi: 10.1016/j.molimm.2006.05.005
- Saha H, Pal AK, Sahu NP, Saha RK (2016) Feeding pyridoxine prevents *Saprolegnia parasitica* infection in fish *Labeo rohita*. Fish Shellfish Immunol. doi:

10.1016/j.fsi.2016.09.045

- Sandoval-Sierra JV, Latif-Eugenin F, Martín MP, et al (2014) *Saprolegnia* species affecting the salmonid aquaculture in Chile and their associations with fish developmental stage. *Aquaculture*. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.09.005
- Sebrae SB de A às M e PE (2015) *Aquicultura no Brasil: série estudos mercadológicos*
- Songe MM, Willems A, Sarowar MN, et al (2016) A thicker chorion gives ova of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) the upper hand against *Saprolegnia* infections. *J Fish Dis*. doi: 10.1111/jfd.12421
- Soon JM, Baines RN (2012) Aquaculture farm food safety and diseases risk assessment (AquaFRAM): development of a spreadsheet tool for salmon farms. *Aquac Eng* 49:35–45
- Stammati A, Nebbia C, De Angelis I, et al (2005) Effects of malachite green (MG) and its major metabolite, leucomalachite green (LMG), in two human cell lines. In: *Toxicology in Vitro*
- Stueland S, Hatai K, Skaar I (2005) Morphological and physiological characteristics of *Saprolegnia* spp. strains pathogenic to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis*. doi: 10.1111/j.1365-2761.2005.00635.x
- Tampieri MP, Galuppi R, Carelle MS, et al (2003) Effect of selected essential oils and pure compounds on *Saprolegnia parasitica*. *Pharm Biol*. doi: 10.1080/13880200390501839
- Thoen E, Vrålstad T, Rolén E, et al (2015) *Saprolegnia* species in Norwegian salmon hatcheries: Field survey identifies *S. diclina* sub-clade IIIB as the dominating taxon. *Dis Aquat Organ*. doi:10.3354/dao02863
- Valenzuela A, Campos V, Yañez F, et al (2012) Application of artificial photoperiod in fish: A factor that increases susceptibility to infectious diseases? *Fish Physiol Biochem*. doi: 10.1007/s10695-011-9580-2
- van den Berg AH, McLaggan D, Diéguez-Urbeondo J, van West P (2013) The impact of the water moulds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. *Fungal Biol. Rev.*
- van West P (2006) *Saprolegnia parasitica*, an oomycete pathogen with a fishy appetite: new challenges for an old problem. *Mycologist*. doi: 10.1016/j.mycol.2006.06.004
- Vega-Ramírez MT, Moreno-Lafont MC, Valenzuela R, et al (2013) New records of *Saprolegniaceae* isolated from rainbow trout, from their eggs, and water in a fish farm from the State of México. *Rev. Mex. Biodivers.*

- Yao JY, Lin LY, Yuan XM, et al (2017) Antifungal Activity of Rhein and Aloe-Emodin from *Rheum palmatum* on Fish Pathogenic *Saprolegnia* sp. *J World Aquac Soc*. doi: 10.1111/jwas.12325
- Zahran E, Risha E (2013) Protective role of adjuvant and potassium permanganate on oxidative stress response of Nile tilapia (challenged with *Saprolegnia ferax*). *Springerplus*. doi: 10.1186/2193-1801-2-94 [doi]\n223 [pii]
- Zaror L, Collado L, Bohle H, et al (2004) *Saprolegnia parasitica* en salmones y truchas del sur de Chile. *Arch Med Vet*. doi: 10.4067/S0301-732X2004000100008
- (2012) O salmão: *Salmo salar*. *A pesca e Aquicultura na Eur* 6–7

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Aquaculture International

Online Manuscript Submission

Springer now offers authors, editors and reviewers of *Aquaculture International* the option of using our fully web-enabled online manuscript submission and review system. To keep the review time as short as possible (no postal delays!), we encourage authors to submit manuscripts online to the journal's editorial office. Our online manuscript submission and review system offers authors the option to track the progress of the review process of manuscripts in real time. Manuscripts should be submitted to: <http://aqui.edmgr.com>

The online manuscript submission and review system for *Aquaculture International* offers easy and straightforward log-in and submission procedures. This system supports a wide range of submission file formats: for manuscripts - Word, WordPerfect, RTF, TXT and LaTeX; for figures - TIFF, GIF, JPEG, EPS, PPT, and Postscript.

NOTE: By using the online manuscript submission and review system, it is NOT necessary to submit the manuscript also in printout + disk.

In case you encounter any difficulties while submitting your manuscript on line, please get in touch with the responsible Editorial Assistant by clicking on "CONTACT US" from the tool bar.

Electronic figures

Electronic versions of your figures must be supplied. For vector graphics, EPS is the preferred format. For bitmapped graphics, TIFF is the preferred format. The following resolutions are optimal: line figures - 600 - 1200 dpi; photographs - 300 dpi; screen dumps - leave as is. Colour figures can be submitted in the RGB colour system. Font-related problems can be avoided by using standard fonts such as Times Roman, Courier and Helvetica.

Colour figures

Springer offers two options for reproducing colour illustrations in your article. Please let us know what you prefer: 1) Free online colour. The colour figure will only appear in colour on www.springer.com and not in the printed version of the journal. 2) Online and printed colour. The colour figures will appear in colour on our website and in the printed version of the journal. The charges are EUR 950/USD 1150 per article.

Language

We appreciate any efforts that you make to ensure that the language is corrected before submission. This will greatly improve the legibility of your paper if English is not your first language.

Reviewing Procedure

Aquaculture International is sent to 2 specialist reviewers who remain anonymous unless they specifically choose to confer with the author.

Manuscript Presentation

Manuscripts should all be presented in the accepted scientific format e.a. Introduction, Materials and Methods etc. There is no separate format for short communication. The journal's language is English. British English or American English spelling and terminology may be used, but either one should be followed consistently throughout the article. Manuscripts should leave adequate margins on all sides to allow reviewers' remarks. Please double-space all material, including notes and references. Quotations of more than 40 words should be set off clearly, either by indenting the left-hand margin or by using a smaller typeface. Use double quotation marks for direct quotations and single quotation marks for quotations within quotations and for words or phrases used in a special sense.

Number the pages consecutively with the first page containing:

running head (shortened title)

title

author(s)

affiliation(s)

full address for correspondence, including telephone and fax number and e-mail address

Abstract

Please provide a short abstract of 100 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Key Words

Please provide 5 to 10 key words or short phrases in alphabetical order.

Abbreviations

Abbreviations and their explanations should be collected in a list.

Figures

All photographs, graphs and diagrams should be referred to as a 'Figure' and they should be numbered consecutively (1, 2, etc.). Multi-part figures ought to be labelled with lower case letters (a, b, etc.). Please insert keys and scale bars directly in the figures. Relatively small text and great variation in text sizes within figures should be avoided as figures are often reduced in size. Figures may be sized to fit approximately within the column(s) of the journal. Provide a detailed legend (without abbreviations) to each figure, refer to the figure in the text and note its approximate location in the margin. Please place the legends in the manuscript after the references.

Tables

Each table should be numbered consecutively (1, 2, etc.). In tables, footnotes are preferable to long explanatory material in either the heading or body of the table. Such explanatory footnotes, identified by superscript letters, should be placed immediately below the table. Please provide a caption (without abbreviations) to each table, refer to the table in the text and note its approximate location in the margin. Finally, please place the tables after the figure legends in the manuscript.

Section Headings

First-, second-, third-, and fourth-order headings should be clearly distinguishable but not numbered.

Appendices

Supplementary material should be collected in an Appendix and placed before the Notes and Reference sections.

Notes

Please use endnotes rather than footnotes. Notes should be indicated by consecutive superscript numbers in the text and listed at the end of the article before the References. A source reference note should be indicated by an asterisk after the title. This note should be placed at the bottom of the first page.

Cross-Referencing

In the text, a reference identified by means of an author's name should be followed by the date of the reference in parentheses and page number(s) where appropriate. When there are more than two authors, only the first author's name should be mentioned, followed by 'et al.'. In the event that an author cited has had two or more works published during the same year, the reference, both in the text and in the reference list, should be identified by a lower case letter like 'a' and 'b' after the date to distinguish the works.

Examples:

Winograd (1986, p. 204)

(Winograd 1986; Flores *et al.* 1988)

(Bullen and Bennett 1990)

Acknowledgements

Acknowledgements of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the References.

References

1. Journal article:

Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. *N Engl J Med* 342:325–329

2. Inclusion of issue number (optional):

Saunders DS (1976) The biological clock of insects. *Sci Am* 234(2):114–121

3. Journal issue with issue editor:

Smith J (ed) (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

4. Journal issue with no issue editor:

Mod Genomics J (1998) Rodent genes. *Mod Genomics J* 14(6):126–233

5. Book chapter:

Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) *The rise of modern genomics*, 3rd edn. Wiley, New York

6. Book, authored:

South J, Blass B (2001) *The future of modern genomics*. Blackwell, London

7. Book, edited:

Smith J, Brown B (eds) (2001) *The demise of modern genomics*. Blackwell, London

8. Chapter in a book in a series without volume title:

Schmidt H (1989) Testing results. In: Hutzinger O (ed) *Handbook of environmental chemistry*, vol 2E. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 111

9. Chapter in a book in a series with volume title:

Smith SE (1976) Neuromuscular blocking drugs in man. In: Zaimis E (ed) *Neuromuscular junction*. *Handbook of experimental pharmacology*, vol 42. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 593–660

10. Proceedings as a book (in a series and subseries):

Zowghi D et al (1996) A framework for reasoning about requirements in evolution. In: Foo N, Goebel R (eds) *PRICA'96: topics in artificial intelligence*. 4th Pacific Rim conference on artificial intelligence, Cairns, August 1996. *Lecture notes in computer science (Lecture notes in artificial intelligence)*, vol

1114. Springer, Berlin Heidelberg New York, p 157
11. Proceedings with an editor (without apublisher):
Aaron M (1999) The future of genomics. In: Williams H (ed) Proceedings of the genomic researchers, Boston, 1999
12. Proceedings without an editor (without apublisher):
Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. In: Abstracts of the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978
13. Paper presented at aconference:
Chung S-T, Morris RL (1978) Isolation and characterization of plasmid deoxyribonucleic acid from *Streptomyces fradiae*. Paper presented at the 3rd international symposium on the genetics of industrial microorganisms, University of Wisconsin, Madison, 4–9 June 1978
14. Patent:
Name and date of patent are optional
Norman LO (1998) Lightning rods. US Patent 4,379,752, 9 Sept 1998
15. Dissertation:
Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California
16. Institutional author(book):
International Anatomical Nomenclature Committee (1966) Nomina anatomica. Excerpta Medica, Amsterdam
17. Non-English publication cited in an Englishpublication:
Wolf GH, Lehman P-F (1976) Atlas der Anatomie, vol 4/3, 4th edn. Fischer, Berlin. [NB: Use the language of the primary document, not that of the reference for "vol" etc.!]
18. Non-Latin alphabet publication:
The English translation isoptional.
Marikhin VY, Myasnikova LP (1977) Nadmolekulyarnaya struktura polimerov (The supramolecular structure of polymers). Khimiya, Leningrad
19. Published and In press articles with or withoutDOI:
- 19.1 In press
Wilson M et al (2006) References. In: Wilson M (ed) Style manual. Springer, Berlin Heidelberg New York (in press)
- 19.2. Article by DOI (with pagenumbers)
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med 78:74–80. DOI 10.1007/s001090000086
- 19.3. Article by DOI (before issue publication with pagenumbers)
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J Mol Med (in press). DOI 10.1007/s001090000086
- 19.4. Article in electronic journal by DOI (no paginatedversion)
Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. Dig J Mol Med. DOI 10.1007/s801090000086
20. Internet publication/Onlinedocument
Doe J (1999) Title of subordinate document. In: The dictionary of substances and their effects. Royal Society of Chemistry.Available via DIALOG. [http://www.rsc.org/dose/title of subordinate document](http://www.rsc.org/dose/title%20of%20subordinate%20document). Cited 15 Jan 1999
- 20.1. Onlinedatabase
Healthwise Knowledgebase (1998) US Pharmacopeia, Rockville. <http://www.healthwise.org>. Cited 21 Sept 1998
- Supplementary material/private homepage
Doe J (2000) Title of supplementary material. <http://www.privatehomepage.com>. Cited 22 Feb 2000
- University site
Doe J (1999) Title of preprint. <http://www.uni-heidelberg.de/mydata.html>. Cited 25 Dec 1999
- FTP site
Doe J (1999) Trivial HTTP, RFC2169. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2169.txt>. Cited 12 Nov 1999
- Organization site
ISSN International Centre (1999) Global ISSN database. <http://www.issn.org>. Cited 20 Feb 2000

Proofs

Proofs will be sent to the corresponding author. One corrected proof, together with the original, edited manuscript, should be returned to the Publisher within three days of receipt by mail (airmail overseas).

Offprints

25 offprints of each article will be provided free of charge. Additional offprints can be ordered by means of an offprint order form supplied with the proofs.

Page Charges and Colour Figures

No page charges are levied on authors or their institutions. Colour figures are published at the author's expense only.

Copyright

Authors will be asked, upon acceptance of an article, to transfer copyright of the article to the Publisher. This will ensure the widest possible dissemination of information under copyright laws.

Permissions

It is the responsibility of the author to obtain written permission for a quotation from unpublished material, or for all quotations in excess of 250 words in one extract or 500 words in total from any work still in copyright, and for the reprinting of figures, tables or poems from unpublished or copyrighted material.

Springer Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer now provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springers online platform SpringerLink. To publish via Springer Open Choice, upon acceptance please visit <http://www.springer.com/openchoice> to complete the relevant order form and provide the required payment information. Payment must be received in full before publication or articles will publish as regular subscription-model articles. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

5. CONCLUSÕES

Os dados obtidos na pesquisa permitiram concluir que:

- Os valores de temperatura, O. D., salinidade e nitrito obtidos nas pisciculturas foram considerados dentro dos padrões recomendados. O pH verificado em P6 é considerado potencialmente estressante aos peixes e, portanto um predisponente a patologias. A amônia em P2 está dentro do padrão considerado subletal. A presença da bactéria *E. Coli* foi verificada em P1 indicando contaminação fecal da água do viveiro pela vazão de alguma fonte de efluente doméstico diretamente no viveiro ou no poço artesiano que abastece a piscicultura.
- As análises histopatológicas realizadas nas brânquias indicaram alterações morfológicas em todos os tecidos analisados. As lesões encontradas foram: levantamento do epitélio respiratório, hiperplasia do epitélio lamelar, congestão dos vasos sanguíneos, fusão lamelar, dilatação do seio sanguíneo e aneurisma lamelar. Os valores de IAH indicaram diferenças estatísticas significativas entre as lesões encontradas em P3 e P4, P3 e P6.
- A entrevista revelou que as pisciculturas P1, P3, P5 e P6 apresentam alguns fatores de risco para o surgimento e desenvolvimento de patógenos. Essas propriedades apresentam alguns fatores considerados potencialmente estressantes como a ausência de aerador que influencia diretamente nos níveis de oxigênio dissolvido e o excesso de realização de biométrie.
- Os gêneros fúngicos isolados foram *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp., fungos produtores de micotoxinas. A ocorrência desses fungos pode ser ambiental ou pode estar relacionada ao uso de ração contaminada nos criatórios. A presença de micotoxinas em alimentos já foi associada a várias patologias em peixes. Vale ressaltar que deve haver elevadas contagens de fungos na ração para indicar a presença de micotoxinas.

- A revisão bibliográfica revelou que as espécies *O. mykiss*, *S. salar* e *S. trutta* foram os peixes com mais estudos relacionados com saprolegniose, pois são espécies que apresentam grande importância mercadológica no cenário da piscicultura mundial. Apesar da espécie *O. niloticus* possuir grande importância na piscicultura foi observada apenas um artigo nessa pesquisa, o que pode estar relacionada à alta resistência dessa espécie a doenças.

REFERÊNCIAS

- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American Public Health Association (APHA): Washington, DC, USA, 2005.**
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PISCICULTURA. **Anuário Peixes Br da Piscicultura.** 2018.
- BARROS, V. L. L.; REBÊLO, J. M. M.; SILVA, F. S. Flebotomíneos (Diptera, Psychodidae) de capoeira do Município do Paço do Lumiar, Estado do Maranhão, Brasil: Área de transmissão de leishmaniose. **Cadernos de Saúde Pública,** 2000.
- CECCARELLI, P. S.; SENHORINI, J. A.; VOLPATO, G. **Dicas em piscicultura: perguntas e respostas.** 2000.
- COMUNICAÇÃO PORTAL FÁCIL. Prefeitura de São José de Ribamar. .
- FAO. **The state of world fisheries and aquaculture.** 2014.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** 2018.
- HINTON, D. E.; BAUMANN, P. C.; GARDNER, G. R.; et al. Histopathologic biomarkers. **Biomarkers - biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress.** p.155–195, 1992.
- IBGE. IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **IBGE Diretoria de Pesquisas Coordenação de População e Indicadores Sociais Estimativas da População residente,** 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas de população 2014. .
- JESUS, T. B.; CARVALHO, C. E. V. Utilização de biomarcadores em peixes como ferramenta para avaliação de contaminação ambiental por mercúrio (Hg). **Oecologia Brasiliensis,** 2008.
- LUNA, L. G. **Manual of Histologic Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology.** 1968.
- MALLASEN, M.; BARROS, H. P.; YAMASHITA, E. Y. Produção de peixes em tanques-rede e a qualidade da água. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária,** v. 1, n. 1, p. 47–51, 2008.
- MARSHALL ADAMS, S.; CRUMBY, W. D.; GREELEY, M. S.; SHUGART, L. R.; SAYLOR, C. F. Responses of fish populations and communities to pulp mill effluents: A holistic assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety,** 1992.
- MENEZES, M.; SILVA-HANLIN, D. M. W. **Guia prático para fungos**

fitopatogênicos. 1997.

MEYER, F. P. Aquaculture disease and health management. **Journal of animal science**, 1991.

NUNES, L. P. S.; FILHO, F. D. C. C.; COSTA, A. P. R.; MURATORI, M. C. S.

Monitoramento de fungos micotoxigenos em peixes cultivados, na água e substrato de viveiros em fazendas. **Acta Veterinaria Brasilica**, 2015.

OLIVEIRA, S. R. S. DE; PINHEIRO-SOUSA, D. B.; ALMEIDA, Z. DA S. DE;

CASTRO, J. DA S.; CARVALHO-NETA, R. N. F. Lesões histopatológicas como biomarcadores de contaminação aquática em *Oreochromis niloticus* (osteichthyes, cichlidae) de uma área protegida no Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 2016.

VAN DER OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N. P. E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, 2003.

PAIVA, M. J. T. R. DE. Fungos parasitos de peixes. **Panorama da Aquicultura**, v. 7, n. 41, p. 4–6, 1997.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de Peixes: Profilaxia, diagnóstico e tratamento.** 2008.

PINHEIRO, C. A. M.; PINHEIRO, R. S.; SANTOS, W. H. L. DOS; SERRA, I. M. R.

DE S.; SANTOS, D. M. S. Qualidade da água e incidência de fungos em peixes oriundos de pisciculturas do município de São Luis–Maranhão. **Pesquisa em Foco**, v. 20, n. 1, p. 53–69, 2015.

POLEKSIĆ, V.; MITROVIĆ-TUTUNDŽIĆ, V. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. **Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish.** p.339–52, 1994.

PREFEITURA PAÇO DO LUMIAR. Prefeitura Paço do Lumiar. .

ROJAS, A.; WADSWORTH, S. **A review of cage aquaculture: Latin America and the Caribbean.** 2007.

SILVEIRA, U. S. DA; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. D. C. Fatores estressantes de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, 2009.

VAN WEST, P. Saprolegnia parasitica, an oomycete pathogen with a fishy appetite: new challenges for an old problem. **Mycologist**, 2006.

ZANOLO, R.; YAMAMURA, M. H. Parasitas em tilápias-do-nilo criadas em sistema de tanques-rede. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 2, p. 281–288, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE I - QUESTIONÁRIO

Nome do proprietário da piscicultura ou encarregado direto:

Coordenada geográfica da piscicultura:

A piscicultura é a principal atividade da propriedade?

☐ sim ☐ não _____

Infraestrutura da propriedade

1) Qual a área total da propriedade? E da área total de lâmina de água destinada a piscicultura?

2) Qual a espécie cultivada?

3) Na propriedade faz reprodução, larvicultura ou processamento dos peixes?

☐ sim ☐ não

4) Ou é dedicado apenas à recria e engorda?

5) A propriedade realiza consórcio?

☐ com mamíferos ☐ aves ☐ vegetais* ☐ não realiza

*Se apresentar atividade associada com vegetais ou mesmo próximo aplicar questão 6.

Caso negativo, pular para questão 10.

6) Você ou um agricultor próximo utiliza agrotóxico?

☐ não ☐ sim qual? _____

7) Com que frequência faz uso do agrotóxico? Qual a distância entre o criatório e a agropecuária?

☐ menos de um mês ☐ entre 1 e 2 meses ☐ entre 2 e 3 meses ☐ entre 4 e 5 meses ☐ 6 meses ou mais

8) Os cultivos que usam produtos químicos estão próximos à fonte de abastecimento de água da piscicultura?

☐ sim ☐ não

9) Qual a distância?

☐ menos de 50 m ☐ entre 50 e 100 m ☐ entre 100 e 200 m
☐ mais de 200 m

10) Existe algum problema com falta de água?

☐ não ☐ sim

11) Durante quais meses?

☐ jan./fev. ☐ mar./abr. ☐ mai./jun. ☐ jul./ago. ☐ set./out. ☐ nov./dez.

12) Por quanto tempo?

☐ até 10 dias ☐ entre 10 e 20 dias ☐ entre 20 e 30 dias ☐ mais de 30 dias ☐ entre 1 e 2 meses ☐ mais de 2 meses _____

Estruturas de cultivo

- 13) Qual a estrutura de cultivo?
() barragem () viveiro () tanque-rede
- 14) Qual a quantidade de estrutura de cultivo? E amplitude?
- 15) As pisciculturas apresentam estruturas com entrada e saída de água independente?
() não () sim
- 16) Qual o método de escoamento adotado?
() sifão externo () monge () sifão interno com ou sem cachimbo/charuto ()
outro _____
- 17) Há erosão das bordas internas dos taludes dos viveiros?
() não () sim
- 18) Há grama nas bordas?
() não () sim
- 19) Na propriedade já foi observado a presença de macrófitas nos viveiros?
() não () sim
- 20) Na propriedade faz-se uso de aeradores?
() não () sim

Qualidade da água e preparação dos viveiros

- 21) É feito o monitoramento da qualidade da água durante o ciclo reprodutivo?
() não () sim
- 22) Com que frequência?
() todos os dias () 2x na semana () 2-3x na semana () 1x no mês
() a cada 2 meses () outro _____
- 23) Quais parâmetros analisados?
() pH () temperatura () salinidade () teor de oxigênio dissolvido
() dureza () outro _____
- 24) Qual a origem da fonte de água para piscicultura?
() igarapés próximos à propriedade () poço () barragens dentro da propriedade
() outro _____
- 25) O abastecimento de água é por bombeamento?
() não () sim
- 26) Ocorre a renovação de água nos viveiros?
() não () sim
- 27) O que motiva a renovação da água?
() repõe a evaporação () renovação quando há problemas no tanque ()
outro _____

28) O produtor sabe informar a densidade de peixes utilizada nos viveiros?

Manejo

29) O produtor realiza a biometria?

() não (pular para questão 34) () sim

30) Qual a frequência?

() todo mês () a cada 2 meses () entre 2-3 meses () entre 3-6 meses () mais de 6 meses _____

31) O produtor utiliza algum anestésico para realizar a biometria?

() não (pular para questão 34) () _____ sim qual? _____

32) Utiliza o sal comum para realizar a biometria?

() não (pular para questão 34) () sim

33) Qual a concentração nos viveiros?

() menos de 12 Kg de sal/1000m² () 12 Kg de sal/1000m² () mais de 12 Kg de sal/1000m²

**Para viveiros é 12 Kg de sal/1000m² o padrão.

Alimentação

34) Qual o tipo de alimento utilizado?

() ração () farelo de soja () farinha de peixe () farelo de amendoim () outro _____

35) Se for ração qual a marca para recria? E para engorda?

36) Qual o critério utilizado para a escolha da marca da ração?

() exigência da espécie de peixe () pela cor ou cheiro () melhor desempenho dos peixes () preço () facilidade de compra () melhor relação custo/benefício

37) O produtor utiliza subprodutos (ex. pão e macaxeira) para complementação da alimentação dos peixes quando a ração termina?

() não () sim qual? _____

38) Qual a quantidade da ração fornecida?

39) A propriedade possui área para armazenar ração? (salas ou galpões com área arejada e ampla)

40) O produtor já encontrou ração com cheiro ou formando grumos (estragada ou embolorada)?

41) Com que frequência o produtor compra a ração?

() toda semana () a cada 15 dias () a cada 1 mês () outro _____

42) O produtor elimina o excesso de matéria orgânica?

() toda semana () a cada 15 dias () a cada 1 mês () outro _____

Doenças

43) O produtor já teve perdas econômicas causadas por doenças na piscicultura?

() não () sim

44) Quais os sinais clínicos indicativos de alguma doença (ambiental ou infecciosa) mais observados nos peixes:

- () não se alimentarem () se raspam na lateral do viveiro (“flashing”)
() nadarem na superfície da lâmina d’água () comportamento lento e sem reação a captura () permanecerem próximos à entrada de água
() apresentarem mudança de cor () machucados () pontos vermelhos no corpo () presença de corpos estranhos () peixes isolados do cardume
() peixes com tufo branco no corpo (semelhante a algodão)

45) Estes sinais foram observados em qual parte do corpo do animal?

46) Esses sinais clínicos foram mais frequentes em que período do ano?

47) Qual o período de maior mortalidade dos peixes?

48) Qual o destino de animais mortos?

- () retiram os peixes do viveiro e enterram () retiram e queimam
() descartam os peixes no lixo comum

49) Existe área de quarentena na piscicultura?

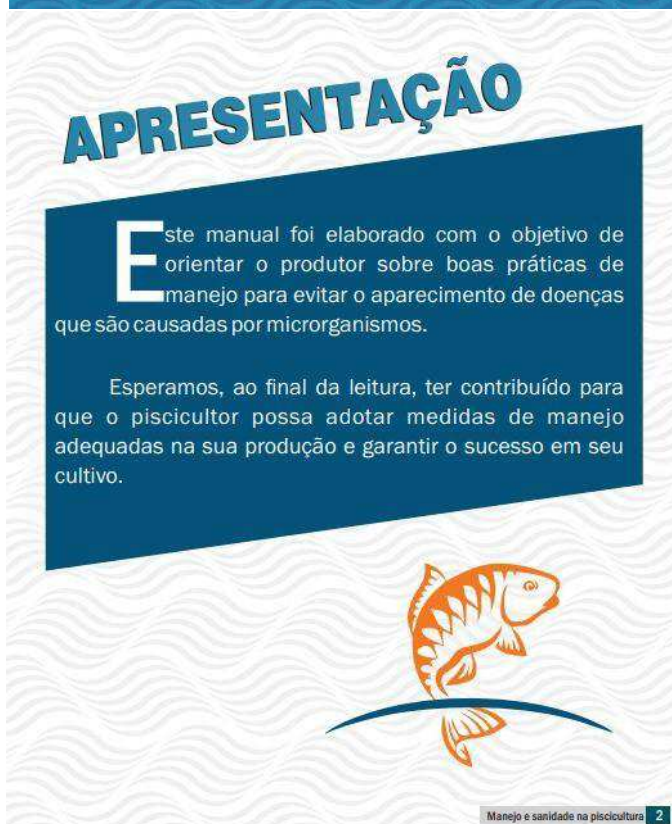
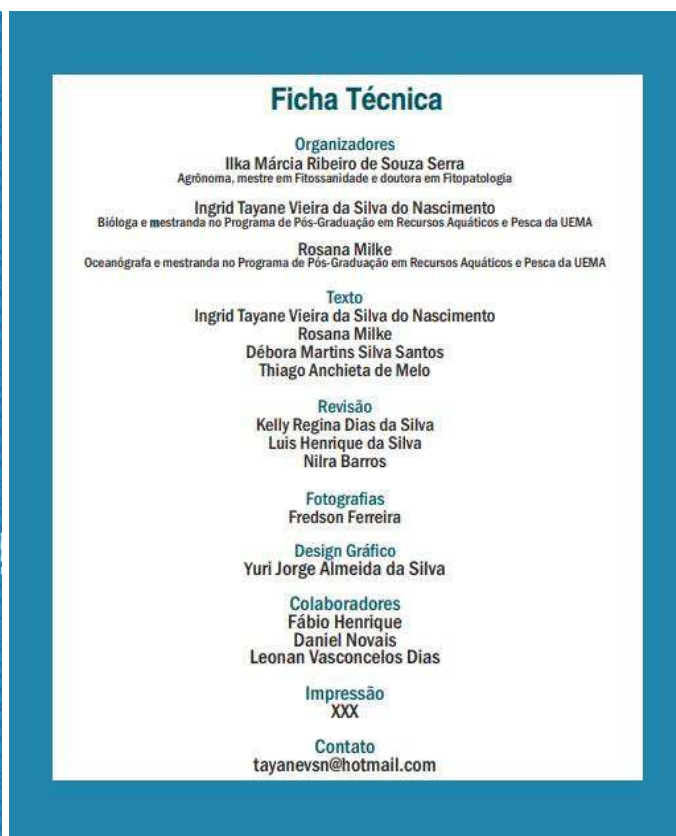
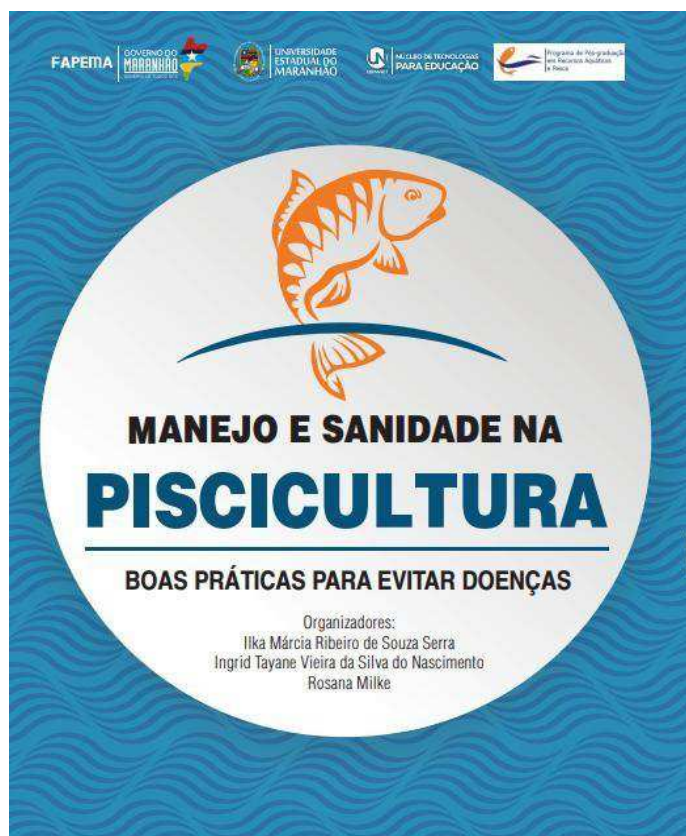
() não () sim

50) O produtor realiza a desinfecção de utensílios como redes, tarrafas, puçás, baldes e outros?

Comercialização do pescado

51) Para onde são comercializados os peixes cultivados em sua propriedade?

APÊNDICE II - CARTILHA



O QUE SÃO BOAS PRÁTICAS DE MANEJO?

Boas práticas de manejo consistem no conjunto de cuidados para evitar problemas na criação de peixes.

O piscicultor deve adotar essas práticas para evitar o surgimento de doenças. As doenças podem ser causadas pelo aumento do nível de estresse nos peixes que afeta seu sistema imunológico deixando-os vulneráveis.



As principais causas de estresse dos peixes cultivados são:

- Má qualidade da água;
- Altas densidades de estocagem;
- Frequente manipulação dos peixes.

As principais doenças que acometem os peixes cultivados são:

Agentes Patogênicos	Principais doenças	Sintomas
Fungo	Doença do Algodão (<i>Saprolegniase</i>) - causada principalmente por fungos do gênero <i>Saprolegnia</i> sp. e <i>Achlya</i> sp.	Presença de áreas despigmentadas na pele que depois começam a ser recobertas por pequenos "tufos de algodão" bem característicos
Protozoário	Doença dos Pontos Brancos (Ictiofitiríase/ "ictio") - causada pelo protozoário <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Presença de pontos brancos nas nadadeiras e no corpo além de falta de apetite
Bactéria	Doença da Coluna - causada pela bactéria <i>Flavobacterium columnare</i>	Pequenas lesões brancas pelo corpo, região da cabeça e nadadeiras que podem evoluir adquirindo aspecto hemorrágico ou de apodrecimento

Manejo e sanidade na piscicultura 4

Como saber se os peixes estão estressados?

O piscicultor deve estar atento as alterações na morfologia e no comportamento dos peixes.

Morfologia: mudanças na cor, machucados, pontos vermelhos no corpo, presença de corpos estranhos, tufos brancos, perda de escama e presença de hemorragias.

Comportamento: natação irregular, peixes que não se alimentam, que não apresentam reação a captura, peixe isolado do cardume.

Práticas de manejo para prevenir doenças

Boa qualidade da água

1

Estocagem adequada para cada viveiro

2

Monitoramento frequente das condições da piscicultura

3

Manutenção dos equipamentos

4

O bom manejo dos peixes

5

5 Manejo e sanidade na piscicultura

1 Boa qualidade da água



É importante que o piscicultor verifique alguns parâmetros da água como a temperatura, o pH, a transparência, o oxigênio dissolvido e amônia

É fundamental a presença de aeradores para manter os níveis de oxigênio na água. Podem ser utilizadas também bombas de água!



A quantidade de ração deve ser observada evitando o acúmulo de nutrientes na água e consequente diminuição da transparência

#dica

- A alimentação deve ser adequada para os diferentes estágios de desenvolvimento e diferentes espécies cultivadas
- A ração deve ser estocada em local limpo, arejado e seco para evitar o surgimento de mofo



Manejo e sanidade na piscicultura 6

2 Estocagem adequada para cada viveiro

O número de peixes/m² varia de acordo com alguns critérios: tipo de espécies, estágio de desenvolvimento e tamanho dos peixes, sistema de criação, qualidade e quantidade de água e capacidade de suporte do viveiro.

Densidade de estocagem de acordo com as fases do desenvolvimento dos peixes:

Fase de desenvolvimento	Caracterização	Densidade recomendada
Alevinagem	Pós-larva ou alevino até juvenil	Até 30 gramas/ indivíduo (100 larvas/m ² de viveiro)
Recria	Indivíduo possui de 30 a 300 gramas	Até 5 juvenis/m ² de viveiro
Terminação ou Engorda	Juvenil até possuir o peso de abate*	1 a 3 juvenis/m ² ou de 3 a 6 juvenis/m ² **

*800 gramas a 1Kg para tilápia, e acima de 1 Kg para espécies nativas.

** Valores recomendados com a renovação de água nos viveiros. De 3 à 6 juvenis/m² acrescido da utilização de aerador.

7 Manejo e sanidade na piscicultura

3 Monitoramento frequente das condições da piscicultura



É recomendada a completa secagem do tanque entre um ciclo e outro com a aplicação de cal virgem em poças ou locais encharcados no viveiro

Evitar a criação de peixes em viveiros interligados, onde há comunicação da água entre tanques para diminuir o risco de propagação de doenças



O plantio de grama no entorno dos tanques é importante para evitar a turbidez causada pela lixiviação do solo pela chuva

#dica

- Evitar a presença de moluscos, caracóis, aves e peixes invasores através da utilização de telas na entrada do tanque, pois esses organismos participam do desenvolvimento de algumas doenças.

Manejo e sanidade na piscicultura 8

4 Manutenção dos equipamentos usados nos viveiros



Desinfetar periodicamente os equipamentos utilizados nos viveiros, principalmente quando há suspeita de alguma enfermidade

Devem ser lavados e receber cuidados após o uso, como secar ao sol inclui as redes, puçás, roupas que entraram nos tanques



#dica

Os equipamentos devem ser imersos na solução de cloreto por 5 minutos e depois expostos ao sol para secagem.

Manejo e sanidade na piscicultura 9

5 O bom manejo dos peixes



As pessoas que trabalham na piscicultura devem fazer a desinfecção das mãos em álcool ou solução de iodo para não transmitir doenças de peixes doentes para os saudáveis.

É importante que se faça a cada 15 dias ou uma vez ao mês, a biometria dos peixes para ajustes no manejo da produção, em especial na alimentação. A biometria consiste na ação de retirar parte dos peixes cultivados para verificação do peso, comprimento e estado de saúde ao longo do cultivo.



#dica

- Após a biometria os peixes devem passar por solução de cloreto como medida de profilaxia.

Manejo e sanidade na piscicultura 10

O EMPREGO DE BOAS PRÁTICAS DE MANEJO no cultivo e o acompanhamento da piscicultura por um profissional permite o controle da criação e fornece ao consumidor peixes de qualidade com tamanho e peso adequados e livres de doenças.



Manejo e sanidade na piscicultura 11

Agradecimentos

