



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**THIAGO ANDRADE DA SILVA**

**EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE HORTELÃ VERGAMOTA (*Mentha X piperita* var *citrata*) SOBRE MONOGENOIDES EM TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis niloticus*) CRIADAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA**

**FORTALEZA**

**2020**

THIAGO ANDRADE DA SILVA

EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE HORTELÃ VERGAMOTA (*Mentha X piperita*  
*var citrata*) SOBRE MONOGENOIDES EM TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis*  
*niloticus*) CRIADAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S584e Silva, Thiago Andrade da.  
Efeito do exsudado da raiz de hortelã vergamota (*Mentha X piperita* var *citrata*) sobre monogenoides em tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em sistema de aquaponia / Thiago Andrade da Silva. – 2019.  
46 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Profa. Dra. Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley.
1. Sistema aquapônico. 2. Alelopatia. 3. Ectoparasitas. 4. Plantas medicinais. I. Título.

CDD 639.2

---

THIAGO ANDRADE DA SILVA

EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE HORTELÃ VERGAMOTA (*Mentha X piperita*  
*var citrata*) SOBRE MONOGENOIDES EM TILÁPIAS DO NILO (*Oreochromis*  
*niloticus*) CRIADAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Pesca. Área de concentração: Aquicultura

Aprovada em: 31/01/2020.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Carminda Sandra Brito Salmito-Vanderley (Orientadora)  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Oriel Herrera Bonilla  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Emanuel Soares dos Santos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

---

Dr. Assis Rubens Montenegro  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Jeová, o Criador, dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Jeová, o criador e supremo Senhor.

À minha amada Renata, pelo amor e carinho dedicados há 11 anos. Também pelo companheirismo, pela preocupação com o nosso crescimento bem como pelas experiências que vivemos.

À Prof.<sup>a</sup> Sandra Salmito, pela orientação nesse trabalho, pelo exemplo de profissional dinâmica e dedicada, além da alegria que ela distribui por onde passa.

Ao colega Pedro Emídio, que me acolheu na equipe do LBRP/UECE, deu grande contribuição para meu aprendizado no entendimento da parasitologia de peixes, cedeu equipamentos e buscou peixes para o experimento.

Ao Sr. Bessa, da Piscicultura São Pedro e Sr. Marcílio da Piscicultura Fort Alev que cederam alevinos para nossas atividades bem como ao Sr. Paulo, da Hidro Horta que disponibilizou mudas de hortelã e alface para a pesquisa.

Aos professores da UFC que se empenham em oferecer uma formação de qualidade aos seus alunos.

Aos alunos do curso técnico em aquicultura da Escola Profissional de Guaiúba Marcilene, Matheus, Iasmyn, Willian, Evelyn, Isabele, Karine, Theresa, Wanderson, Helen, Carliene, Renan, Letícia, Ericson, e os outros que me deram uma grande ajuda no laboratório e em nossos projetos nesse período (2018-19) além dos anteriores, que me desafiaram ser um melhor profissional e foram fundamentais no desenvolvimento do sistema de aquaponia da nossa escola.

À equipe Gestora da EP de Guaiúba na ajuda com os ajustes de horários para que eu pudesse assistir às aulas.

Aos colegas de trabalho Libreville Katalândio, Lucas, Aldecio, Rafael, e Stênio com os quais pude compartilhar momentos de distração bem como contar com a ajuda para cobrir minhas ausências quando precisei realizar algumas atividades do mestrado. Também aos colegas Ítalo, Bruno e Isabele que me ajudaram a desenvolver a ideia desse trabalho.

Aos profissionais da aquicultura que de alguma forma contribuíram com as atividades do Curso Técnico em Aquicultura da EP de Guaiúba.

Aos membros da banca, pela sua disposição em colaborar.

E a você, que está lendo esses agradecimentos, e está interessado no que tenho a dizer.

## RESUMO

As plantas liberam através de suas raízes compostos orgânicos com diferentes características e ações. Há relatos de que a *Mentha piperita* libera resíduos através do sistema radicular com efeito alelopático. Também é conhecido o efeito antiparasitário da hortelã-pimenta sobre monogenoides em peixes. Sistemas de produção aquapônicos aproveitam a mesma água e certas estruturas para o cultivo simultâneo de peixes e vegetais. Dessa forma, este trabalho propõe-se a investigar se a hortelã vergamota (*Mentha X piperita* var *citrata*) controla a infestação de monogenoides em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) através do exsudado de suas raízes, em sistema de aquaponia. Foram realizados dois experimentos. O primeiro utilizou dois tratamentos e quatro repetições, com 30 tilápias do Nilo cada com peso médio inicial de 7,7 g tendo duração de 60 dias. Os tratamentos eram: com e sem hortelã em associação, em água de baixa qualidade. Foi observado incremento de 13,3% na sobrevivência (embora parasitados), bem como na biomassa (11,3%) onde havia hortelã, sugerindo que a planta contribuiu para a sanidade e o desempenho dos animais, porém sem efeito antiparasitário. O segundo experimento utilizou três tratamentos com quatro repetições em cada um, durante 45 dias. Os tratamentos foram: aquaponia com alface (*Lactuca sativa*. CA), aquaponia com hortelã (CH) e cultivo de peixes sem vegetal (SP), mantendo-se a qualidade da água dentro das faixas de conforto para a tilápia do Nilo. Foram utilizados 22 juvenis, com peso médio inicial de 1,9 g  $\pm$  0,45. Nos tratamentos em associação com plantas, houve um significativo incremento no peso médio dos peixes (3,89 g  $\pm$  0,18 – CA; 4,15 g  $\pm$  0,17 – CH; e 3,49 g  $\pm$  0,18 – SP;  $p < 0,05$ ), bem como manutenção da qualidade da água para amônia (0,44 – CA; 0,38; e 1,25 – SP;  $p < 0,05$ ) e pH (6,86 – CA; 6,80 – CH; e 5,64 – SP;  $p < 0,05$ ), independentemente da espécie vegetal. Os índices parasitológicos não diferiram estatisticamente entre os três tratamentos. Conclui-se então que as plantas, como elemento de um sistema de cultivo de peixes, contribuem de forma efetiva para o desempenho dos animais, em especial, pelo controle na qualidade da água. Entretanto, não foi possível concluir que o exsudado das raízes de hortelã vergamota podem controlar a população de monogenoides de tilápia do Nilo.

**Palavras-chave:** Sistema aquapônico. Alelopatia. Ectoparasitas. Plantas medicinais.

## ABSTRACT

Plants release, by their roots, organic compounds with different properties and activities. It is known that *Mentha piperita* has residues released through its root system with allelopathic effect. Also it is known the antiparasitic effect of pepper mint in fish monogeneans. Aquaponics systems use the same water and determined structures to raise fishes and vegetables simultaneously. Then, the objective of this study is research whether bergamot mint (*Mentha X piperita* var *citrata*) controls a monogeneans infestation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by their roots exuded, in aquaponics system. Two trials were done. The first one was done in two treatments with four repetitions, with 30 Nile tilapias each. It was used juveniles whose mean weight was 7.7 g. The trial was 60 days long. The treatments were: without mint and with mint associated, in low quality water. It was observed an increase of 13.3% in the survival rate (although with parasites), as well biomass (11.3%), in which had mint, suggesting that plant contributed for animals' health and performance, but without antiparasitic effect. The second trial used three treatments with four repetitions each one, during 45 days. The treatments were: aquaponics with lettuce (*Lactuca sativa*; CA), aquaponics with bergamot mint (CH) and fish culture without vegetables (SP), in water with adequate quality for Nile tilapia. It was utilized 22 Nile tilapia juveniles, with  $1.9 \text{ g} \pm 0.45$  mean weight. In the treatments with plants associated, there was a significant increase in mean weight ( $3.89 \text{ g} \pm 0.18$  – CA;  $4.15 \text{ g} \pm 0.17$  – CH; e  $3.49 \text{ g} \pm 0.18$  – SP;  $p < 0.05$ ), as well water quality maintenance for ammonia ( $0.44$  – CA;  $0.38$ ; e  $1.25$  – SP;  $p < 0.05$ ) and pH ( $6.86$  – CA;  $6.80$  – CH; e  $5.64$  – SP;  $p < 0.05$ ), regardless of vegetable species. Parasitological indices did not differ statistically between the treatments. So, it can be concluded that plants, as fishfarm system factor, contribute in effect way, for the animals' performance, specially, by the quality water control. However, it is not possible to conclude that exudate of bergamot mint roots can control monogeneans population in Nile tilapia.

**Keywords:** Aquaponic system. Allelopathy. Ectoparasites. Medicinal plants.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Arranjo ideal dos componentes do sistema aquapônico (sem escala).....	15
Figura 02 – Filtro utilizado em cada aquário.....	24
Figura 03 – Suporte utilizado para sustentar as mudas de hortelã vergamota e isopor instalados no interior de um aquário.....	25
Figura 04 – Raízes de hortelã vergamota no início do experimento (esquerda) e ao longo do experimento (direita).....	27
Figura 05 – Espuma fenólica para germinação de sementes de alface umedecida com água de um aquário que continha hortelã vergamota. Destaque para manchas de óleo.....	27
Figura 06 – Suporte utilizado para sustentação das plantas.....	31
Figura 07 – Raízes e estolões crescendo internamente ao suporte.....	32
Figura 08 – Brânquias preparadas em lâmina para observação em microscópio ótico.....	32
Figura 09 – Monogenoide observado em microscópio ótico.....	33
Figura 10 – Muda de hortelã vergamota no início do experimento.....	34
Figura 11 – Hortelãs vergamota em um aquário ao fim do experimento.....	34
Figura 12 – Hortelãs vergamota cultivadas em suporte plástico no interior de aquários com tilápia do Nilo.....	34
Figura 13 – Destaque da raiz de hortelã vergamota cultivada em suporte plástico no interior de um aquário com tilápia do Nilo.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Parâmetros de qualidade da água médios observados após 42 de experimento. SH: sem hortelã; CH: com hortelã; TAN: amônia total; OD: oxigênio dissolvido.....	28
Tabela 02 – Resultados observados do efeito da hortelã vergamota cultivada junto a tilápia do Nilo. SH: tratamento sem hortelã; CH: tratamento com hortelã.....	28
Tabela 03 – Variáveis de qualidade da água observadas em cultivo experimental de tilápia do Nilo cultivada em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP).....	35
Tabela 04 – Variáveis de desenvolvimento ponderal de tilápia do Nilo observadas em cultivo experimental em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP).....	37
Tabela 05 – Índices parasitológicos observados em tilápias do Nilo em cultivo experimental em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP).....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEUA-UECE	Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará
DMSO	Dimetilsulfóxido
DO	<i>Dissolvedoxygen</i> (Oxigênio dissolvido)
EEEP	Escola Estadual de Educação Profissional
hs	Horas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
OD	Oxigênio dissolvido
PEIXE BR	Associação Brasileira da Piscicultura
PET	Polietileno tereftalato
pH	Potencial hidrogeniônico
PVC	Policloreto de vinila
TAN	Amônia total
W	Watt

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Aquaponia.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Alelopatia e plantas medicinais na piscicultura.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Hortelã como agente antiparasitário.....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>EXPERIMENTO-TESTE: EFEITO DA HORTELÃ VERGAMOTA (<i>Mentha X piperita</i> var <i>citrata</i>) NA SOBREVIVÊNCIA E PARASITOLOGIA DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>).....</b>	<b>23</b>
<b>5.1</b>	<b>Material e métodos.....</b>	<b>23</b>
5.1.1	Preparação dos animais experimentais.....	23
5.1.2	Procedimentos <i>in vivo</i> .....	23
5.1.3	Manejo do sistema.....	25
5.1.4	Análise parasitológica.....	25
<b>5.2</b>	<b>Resultados e discussões.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>COMPARAÇÃO DO EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE ALFACE (<i>Lactuca Sativa</i>) E DO EFEITO DO EXSUDADO DA HORTELÃ VERGAMOTA (<i>Mentha X piperita</i> var <i>citrata</i>) SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE TILÁPIA DO NILO (<i>Oreochromis niloticus</i>) E POPULAÇÃO DE PARASITAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA.....</b>	<b>30</b>
<b>6.1</b>	<b>Material e métodos.....</b>	<b>30</b>
6.1.1	Animais experimentais e inoculação dos parasitas.....	30
6.1.2	Procedimentos <i>in vivo</i> .....	30
6.1.3	Análise parasitológica.....	32
6.1.4	Análise estatística.....	33
<b>6.2</b>	<b>Resultados e discussões.....</b>	<b>33</b>
6.2.1	Desenvolvimento vegetal.....	33
6.2.2	Parâmetros de qualidade da água e desenvolvimento ponderal.....	35
6.2.3	Análise parasitológica.....	37

<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma atividade desenvolvida em todas as regiões do Brasil que tem contribuído para a geração de alimento e para a redução da pressão da pesca sobre as populações de peixes em ambiente natural. São várias as espécies produzidas em propriedades com diferentes níveis tecnológicos, dentre essas há as nativas, como, por exemplo, tambaqui, pacu e pirarucu, e algumas espécies exóticas, como carpa e, a principal espécie da piscicultura nacional, a tilápia, que sozinha representou, em 2018, 55,4% da produção total de peixes oriundos de cultivos (PEIXE BR, 2019).

Em uma publicação técnica, Faria *et al.* (2013), declara sobre as características da tilápia do Nilo:

As tilápias são de fácil reprodução, resistentes a doenças, tolerantes a baixos teores de oxigênio, aceitam altas taxas de densidade no viveiro, têm carne saborosa e poucos espinhos. Adapta-se a diferentes sistemas de criação e aceita grande variedade de alimentos, naturais ou ração.

O Estado do Ceará chegou a liderar a produção de tilápia do Nilo no Brasil por alguns anos, entretanto viu sua produção de peixes minguar de 36,3 mil toneladas em 2014 para 11,1 mil toneladas em 2018 (IBGE, 2020). Isso representa uma redução de 69,4% no volume produzido. Tal fato é devido ao prolongado período que o estado tem vivido com reduzidos índices pluviométricos. Segundo dados do Portal Hidrológico do Ceará (2020), o açude Castanhão, outrora figurando entre os maiores polos de tilapicultura do Brasil, no município de Jaguaribara-CE, a última vez que atingiu seu volume máximo foi em 2009 e, desde março de 2016, seu volume tem sido sempre inferior a 10,0%. O cenário de escassez de água é o mesmo em diversas bacias hidrográficas no Estado, fazendo com que desde 2015, segundo Oliveira e Almeida (2017), venha ocorrendo um movimento migratório dos piscicultores em direção a estados vizinhos, e forçando os que optaram por não sair de sua base a buscar tecnologias que diminuíssem o consumo de água, dentre estas, a aquaponia.

Esta técnica em aquicultura consiste na integração da produção de peixes em sistema de recirculação de água e a produção de vegetais em sistema hidropônico. A aquaponia tem se mostrado um sistema de produção de alimentos com grande potencial de crescimento, pois a disponibilidade de água para a

produção vegetal e animal em certas regiões é cada vez mais escassa, como na região Nordeste do Brasil. Nessas circunstâncias, a aquaponia coloca-se como uma opção interessante, visto que as restrições hídricas obrigam muitos empreendimentos a rever suas estratégias de produção e investir na adaptação da infraestrutura, visando, sobretudo, o uso mais racional da água (ONO e KUBITZA, 2003).

Entretanto, o desenvolvimento de sistemas de produção de peixes em sistemas de recirculação de água deve atentar para os problemas sanitários que surgem devido ao adensamento de animais e o acúmulo de matéria orgânica nos filtros e reservatórios. Um dos problemas mais recorrentes na produção de peixes em sistemas de recirculação são as parasitoses (KUBITZA, 2011).

A integração da produção entre peixes e vegetais deriva certas vantagens, como as citadas anteriormente, por exemplo, mas é possível que outros efeitos positivos dessa integração não sejam bem conhecidos. Algumas plantas medicinais já foram atestadas como benéficas também para a produção de peixes como agentes antiparasitários através da alimentação ou aplicação dos seus extratos na água, e podem atuar como componente vegetal em um sistema de aquaponia.

Embora o uso de óleos essenciais da hortelã (*Mentha piperita*) tenha sido testado como fitoterápico antiparasitário em peixes (HASHIMOTO, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2018), nenhum trabalho foi encontrado relatando algum efeito do exsudado desta planta sobre os ectoparasitas utilizando-a como componente do sistema de aquaponia. Entretanto, a pesquisa de Maia (2011) concluiu que a *M. piperita* libera resíduos através do sistema radicular, em cultivo convencional, que poderiam atuar como um antiparasitário em piscicultura.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aquaponia

A produção de peixes pode ser desenvolvida em sistemas intensivos com recirculação de água. Esses sistemas demandam equipamentos para o movimento de água através dos diferentes reservatórios e, por fim, a uma estrutura de depuração da água servida para então reiniciar o ciclo. A estrutura de depuração constitui-se em filtros químicos, físicos ou biológicos em associação ou isoladamente, dependendo do objetivo e porte da criação exercida. (RAKOCY, 2006)

A hidroponia consiste no cultivo de vegetais, alface, ervas, e especialmente hortaliças (espinafre, cebolinha, manjericão e agrião) e plantas com frutos (tomates, pimentões e pepinos) (DIVER e RINEHART, 2010), sem o contato com o solo. Os nutrientes necessários ao crescimento das hortaliças são adicionados em solução aquosa que circula por meio de tubulações bombeada por motores elétricos.

A aquicultura em sistemas de recirculação de água e a hidroponia necessitam de certos equipamentos em comum (bombas d'água, tubulações para circulação de água, reservatórios de água, por exemplo), fazendo com que possam ser desenvolvidas concomitantemente, caracterizando assim a aquaponia (RAKOCY, 2006; LOVE *et al.*, 2015. Figura 01). Sistemas de aquaponia ainda são pouco explorados comercialmente, entretanto já existem iniciativas tanto científicas como produtivas propondo-se a disseminar e aprimorar essa prática (JONES, 2002; LOVE *et al.*, 2015). A produção comercial em aquaponia ocorre tanto em ambientes controlados tais como estufas quanto em ambientes abertos, com clima favorável (LOVE *et al.*, 2015).

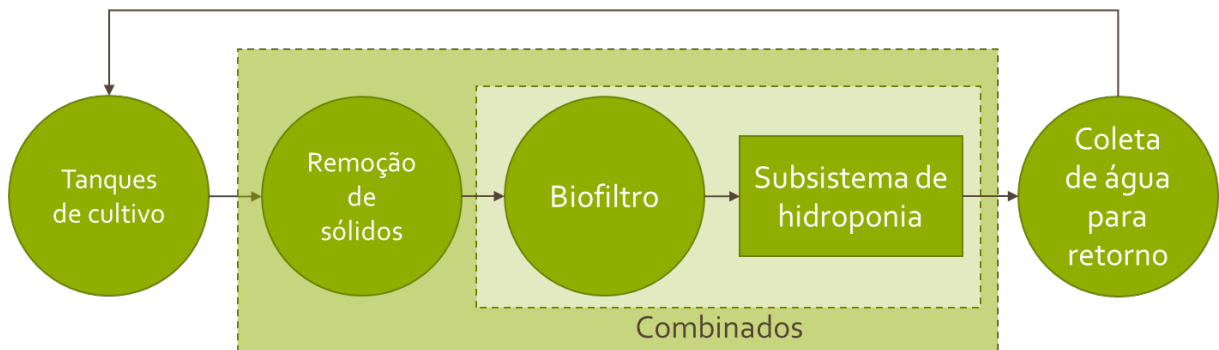
A aquaponia mimetiza os ciclos biológicos que há milênios reutilizam os mesmos compostos em diferentes níveis da cadeia trófica. Dessa maneira, o conceito de sustentabilidade aplica-se de forma efetiva em um sistema de aquaponia, pois os resíduos gerados pela aquicultura tornam-se nutrientes para as plantas (DIVER e RINEHART, 2010), diminuindo a geração de efluentes e a demanda por água no cultivo de peixes (KUBITZA, 2011).

No cultivo paralelo de peixes e vegetais, o alimento não utilizado pelos peixes e suas excretas compõem a matéria orgânica que será decomposta e liberará



nutrientes primários que são absorvidos pelas plantas. Esse processo de depuração da água favorece o seu reaproveitamento no sistema de piscicultura e não deixa que se percam para o ambiente nutrientes presentes na ração que poderiam causar eutrofização dos corpos d'água em condições extremas.

Figura 01 – Arranjo ideal dos componentes do sistema aquapônico (sem escala).



Fonte: adaptado de Rakocy, 2006.

Love *et al.* (2015) publicaram uma pesquisa na qual foram documentados os métodos de produção, os produtos gerados bem como a lucratividade de diferentes unidades comerciais de aquaponia nos Estados Unidos e em outros países. Os referidos autores relatam que há um interesse crescente na produção de alimentos próximos aos centros urbanos, vendida diretamente ao consumidor e a aquaponia é uma boa opção para atender tal demanda. Rakocy (2006) ainda salienta que a produção integrada de peixes e plantas requer menos terra do que os cultivos convencionais isoladamente.

Na produção em aquaponia, frequentemente utilizam-se espécies vegetais já adaptadas ao cultivo hidropônico devido à similaridade na forma em que os nutrientes estão disponíveis na água circulante, conforme Diver e Rinehart (2010). Os pesquisadores ainda citam alface (*Lactuca sativa*), dentre outras espécies, como bem adaptada ao sistema e que seus requisitos nutricionais são considerados baixos a médios, o que facilita seu cultivo. Como peixes cultivados em aquaponia, a tilápia do Nilo foi citada pelos autores como a principal escolha das unidades comerciais na América do Norte devido sua capacidade de crescer bem em sistemas de recirculação.

A integração da produção de peixes em recirculação de água e vegetais em hidroponia requer ajustes na biomassa animal e vegetal considerando a quantidade e qualidade dos nutrientes gerados pela piscicultura e a ação

decompositora das bactérias presentes no filtro (EMERENCIANO *et al.*, 2015). Um outro fator-chave da aquaponia é o conhecimento das interações que ocorrem entre os diferentes elementos do sistema: peixes, plantas, água e biofiltros (DIVER e RINEHART, 2010; SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Há diversos estudos que esclarecem o efeito do cultivo de peixes sobre o cultivo vegetal bem como ocorre a variação da qualidade da água em sistemas aquapônicos em diferentes combinações de espécies, estruturas e equipamentos (BUZBY, 2016; CASTELLANI, CAMARGO, ABIMORAD, 2009; KNAUS e PALM, 2017 e 2017b; LENNARD, LEONARD, 2004; TYSON, 2008). Tais pesquisas buscam soluções para a otimização da produção, procurando as melhores associações entre diferentes espécies animais e vegetais.

Por exemplo, Knaus e Palm (2017) compararam o crescimento de tomate e pepino cultivados em integração com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) ou carpa (*Cyprinus carpio*). Foi observado melhor crescimento de tomate (*Solanum lycopersicum*) em cultivo integrado com tilápia do Nilo enquanto o pepino (*Cucumis sativus*) desenvolveu-se melhor quando cultivado em associação com a carpa.

Em outro estudo, Knaus e Palm (2017b) verificaram a influência da espécie de peixe sobre o crescimento das plantas. Foi observado que a tilápia do Nilo (*O. niloticus*) apresentou biomassa menor ao mesmo tempo em que o manjerição (*Ocimum basilicum*) e a salsa (*Petroselinum crispum*) apresentaram um melhor rendimento comparado ao cultivo integrado com o bagre africano (*Clarias gariepinus*). Os resultados, segundo os autores, sugerem que a fisiologia dos peixes e uma diferente digestibilidade dos alimentos foi responsável por estas diferenças.

Sabe-se que a composição da ração administrada aos peixes bem como sua respectiva fisiologia são os principais fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes no sistema aquapônico e, portanto, o desenvolvimento vegetal (KNAUS e PALM, 2017b), o que indica uma das formas como o cultivo animal pode influenciar o cultivo vegetal.

Embora existam pesquisas que apontem os efeitos do cultivo de peixes sobre o desenvolvimento das plantas em sistema de aquaponia, pouco se sabe sobre o efeito que as plantas podem ter sobre o crescimento dos animais. Em uma revisão de literatura comentando acerca do bem-estar de peixes cultivados em sistemas aquapônicos, Yildiz *et al.* (2017) afirmam que as plantas consorciadas podem induzir alguns efeitos diretos nos peixes, pelo menos na teoria, através do

fenômeno conhecido como alelopatia<sup>1</sup>. Ainda segundo os autores, os efeitos alelopáticos podem ser positivos conforme a interação e concentração do elemento químico em questão.

## 2.2 Alelopatia e plantas medicinais na piscicultura

A atividade alelopática de muitas plantas tem sido utilizada na agricultura como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas, conforme Ferreira e Aquila (2000). Os mesmos autores esclarecem que todas as plantas produzem metabólitos secundários, que variam em qualidade e quantidade de espécie para espécie, influenciadas também pelos elementos do ambiente no qual estão expostas. As pesquisas focadas em avaliar a ação dos aleloquímicos baseiam-se no fato de haver espécies mais sensíveis que outras, como por exemplo alface (*L. sativa*) e tomate (*L. esculentum*), e, por isso, são muito usadas em biotestes de laboratório (FERREIRA E AQUILA, 2000).

A alelopatia pode ter uma importância ainda maior em sistemas aquapônicos, em comparação ao cultivo convencional de plantas e, ou hidroponia, visto que a quantidade de aleloquímicos produzidos pode ser maior em condições de deficiência mineral (ZIMDAL, 2007). A geração de nutrientes para as plantas está estreitamente relacionada à biomassa animal associada, e, conforme a razão entre ambas, pode causar falta ou excesso de minerais (RAKOCY, 2012).

Um dos possíveis efeitos alelopáticos das plantas cultivadas em sistema aquapônico, seria sobre a sanidade dos animais. Em um sistema de recirculação de água, devido ao adensamento de peixes, bem como o acúmulo de matéria orgânica, o surgimento de doenças é um dos fatores de insucesso comum a tais sistemas (KUBITZA, 2006).

Existem plantas que já têm sido utilizadas em piscicultura como fonte de compostos com efeito antiparasitário, antimicrobiano e antifúngico, através de seus extratos, conhecidos como fitoterápicos, como relatado na citação abaixo:

O controle de diferentes espécies de bactérias *Pseudomonas* ssp. e *Aeromonas* spp., redução de infecção por fungos, controle de *Trichodina* spp., *Ichthophthirius multifiliis* e monogenéticos vem sendo obtido em diversas espécies de peixes com o uso de diferentes fitoterápicos,

---

1 A alelopatia é definida como o efeito inibitório ou benéfico, direto ou indireto, de uma planta sobre outros organismos, via produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (VILELA, sem data)

considerados imunostimulantes, que aumentam a resistência dos peixes e estimulam respostas não-específicas do sistema imunológico (SCHALCH, FRANÇA e SILVA, 2015).

Várias espécies de plantas e seus extratos já foram testados e aprovados no tratamento de parasitas e outros patógenos em peixes. Hai (2015) em uma revisão sobre o uso de imunostimulantes em aquicultura cita que mais de 60 espécies de plantas medicinais foram estudadas com o objetivo de melhorar a saúde de peixes e no tratamento de doenças em aquicultura. Dentre estas, o autor cita babosa (*Aloe vera*), manjeriço-sagrado (*Ocimum sanctum*), alho (*Allium sativum*), gengibre (*Zingiber officinale*) e hortelã-pimenta (*M. piperita*).

Muitas pesquisas são realizadas buscando verificar se plantas já conhecidas na medicina popular, aplicadas principalmente ao tratamento de enfermidades em seres humanos, apresentam potencial para uso na aquicultura. Variados métodos são utilizados para se conhecer melhor a ação de extratos vegetais, de acordo com o efeito biológico esperado no tratamento (FIGUEIREDO, 2011). Por exemplo, Costa *et al.* (2017) avaliaram o efeito da oleorresina de *Copaifera duckei*, planta nativa da Amazônia conhecida como copaibeira, no controle de infecções por monogenóides em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Foi atestado que banhos com a oleorresina foi efetiva na concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> reduzindo em 45% a infestação por monogenóides. Os autores também verificaram que o tratamento não alterou os parâmetros hematológicos entre os tratamentos indicando que o composto utilizado é seguro para o pacu.

Hashimoto *et al.* (2016) observaram eficácia do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) e hortelã-pimenta (*M. piperita*) contra monogeneas parasitos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) em banhos de 10 minutos, três vezes ao dia, durante 24 horas. Os autores demonstraram pela primeira vez a eficiência dos óleos citados no controle de parasitas de peixes. Embora os óleos tenham sido eficientes no ataque aos parasitas, o óleo da *L. sidoides* causou alterações hematológicas enquanto o óleo da *M. piperita* pode ser usado na concentração de 40 mg L<sup>-1</sup> de forma segura.

O óleo essencial do manjeriço (*Ocimum gratissimum* L.) e gengibre (*Z. officinale* Rosc) adicionado à dieta foi avaliado por Brum *et al.* (2018). Os autores concluíram que, em uso moderado, os compostos citados podem gerar um efeito protetivo no fígado, tecidos cardíaco e branquial, reduzindo os danos causados pela

infecção da bactéria *Streptococcus agalactiae*.

Também foi testado o óleo essencial da hortelã-pimenta na alimentação de peixes, nesse caso, o tambaqui (*Colossoma macropomum*). Ribeiro *et al.* (2018) observaram redução na abundância de monogenóides em peixes que receberam 0,5 e 1,0% de óleo essencial. Os autores ainda concluíram que, na concentração estudada, embora houvesse ação anti-helmíntica do óleo essencial, não houve incremento na produção de leucócitos e na atividade da lisozima.

Figueiredo (2011) esclarece que os compostos fitoterápicos estimulam o sistema imune principalmente pelo incremento da resposta imune inata, ou seja, defesa não específica, fundamental para organismos aquáticos. O autor ainda diz:

Muitas dessas apresentam efeito antioxidante, que combate íons oxigênio e radicais livres produzidos pelo organismo do animal em condições de estresse. Assim, esses poderiam ser utilizados previamente a momentos em que os animais passariam por desafios, como os manejos estressantes em geral, aumentando sua defesa e reduzindo os efeitos do estresse.

Os tratamentos relatados nos estudos publicados utilizaram extratos, na maioria das vezes das folhas, ou adicionaram a planta, ou partes dela, à alimentação dos peixes (HAI, 2015). Entretanto, há a possibilidade de as raízes das plantas, em um sistema de aquaponia, liberar os mesmos compostos presentes em seus extratos, ou seja, pode-se aproveitar o efeito alelopático destas (YILDIZ *et al.*, 2017)

Pereira *et al.* (2015) afirmam que muitos trabalhos mostram os efeitos benéficos da parte aérea das plantas com propriedades medicinais para sistemas de produção de base agroecológica, entretanto, ressalta o autor, é na rizosfera que se concentra grande parte das interações benéficas ou não dos exsudados das raízes.

Os referidos autores ainda indicam que todos os vegetais, em maior ou menor escala, possuem a capacidade de liberar exsudatos radiculares, como açúcares, aminoácidos, peptídeos, enzimas, vitaminas, ácidos orgânicos, nucleotídeos, flavonóides, compostos alifáticos e aromáticos, íons, oxigênio livre, água, mucilagem e muitos outros metabólitos primários e secundários. Por exemplo, Maia *et al.* (2011) observaram que o cultivo prévio de *M. piperita* inibiu o desenvolvimento de plântulas de alface. Os autores utilizaram canteiros convencionais e perceberam que os monoterpenos presentes nas plantas do gênero *Mentha* foram responsáveis pelos resultados observados.

### 2.3 Hortelã como agente antiparasitário

Grandi (2014) descreve a hortelã-pimenta (*M. piperita* L.) como sendo originária do Oriente e uma planta herbácea com altura de 40 a 60 cm. A autora afirma que a hortelã possui odor forte, aromático e característico, multiplicando-se por estolões enraizados, ponteiros ou desdobramento de touceiras de uma planta adulta, sendo de fácil cultivo.

A *M. piperita* é amplamente utilizada como fonte de óleos essenciais. Felipe e Bicas (2017) esclarecem que, de forma geral, terpenos ou seus derivados constituem majoritariamente os óleos essenciais. Os autores ainda afirmam que tais substâncias se constituem como um extenso grupo de moléculas orgânicas produzidas como metabólitos secundários – principalmente em plantas – para evitar injúrias promovidas por agentes externos. Terpenos são hidrocarbonos possuindo esqueletos carbônicos derivados do isopreno [ $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$ ]. Podem ser subdivididos em hemiterpenos ( $\text{C}_5$ ), monoterpenos ( $\text{C}_{10}$ ), sesquiterpenos ( $\text{C}_{15}$ ), diterpenos ( $\text{C}_{20}$ ), triterpenos ( $\text{C}_{30}$ ), tetraterpenos (carotenoides,  $\text{C}_{40}$ ) e politerpenos ( $\text{C}_{5n}$ ) (IUPAC, 2019).

Segundo Rodrigues e Gonzaga (2001), o óleo essencial da *M. piperita* contém Mentol (30-55%), cineol (6-8%), mentona (14-32%), mentofurano, pineno, limoneno e mentonapiperitona. Muitos pesquisadores admitem que as plantas que sofrem estresses por fatores abióticos como temperatura, radiação, nutrientes e água, aumentam a produção de metabólitos secundários, gerando efeito alelopático (PIRES e OLIVEIRA, 2011). A produção e a composição dos óleos essenciais na *M. piperita* são diretamente influenciados pelo fotoperíodo mais longo (FRANZ *et al.*, 1984, *apud* PEGORARO, 2007).

Como citado anteriormente, Hashimoto *et al.* (2016) verificaram que banhos contendo óleos essenciais extraídos da *M. piperita* foram efetivos no tratamento contra monogenéticos.

Kubitza (2011b), falando sobre os tremátodos monogenéticos, esclarece:

São ectoparasitos do grupo dos platelmintos, presentes na maioria dos ambientes aquáticos e que podem infestar diversas espécies de peixes. Os monogenéticos possuem estruturas específicas, denominadas “haptor”, que dispõem de ganchos ou ventosas para a fixação nos hospedeiros. O *Gyrodactylus* e o *Dactylogyrus* são os monogenéticos mais frequentemente observados em tilápia do Nilo.

A referida autora ainda lembra que

Infestações destes parasitos no cultivo de [tilápia do Nilo] estão relacionadas à intensificação dos sistemas de produção, com o aumento na densidade de estocagem e nos níveis de arraçoamento, responsáveis pelo incremento na carga orgânica e redução na qualidade da água. Os monogenéticos são capazes de se reproduzir eficientemente sob condições de baixa qualidade de água e se aproveitam da queda de resistência dos peixes para causar sérias infestações. [...] Infestações de monogenéticos são comuns em pós-larvas e alevinos durante a reversão sexual em hapas e tanques.

Fica evidente, então, a possibilidade que as plantas medicinais, como componentes de um cultivo aquapônico, possuem de influenciar positivamente a sanidade dos animais adicionando constantemente à água compostos antiparasitários através de suas raízes. Comentando sobre a alelopatia em plantas aquáticas, Ferreira e Aquila (2000) ressaltam que no meio aquático os aleloquímicos movimentam-se com muito maior velocidade do que no solo, o que evidencia o potencial de plantas medicinais, cultivadas em integração com peixes, como controladoras de parasitas e promotoras da saúde dos animais.

Alternativas que busquem reduzir o uso de fármacos tais como substituição por fitoterápicos, têm ganhado cada vez mais atenção nos sistemas produtivos visto que produzem um menor impacto ambiental, reduzem a quantidade de resíduos químicos nos animais, são menos tóxicos e possuem diversas propriedades biológicas capazes de impedir o crescimento e disseminação de patógenos (HASHIMOTO, 2016, PERINO, KASHIWAQUI, MARCUSSO, 2017).

Outra vantagem que pode ser obtida da contínua adição de elementos antiparasitários ao sistema de produção, promovida pelo efeito alelopático de plantas medicinais, é a redução de fatores estressantes relacionados às intervenções profiláticas e terapêuticas, que podem até agravar o estado de saúde dos animais, muitas vezes bastante debilitados pela ação dos parasitos (SCHALCH, 2009).

Diante do exposto, observa-se que cabem ainda estudos que esclareçam a efetividade da ação alelopática do cultivo de plantas medicinais em sistema aquapônico sobre parasitas de peixes. Ressalte-se que não foram encontradas referências que tratassem do tema, o que justifica o desenvolvimento de trabalhos para avaliar se o exsudado das raízes de hortelã vergamota (*Mentha X piperita* var *citrata*) em aquaponia é capaz de controlar a população de vermes monogenoides de tilápia do Nilo (*O. niloticus*).



### 3 HIPÓTESE

Ectoparasitas de peixes cultivados em sistema de aquaponia são combatidos através dos aleloquímicos presentes no exsudado de raízes de plantas medicinais cultivadas em consórcio.

### 4 OBJETIVOS

#### 4.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do exsudado das raízes de hortelã vergamota (*M. X piperita* var. *citrata*) sobre uma infestação parasitária por monogenóides em peixes cultivados em sistema de aquaponia.

#### 4.2 Objetivos Específicos:

- a) Definir quantidade adequada de mudas de hortelã vergamota que podem ser utilizadas em cultivo experimental em aquários de 30 L bem como a biomassa respectiva de peixes;
- b) Observar os efeitos do uso de plantas em cultivo consorciado com peixes sobre os parâmetros de qualidade de água (OD, pH, amônia total e temperatura);
- c) Comparar o efeito do exsudado das raízes de hortelã vergamota com o das raízes da alface (*L. sativa*) na atividade antiparasitária (monogenóides);
- d) Comparar o desenvolvimento ponderal de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), infestados com monogenóides, cultivados em integração com hortelã vergamota com tilápias cultivadas em integração com alface (placebo) ou sem a presença de plantas associadas.



## **5 EXPERIMENTO-TESTE: EFEITO DA HORTELÃ VERGAMOTA (*Mentha X piperita var citrata*) NA SOBREVIVÊNCIA E PARASITOLOGIA DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Para ajustar a quantidade de mudas de hortelã em cada repetição, a biomassa animal e o uso das lâmpadas, foi realizado um experimento-teste. Além disso, foram testados o uso de aerador e de filtros.

### **5.1 Material e métodos**

#### 5.1.1 Preparação dos animais experimentais

Cerca de 600 alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) foram adquiridos de uma unidade de produção de juvenis de tilápia do Nilo no município de Itaitinga-Ce. Os peixes foram transportados para as instalações da Escola Estadual de Ensino Profissional José Ivanilton Nocrato (4°02'41.8"S 38°37'32.3"W), em Guaiúba-Ce. Os animais foram mantidos por 10 dias em água turva desprovida de filtragem e aeração no intuito de provocar estresse ambiental e levar à baixa imunológica visando à disseminação de parasitas entre indivíduos.

Os tratos aos quais foram submetidos os animais neste experimento, foram aprovados pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará – CEUA-UECE, Fortaleza, CE Brasil, sob o registro nº 8776923/2018.

#### 5.1.2 Procedimentos *in vivo*

Em 8 aquários com capacidade de 30 L, foram distribuídos 240 juvenis, com peso médio de 7,7 g, pertencentes ao grupo previamente preparado para inoculação dos parasitas. Os aquários dispunham de uma pedra porosa para aeração acoplada a um aerador, e hum (01) filtro composto por uma garrafa PET de 1,0 L, cascalho, um tubo central de PVC de diâmetro de 25 mm com um Joelho na parte superior e uma pedra porosa em seu interior para promover o movimento ascendente da água (filtro do tipo *airlift*, figura 02). O teste durou 60 dias e os animais foram pesados ao final para comparação do desenvolvimento ponderal.

Figura 02 – Filtro utilizado em cada aquário



Fonte: elaborada pelo próprio autor

Todos aquários receberam 2,0 g de ração comercial, contendo 32% de proteína bruta, em uma única porção diária. Os aquários foram distribuídos em 2 tratamentos:

- a) SH: aquários sem hortelãs;
- b) CH: aquários com 3 mudas de hortelã vergamota cada (*M. X piperita* var *citrata*).

As plantas utilizadas no teste foram obtidas em uma horta hidropônica comercial localizada no município de Eusébio (3°52'26.3"S 38°28'35.6"W). A massa fresca média das mudas de hortelã vergamota foi  $191,50 \pm 9,75$  g/tratamento CH. A água do abastecimento público, submetida a tratamento convencional, foi utilizada após ser deixada em repouso por pelo menos dois dias para volatilização do cloro residual.

As mudas de hortelã vergamota foram instaladas em suportes confeccionados com garrafas PET posicionadas horizontalmente das quais foram removidos o fundo e parte da tampa para promover maior circulação de água através das raízes. As plantas foram colocadas em uma abertura feita ao longo da garrafa. Para evitar o contato entre as folhas de hortelã e a água, foram colocados pedaços de isopor (figura 03).

As plantas receberam iluminação artificial com o uso de 4 lâmpadas fluorescentes de 90 cm de comprimento, 54 W de potência cada, funcionando por um período de 14 hs, acendendo às 5 h 30 e apagando às 19 h 30. As bancadas onde foram colocados os aquários foram cobertas com placas de isopor revestidas com papel alumínio para aumentar a incidência luminosa. As plantas foram

substituídas na medida em que as mudas do experimento morreram ou apresentavam sinais de senescência mais avançados.

Figura 03 – Suporte utilizado para sustentar as mudas de hortelã vergamota e isopor instalados no interior de um aquário



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

### 5.1.3 Manejo do sistema

Os filtros foram lavados com água corrente duas vezes por semana para remoção de resíduos sólidos. Foi feita a reposição da água que se perdia por evaporação para manter o volume de água constante. Procurou-se manter os parâmetros de qualidade da água abaixo da faixa indicada para o conforto animal para que os efeitos do tratamento CH fossem mais evidentes.

Dentre os parâmetros de qualidade da água, foram monitorados oxigênio dissolvido (OD) utilizando o aparelho JPB-607A DO analyzer, pH utilizando o pH Meter Model PHS-38 e amônia total, aferida através do kit Alfakit® – Alfakit, SC, Brasil. Os parâmetros iniciais foram: OD  $4,3 \pm 0,87$  mg/L; pH  $7,13 \pm 0,49$ ; TAN  $1,25 \pm 0,87$  mg/L.

### 5.1.4 Análise parasitológica

Foram realizadas análises parasitológicas em três momentos: no início do experimento, após 30 dias e após 60 dias. No 30º dia foram analisados 10 peixes em cada aquário. Na última análise, foram analisados outros 10 animais onde havia indivíduos suficientes, insensibilizados por secção cervical. Alguns aquários,

apresentaram mortalidade significativa e haviam menos de 10 animais para análise. Nesse caso, todos os restantes foram avaliados. Após o abate, as brânquias foram retiradas e observadas em microscópio ótico para contagem do número de parasitas e cálculo dos índices parasitológicos, segundo Bush *et al.* (1997). Foram determinados a prevalência<sup>2</sup>, intensidade média<sup>3</sup> e abundância média<sup>4</sup> de parasitas, em cada repetição.

Os valores iniciais para os índices parasitológicos foram determinados em uma amostra de peixes que pertenciam ao mesmo grupo do qual os animais utilizados no experimento foram retirados. Os índices foram: P = 87,5%; IM = 4,9; AM = 4,25.

## 5.2 Resultados e discussões

As primeiras mudas de hortelã utilizadas permaneceram nos aquários por 28 dias. A partir desse momento até o encerramento do teste, foram realizadas 4 trocas de mudas, assim que observado que não havia folhas vivas, para que cada aquário do tratamento CH permanecesse com hortelãs vigorosas durante o experimento. A massa fresca inicial média por repetição das mudas utilizada foi de  $669,25 \pm 118,86$  g e a massa fresca final foi de  $284,00 \pm 28,58$  g.

Percebeu-se que as raízes das plantas apresentavam ramos menos abundantes e mais curtos (figura 04), muito provavelmente devido a uma falha do suporte que deveria isolá-las mas permitiu às tilápia do Nilo alimentarem-se das mesmas. Mesmo com menor desenvolvimento das raízes da hortelã vergamota, foi possível visualizar seu exsudado na água coletada e destinada a um vasilhame sem agitação após 40 dias do início dos testes (figura 05).

---

2  $P = NI / N$  (P: prevalência; NI: número de hospedeiros infestados com 01 ou mais parasitas; N: número de hospedeiros amostrados)

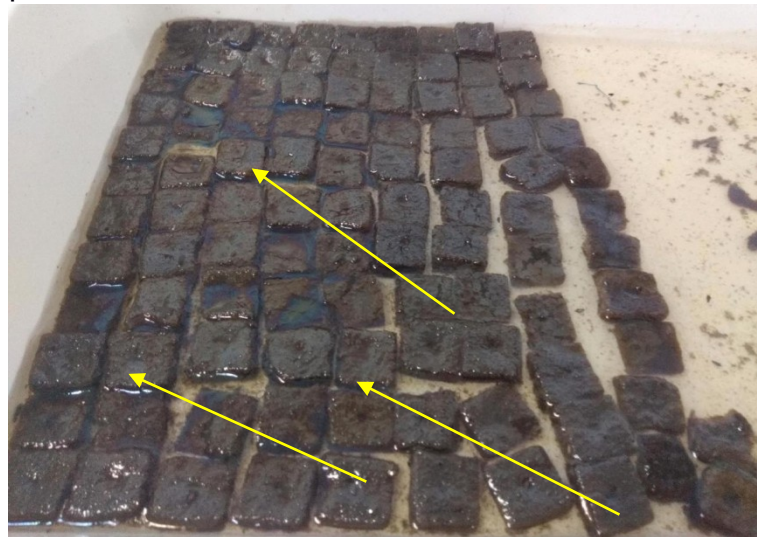
3  $IM = NP / NI$  (IM: intensidade média; NP: número de parasitas encontrados; NI: número de animais com pelo menos 01 parasita)

4  $AM = NP / N$  (AM: abundância média; NP: número de parasitas encontrados; N: número hospedeiros amostrados)

Figura 04 – Raízes de hortelã vergamota no início do experimento (esquerda) e ao longo do experimento (direita).



Figura 05 – Espuma fenólica para germinação de sementes de alface umedecida com água de um aquário que continha hortelã vergamota. Destaque para manchas de óleo.



Os parâmetros de qualidade da água excederam os limites para o conforto dos peixes cultivados ( $OD < 4,0$  mg/L;  $pH < 6,0$ , KUBITZA, 2011; SÁ, 2012), conforme pode ser verificado na tabela 01, onde constam os valores observados no 42º dia. Observados os parâmetros, decidiu-se realizar uma troca parcial de água para evitar a perda dos animais antes do encerramento do teste.

As análises de desenvolvimento ponderal, qualidade da água e parasitologia foram do tipo descritivas, sendo expressas pela média e desvio padrão. Os resultados do teste podem ser vistos na tabela 02.



Tabela 01 – Parâmetros de qualidade da água médios observados após 42 de experimento. SH: sem hortelã; CH: com hortelã; TAN: amônia total; OD: oxigênio dissolvido.

Tratamento	Parâmetro		
	TAN	OD	pH
SH	6,5 ± 0,0	3,8 ± 0,5	5,9 ± 0,3
CH	2,1 ± 1,7	1,7 ± 0,4	6,2 ± 1,0

O oxigênio dissolvido observado foi baixo e amônia total foi elevada (KUBITZA, 2011; SÁ, 2012). Entretanto, como o pH observado apresentou-se levemente ácido em ambos os tratamentos, não houve formação excessiva de amônia tóxica (SÁ, 2012). Foi observada mortalidade em todos os aquários.

Tabela 02 – Resultados observados do efeito da hortelã vergamota cultivada junto a tilápia do Nilo. SH: tratamento sem hortelã; CH: tratamento com hortelã.

	Tratamento	
	SH	CH
Mortalidade (%)	38,33 ± 17,32	15,00 ± 15,76
Biomassa (g)	289,00 ± 111,7	321,50 ± 77,40
Peso médio (g)	19,09 ± 0,73	14,57 ± 3,34
Amônia total (mg/L)	3,63 ± 2,25	1,33 ± 1,48
Oxigênio dissolvido (mg/L)	2,90 ± 0,47	1,48 ± 0,34
pH	6,53 ± 0,40	7,05 ± 0,42
Prevalência	0,25 ± 0,14	0,50 ± 0,18
Intensidade média	1,47 ± 0,41	2,53 ± 0,80
Abundância média	0,38 ± 0,21	1,37 ± 0,97

O pH, após a troca de água no 42º dia não chegou ao nível crítico para aquaponia, que é 6,0 (SOMERVILLE, 2014). Caso o pH se tornasse excessivamente ácido deixaria o processo de nitrificação menos eficiente (RAKOCY, 2012; SOMERVILLE, 2014). Outro problema que estaria associado à acidificação da água é que, caso o pH se torne inferior a 6,0, a tilápia do Nilo sofrerá estresse e demandará mais energia para o controle da concentração de H<sup>+</sup> de seus fluidos internos (SÁ, 2012).

Assim, observando os dados, conclui-se que:

- a) A biomassa de peixes utilizada foi excessiva, causando depleção da qualidade da água e mortalidade de animais;
- b) O suporte utilizado para a sustentação das plantas não foi eficiente para isolar as raízes fazendo com que os peixes tivessem acesso e utilizassem-nas como alimento, causando a morte das mudas de hortelã;
- c) Para perceber se há de fato ou não algum efeito do exsudado das raízes da hortelã vergamota sobre parasitas de peixes, é necessária a realização de um experimento que permita sua comparação com uma planta que não seja utilizada como fonte de compostos medicinais.

## 6 COMPARAÇÃO DO EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE ALFACE (*Lactuca sativa*) E DO EFEITO DO EXSUDADO DA RAIZ DE HORTELÃ VERGAMOTA (*Mentha X piperita var citrata*) SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) E POPULAÇÃO DE PARASITAS EM SISTEMA DE AQUAPONIA

### 6.1 Material e métodos

#### 6.1.1 Animais experimentais e inoculação dos parasitas

Foram adquiridos 360 alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) de um produtor no município de Guaiúba-CE. Os peixes foram transportados para as instalações da EEEP José Ivanilton Nocrato (4°02'41.8"S 38°37'32.3"W), no mesmo município onde foram mantidos por 10 dias em uma caixa d'água de 500 L com água turva provida apenas de aeração. Outros 10 peixes previamente expostos a monogenoides foram colocados no mesmo tanque para servirem como transmissores do parasita.

Os tratos aos quais foram submetidos os animais neste experimento, foram aprovados pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais da Universidade Estadual do Ceará – CEUA-UECE, Fortaleza, CE Brasil, sob o registro nº 8776923/2018.

#### 6.1.2 Procedimentos *in vivo*

Após o período de inoculação, os peixes foram distribuídos em 12 aquários com volume de 30 L recebendo, cada um, 22 animais com peso médio de 1,92 g ( $\pm 0,45$  g), comprimento total de 4,93 cm ( $\pm 0,37$  cm) e comprimento padrão de 3,87 cm ( $\pm 0,28$  cm). Todos aquários receberam 2 g de ração comercial, contendo 32% proteína bruta, em uma única porção diária, e aeração, variando a presença ou não de planta e a espécie de planta usada da seguinte forma:

- a) SP: peixes sem plantas;
- b) CA: peixes cultivados juntos à alface (*L. sativa*);
- c) CH: peixes cultivados juntos à hortelã (*M. X piperita var citrata*).

As plantas utilizadas no experimento eram oriundas de uma horta



hidropônica comercial localizada no município de Eusébio (3°52'26.3"S 38°28'35.6"W).

Em CA e CH, cada aquário recebeu 2 mudas, de alface e hortelã, respectivamente. O suporte utilizado para a sustentação das plantas consistia em uma garrafa PET de 2 L posicionada horizontalmente, perfurada nas laterais para a circulação de água de modo que os peixes não pudessem danificar as raízes (figuras 06 e 07). Foram feitos 2 orifícios de 40 mm de diâmetro, distanciados em 15 cm um do outro para que as plantas fossem fixadas.

A movimentação da água através do suporte foi promovida por uma pedra porosa conectada ao aerador posicionada abaixo do suporte. As plantas receberam iluminação artificial com o uso de 4 lâmpadas fluorescentes de 90 cm de comprimento, 54 W de potência cada funcionando por um período de 14 hs, acendendo às 5 h 30 e apagando às 19 h 30. As bancadas onde foram colocados os aquários foram cobertas com placas de isopor revestidas com papel alumínio para aumentar a incidência luminosa.

Dentre os parâmetros de qualidade da água, foram monitorados oxigênio dissolvido utilizando o aparelho JPB-607A DO analyzer, pH e temperatura com o equipamento pH Meter Model PHS-38 e amônia total (TAN) aferido através do kit Alfakit® – Alfakit, SC, Brasil. Os parâmetros iniciais de qualidade da água foram: OD  $3,93 \pm 0,31$  mg/L; temperatura  $25,7 \pm 0,33$  °C; pH  $7,25 \pm 0,6$ ; TAN  $0,75 \pm 0,3$  mg/L.

Figura 06 – Suporte utilizado para sustentação das plantas



Fonte: foto feita pelo próprio autor

Figura 07 – Raízes e estolões crescendo internamente ao suporte



Fonte: foto feita pelo próprio autor

### 6.1.3 Análise parasitológica

Após 45 dias de experimento, 10 peixes de cada repetição foram abatidos por secção cervical e em seguida as brânquias foram removidas e distribuídas em lâminas para observação em microscópio ótico (figura 08 e 09) e contagem do número de parasitas encontrados. Com isso, pode-se então determinar a prevalência<sup>5</sup>, intensidade média<sup>6</sup> e abundância média<sup>7</sup> de parasitas, conforme Bush *et al.* (1997), em cada repetição.

Figura 08 – Brânquias preparadas em lâmina para observação em microscópio ótico



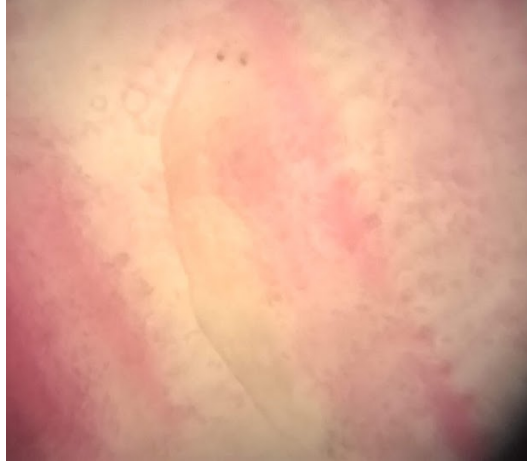
Fonte: elaborada pelo próprio autor.

5  $P = NI / N$  (P: prevalência; NI: número de hospedeiros infestados com 01 ou mais parasitas; N: número de hospedeiros amostrados)

6  $IM = NP / NI$  (IM: intensidade média; NP: número de parasitas encontrados; NI: número de animais com pelo menos 01 parasita)

7  $AM = NP / N$  (AM: abundância média; NP: número de parasitas encontrados; N: número hospedeiros amostrados)

Figura 09 – Monogenoide observado em microscópio ótico



Fonte: elaborada pelo próprio autor.

#### 6.1.4 Análise estatística

As variáveis foram submetidas aos testes de normalidade e heterogeneidade de variância para verificar os pressupostos da análise de variância. Em seguida, foram submetidos à análise de variância no software Statistical Analysis System (SAS). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. A análise de amônia e os índices parasitológicos não atenderam aos pressupostos da análise de variância, assim, foram analisados pelo teste Krukall-Wallis. Os valores foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão ( $p < 0,05$ ).

## 6.2 Resultados e discussões

### 6.2.1 Desenvolvimento vegetal

As hortelãs utilizadas permaneceram do início ao fim do experimento sem necessidade de troca de mudas enquanto as alfaces não apresentaram bom desenvolvimento e eventualmente necessitaram ser trocadas (figuras 10 a 13). As mudas de hortelã aparentaram uma coloração menos intensa do que o normal (clorose), indicando um possível desbalanço dos nutrientes em solução (LACERDA, ENÉAS FILHO, PINHEIRO, 2007). Ambas as espécies vegetais exibiram estiolamento, possivelmente em resposta à luminosidade (LACERDA, ENÉAS FILHO, PINHEIRO, 2007).



Figura 10 – Muda de hortelã vergamota no início do experimento



Figura 11 – Hortelãs vergamota em um aquário ao fim do experimento



Figura 12 – Hortelãs vergamota cultivadas em suporte plástico no interior de aquários com tilápia do Nilo



Figura 13 – Destaque da raiz de hortelã vergamota cultivada em suporte plástico no interior de um aquário com tilápia do Nilo.



### 6.2.2 Parâmetros de qualidade da água e desenvolvimento ponderal

Os tratamentos com plantas associadas (alface ou hortelã) apresentaram melhor qualidade da água em relação ao pH e amônia ( $p < 0,05$ ) enquanto temperatura e oxigênio dissolvido não diferiram estatisticamente na comparação entre os três tratamentos (tabela 03) e mantiveram-se dentro da faixa ideal para os peixes preconizada por Kubitzka (2011).

Tabela 03 – Variáveis de qualidade da água observadas em cultivo experimental de tilápia do Nilo cultivada em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP)

Parâmetro	Tratamento		
	CA	CH	SP
OD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	4,40 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>	4,53 $\pm$ 1,00 <sup>a</sup>	4,50 $\pm$ 0,52 <sup>a</sup>
Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	28,78 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	28,80 $\pm$ 0,42 <sup>a</sup>	28,88 $\pm$ 0,22 <sup>a</sup>
pH	6,86 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>	6,80 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>	5,64 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>
Amônia ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0,44 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	0,38 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	1,25 $\pm$ 0,50 <sup>b</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatística entre as colunas ( $p < 0,05$ ) comparadas pelo Teste de Tukey.

Os valores médios de amônia total em CA e CH foram de 0,44  $\text{mg L}^{-1}$  e 0,38  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. Em SP foi observado 1,25  $\text{mg L}^{-1}$  em média. A amônia total corresponde à soma da concentração do íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que é pouco tóxico, com a concentração da amônia não ionizada, também chamada de amônia tóxica ( $\text{NH}_3$ ), que por sua vez, apresenta toxicidade significativa para peixes, pois

pode fluir entre a água e o meio interno (sangue) do animal por difusão simples e comprometer a homeostase orgânica (SÁ, 2012). As formas de amônia podem ser convertidas entre si conforme o pH e temperatura do meio (SÁ, 2012). Em ambos os tratamentos, a amônia tóxica não atingiu a concentração limite para os cultivos aquícolas, que é de  $0,05 \text{ mg L}^{-1}$  (SÁ, 2012), conforme os valores médios para pH, que foram 6,86 em CA, 6,80 em CH e 5,64 em SP. Em todos os tratamentos, a temperatura média foi de  $28,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Deve-se ressaltar que segundo Boyd (1979, *apud* SÁ, 2012) em pH inferior a 7,00 e em temperatura entre 28 e  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , a concentração de amônia tóxica não chega a 1% da amônia total.

Cada elemento do sistema aquapônico tem uma faixa de tolerância diferente às variações de pH (SOMERVILLE, 2014). O pH interfere diretamente sobre: a absorção de nutrientes, por parte das plantas (ideal 6,0 a 6,5); oxidação da amônia a nitrato, por parte das bactérias nitrificantes (ideal 7,0 a 8,3); bem-estar dos peixes cultivados, sendo que cada espécie tem uma faixa adequada, variando entre 6,0 e 8,5; e, balanço entre  $\text{NH}_3$  e  $\text{NH}_4^+$  (SÁ, 2012; SOMERVILLE *et al.*, 2014; YILDIZ *et al.*, 2017). Considerando as particularidades dos componentes de uma unidade de aquaponia, é recomendado manter o pH entre 6,0 e 7,0 (SOMERVILLE *et al.*, 2014), justamente o que foi observado nos tratamentos nos quais haviam plantas associadas (CA e CH).

No tratamento SP, o pH atingiu um valor no qual, além de ser estressante às tilápia do Nilo, as bactérias nitrificantes apresentam menor atividade, o que contribui para a maior concentração de amônia total. Outro fator que favoreceu o acúmulo de amônia em SP, foi a ausência de plantas, que atuam como removedoras de amônia (SOMERVILLE, 2014). De fato, as plantas, em um sistema de aquaponia, podem atuar em substituição aos biofiltros, essenciais em sistemas de cultivo de peixes em recirculação de água, assim como relata Rakocy (2012). O referido autor descreve que em um cultivo experimental aquapônico no qual as plantas são sustentadas por placas flutuantes (*rafts*), essas substituíram os biofiltros convencionais pois foram capazes de controlar amônia e matéria orgânica, mensurada através da Demanda Química de Oxigênio e Demanda Bioquímica de Oxigênio.

O peso médio foi significativamente maior nos tratamentos com plantas associadas, não diferindo estatisticamente entre si. Em CA e CH foi constatado um peso médio de 3,89 g e 4,16 g respectivamente (tabela 04). No tratamento SP o

peso médio foi de 3,49 significativamente menor em comparação aos outros tratamentos. As diferenças entre os tratamentos estão diretamente associadas aos benefícios da integração de plantas e peixes, garantindo uma melhor qualidade de água, nesse caso, em termos de pH. Para a tilápia do Nilo, o pH deve ser mantido entre 6,0 e 8,5 para manutenção de sua homeostase e, conseqüentemente, o desenvolvimento pleno (KUBITZA, 2011; SÁ, 2012). O que explica o fato de o pH da água ter sido controlado pelas plantas é, como relatado anteriormente, o incremento na remoção de matéria orgânica e, conseqüentemente, redução do aporte de CO<sub>2</sub> na água de cultivo, um acidificante da água (RAKOCY, 2012; SÁ, 2012).

Tabela 04 – Variáveis de desenvolvimento ponderal de tilápia do Nilo observadas em cultivo experimental em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP)

Parâmetro	Tratamento		
	CA	CH	SP
Peso (g)	3,89 ± 0,18 <sup>a</sup>	4,15 ± 0,17 <sup>a</sup>	3,49 ± 0,18 <sup>b</sup>
Comprimento Total (cm)	5,84 ± 0,22 <sup>a</sup>	5,93 ± 0,29 <sup>a</sup>	5,72 ± 0,17 <sup>a</sup>
Comprimento Padrão (cm)	4,59 ± 0,17 <sup>a</sup>	4,67 ± 0,20 <sup>a</sup>	4,48 ± 0,08 <sup>a</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatística entre as colunas ( $p < 0,05$ ) comparadas pelo Teste de Tukey.

### 6.2.3 Análise parasitológica

Os índices parasitológicos, ao fim da fase de preparação dos animais, previamente ao experimento, foram: prevalência de 60%, intensidade média de 3 parasitas/animal e abundância média de 1,8 parasitas/animal.

Na tabela 05 constam os índices parasitológicos médios observados em cada tratamento após 45 dias de experimento. Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos.



Tabela 05 – Índices parasitológicos observados em tilápias do Nilo em cultivo experimental em consórcio com alface (CA), ou hortelã vergamota (CH) ou sem plantas (SP)

Índice Parasitológico	Tratamento		
	CA	CH	SP
Prevalência	0,33 ± 0,40	0,20 ± 0,08	0,30 ± 0,21
Intensidade média	0,57 ± 0,55	0,35 ± 0,19	0,50 ± 0,53
Abundância média	2,17 ± 0,76	1,75 ± 0,50	1,54 ± 0,63

Observação: não houve diferença estatística entre as colunas ( $p < 0,05$ ) comparadas pelo Teste de Tukey.

Hashimoto *et al.* (2016), em um experimento utilizando juvenis de tilápia do Nilo pesando  $9,76 \pm 0,48$  g e óleos essenciais de *M. piperita* ( $40,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) e *L. sidoides* ( $20 \text{ mg L}^{-1}$ ) aplicando-os em 3 banhos de imersão de 10 min com 24 h de intervalo, encontrou valores semelhantes para prevalência. A autora, em seu tratamento contendo apenas água encontrou prevalência de 57,5% e no tratamento contendo água com dimetilsulfóxido (DMSO), 60,0%, assim como o encontrado na fase de preparação dos peixes do presente experimento. Enquanto o valor médio para prevalência, considerando todos os tratamentos, foi de 27,2%, após a aplicação dos banhos de imersão, Hashimoto e sua equipe verificou uma prevalência de 25,0% e 27,5% para *L. sidoides* e *M. piperita*, respectivamente. Ressalte-se que a qualidade da água em que Hashimoto *et al.* mantiveram seus animais era baixa, com destaque para o pH de  $5,86 \pm 0,6$  e amônia  $3,00 \pm 1,01 \text{ mg L}^{-1}$ . Os autores também verificaram que não houve diferença significativa entre o tratamento com *M. piperita* e o tratamento sem adição de nenhum composto para intensidade média e abundância média. Comparando ambos os resultados, pode-se inferir que, quando os parâmetros de qualidade da água são trazidos à faixa de conforto da tilápia do Nilo, podem gerar impacto semelhante ao tratamento com óleos essenciais para a prevalência de monogenoides em tilápia do Nilo.

Aguirre-Fey *et al.* (2015) avaliaram a dinâmica populacional de 3 espécies de monogenéticos observados em tilápia do Nilo mantidas sob condições de cultivos convencionais (i.e., sem condições experimentais controladas), monitoradas durante 01 ano e constataram uma correlação negativa na prevalência e abundância com a temperatura da água. Durante os meses de junho, julho e agosto, nos quais a temperatura da água esteve entre 27 e 30 °C, na cidade de Veracruz, no México, os autores registraram abundância média de  $0,8 \pm 0,44$ , 0 e  $2,4 \pm 0,78$ , respectivamente



em tilápia do Nilo comuns, valores estes próximos aos encontrados no experimento em discussão.

Por outro lado, Costa *et al.* (2017) constataram, 100% de prevalência em juvenis de pacu ( $75,25 \pm 14,47$  g) imediatamente após o banho com oleorresina de *C. dukei* e 7 dias depois do tratamento a  $10 \text{ mg L}^{-1}$  e  $50 \text{ mg L}^{-1}$ . Segundo os autores, o efeito observado sobre a população de monogenoides se deu, em especial, sobre a intensidade média imediatamente após a aplicação do extrato e, a avaliação após 7 dias, não constatou diferença significativa entre os tratamentos.

Ribeiro *et al.* (2018) também relataram prevalência de 100% em juvenis de tambaqui ( $36,0 \pm 7,7$  g) mesmo após serem alimentados por 30 dias com uma dieta contendo diferentes níveis de óleo essencial extraído da *M. piperita*. Os resultados relatados pelos autores indicam que, quando a dieta continha 1,0% do óleo essencial, a abundância média foi de  $80,5 \pm 38,7$  enquanto no tratamento controle (0,0% de óleo essencial), foi observado  $967,1 \pm 361,6$  para o mesmo índice.

Eiras (1994, *apud* ONAKA, 2009) afirma que a abundância populacional de *Gyrodactylus* spp. é geralmente maior nos meses de inverno e outono quando as temperaturas são mais baixas, assim como observado pela equipe de Aguirre-Fey (2015), que relataram prevalência de 100% entre os meses de outubro e abril, nos quais a temperatura variou na faixa de 20 a 25 °C. O relato da equipe é explicado pelo fato de o conforto térmico da tilápia do Nilo, assim como a maioria dos peixes tropicais, se situar na faixa 26 a 30 °C (KUBITZA, 2011b). Em temperaturas inferiores, há uma depressão do sistema imunológico da tilápia do Nilo, o que favorece a infestação por parte dos monogenoides (BOWDEN, 2008, KUBITZA, 2011b).

Citado anteriormente, Eiras lembra ainda que além da temperatura, as condições de estresse do hospedeiro, podem também influenciar positivamente o número de parasitas nos peixes. Tal fato foi observado no presente experimento pois a prevalência baixou de 60%, logo após a fase de inoculação em água com baixa qualidade, para 27,3% após o experimento em aquários.

Os resultados comentados anteriormente, bem como os resultados obtidos no presente experimento, evidenciam a baixa susceptibilidade da tilápia do Nilo à infestação por monogenoides em temperaturas da água próximas a 30 °C e com parâmetros de qualidade dentro da faixa ideal.

Apesar de não ter sido observado que o cultivo consorciado de hortelã vergamota com peixes exerce algum efeito sobre a população de monogenóides em tilápia do Nilo, está demonstrado que a presença de plantas melhora a taxa de crescimento deste peixe além de atuar como controlador da qualidade da água, com enfoque na amônia total e pH, da piscicultura.

## **7 CONCLUSÃO**

A hipótese de que o exsudado das raízes da hortelã vergamota pode controlar a população de parasitas monogenéticos em tilápia do Nilo não foi confirmada.

Entretanto, fica evidente a capacidade que a hortelã vergamota e a alface, como elementos de um sistema de aquaponia, possuem de:

- a) Controlar a qualidade da água em um sistema de aquaponia, nesse caso refletida sobre o pH e os níveis de amônia;
- b) Incrementar o ganho de peso da tilápia do Nilo.

## **8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso de fitoterápicos na aquicultura é uma tendência hoje em dia devido suas vantagens citadas anteriormente, entretanto, sua eficácia, formas de ação, interação com o peixe e parasitas, dentre outros aspectos precisam ser melhor investigadas. A aquaponia é uma outra possibilidade a ser explorada no desenvolvimento de sistemas aquícolas. Não foi encontrado registro bibliográfico que elucide as interações que ocorrem em cultivo consorciado de plantas medicinais e a sanidade de peixes. Esse estudo foi uma tentativa de esclarecer essa interseção entre dois campos emergentes da aquicultura.

Haviam relatos não bibliográficos de que, em sistema aquapônico, é visível o exsudado que hortelãs liberam para a água, assim como demonstrado no presente estudo, e que peixes cultivados em consórcio com hortelã crescem mais saudáveis. Tais constatações são indicativas de que há muito o que ser entendido sobre a interação entre plantas medicinais cultivadas em aquaponia e sanidade de peixes.

Em estudos posteriores recomenda-se não utilizar tilápia do Nilo em temperatura da água entre 26 e 30 °C, pois, conforme constatado e corroborado por outras referências, nessa faixa de temperatura, até mesmo o efeito da aplicação de óleos essenciais concentrados após extração, pode confundir-se com o efeito da qualidade da água.

Sugestões para estudos posteriores são:

- a) Garantir uma nutrição mais equilibrada das plantas para que as mesmas possam produzir mais intensamente seus compostos orgânicos;
- b) Utilizar iluminação mais intensa;
- c) Utilizar mais mudas de plantas em cada tratamento;
- d) Induzir a produção de terpenos nas plantas pela manipulação do ambiente.

## REFERÊNCIAS

- AGUIRRE-FEY, D., BENÍTEZ-VILLA, G.E., LEÓN, G.P.P., RUBIO-GODOY, M. **Population dynamics of *Cichlidogyrus* spp. And *Scutogyrus* sp. (Monogenea) infecting farmed tilapia in Veracruz, Mexico.** *Aquaculture*, vol. 443, 2015.
- BOWDEN, T.J. **Modulation of the immune system of fish by their environment.** *Fish & Shellfish Immunology*, Volume 25, Edição 4, 2008.
- BRUM, A., CARDOSO, L., CHAGAS, E.C., CHAVES, F.C.M., MOURIÑO, J.L.P., MARTINS, M.L. **Histological changes in Nile tilapia fed essential oils of clove basil and ginger after challenge with *Streptococcus agalactiae*.** *Aquaculture*, vol. 490, 2018.
- BUSH, A.O., LAFFERTY, K.D., LOTZ, J.M., SHOSTAK, A.W. **Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited.** *Journal of Parasitology*, 83 (1997), pp. 575-583.
- BUZBY, K.M., WATERLAND, N.L., SEMMENS, K.J., LIN, L.S. **Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system.** *Aquaculture*, vol. 460, 2016.
- CASTELLANI, D., CAMARGO, A.F.M., ABIMORAD, E. G. **Aquaponia: aproveitamento do efluente do berçário secundário do Camarão-da-Amazônia (*Macrobrachium amazonicum*) para produção de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Rorippa nasturtium aquaticum*) hidropônicos.** *Bioikos*, Campinas, 23(2):67-75, jul./dez., 2009.
- COSTA, J.C, VALLADÃO, G.M.R., PALA, G., GALLANI, S.U., KOTZENT, S., CROTTI, A.E.M., FRACAROLLI, L., SILVA, J.J.M., PILARSKI, ***Copaifera duckei* oleoresin as a novel alternative for treatment of monogenean infections in pacu *Piaractus mesopotamicus*.** *Aquaculture*, vol. 471, 2017.
- DIVER, S, RINEHART, L. **Aquaponics—Integration of Hydroponics with Aquaculture, Published 2006.** National Sustainable Agriculture Information Service. Butte, MT, Estados Unidos da América, 2010. Disponível em: [www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html](http://www.attra.ncat.org/attra-pub/aquaponic.html). Acesso em 28 jul. 2018.
- EMERENCIANO, M.G.C., MELLO, G.L. de, PINHO, S.M., MOLINARI, D., BLUM, M.N. **AQUAPONIA: uma alternativa de diversificação na aquicultura.** *Panorama da Aquicultura*, Rio de Janeiro, RJ, vol. 25, nº 147, 2015.
- FARIA, R.H.S., MORAIS, M., SORANNA, M.R.G.S., SALLUM, W.B. **Manual de criação de peixes em viveiro.** Brasília: Codevasf, 2013.
- FELIPE, L.O. e BICAS, J.L. **Terpenos, aromas e a química dos compostos naturais.** *Química Nova na Escola*. São Paulo-SP. Vol 39, nº 2, p. 120-130, maio 2017.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. **Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, Campinas, SP, v.12, p.175-204, 2000. Edição especial.

FIGUEIREDO, H.C.P. **O uso de Fitoterápicos na Aquicultura**. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, RJ, vol. 21, nº 124, 2011.

GRANDI, T.S.M. **Tratado das plantas medicinais: mineiras, nativas e cultivadas**. 1ª ed. Belo Horizonte: Adaequatio Estúdio, 2014. 1204 p.: il. color.

HAI, H.V. **The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review**. Aquaculture, vol. 446, 2015.

HASHIMOTO, G.S.O., NETO, F.M., RUIZ, M.L., ACCHILE, M., CHAGAS, E.C., CHAVES, F.C.M., MARTINS, M.L. **Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia**. Aquaculture, vol. 450, 2016.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM**. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 11 jan. 2020.

IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**, 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997). Online version (2019-) created by S. J. Chalk.

JERÔNIMO, G.T., FRANCESCHINI, L., ZAGO, A.C., SILVA, R.J., PÁDUA, S.B., VENTURA, A.S., ISHIKAWA, M.M., TAVARES-DIAS, M., MARTINS, M.L. **Parasitas de peixes Characiformes e seus híbridos cultivados no Brasil in Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.

JONES, S. **Evolution of Aquaponics**. Aquaponics Journal, Volume VI, No. 1, p. 14-17, 2002.

KNAUS, U., PALM, H.W. **Effects of the fish species choice on vegetables in aquaponics under spring-summer conditions in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania)**. Aquaculture, vol. 473, 2017.

KNAUS, U., PALM, H.W. **Effects of fish biology on ebb and flow aquaponical cultured herbs in northern Germany (Mecklenburg Western Pomerania)**. Aquaculture, vol. 446, 2017b.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**, 2ª Edição. Jundiaí: F. Kubitza, 2011.

KUBITZA, L.M.M. **Principais enfermidades na criação de tilápias in Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**, 2ª Edição. Jundiaí: F. Kubitza, 2011b.

KUBITZA, F. **Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água.** Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, RJ, vol. 16, nº 95, p. 15-22, 2006.

LACERDA, C.F., ENÉAS FILHO, J., PINHEIRO, C.V. **Apostila de Fisiologia Vegetal.** Fortaleza, Ceará. 2007. Disponível em <http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/apostila.htm>. Acesso em 20 dez. 2019.

LENNARD, W.A., LEONARD, B.V. **A comparison of reciprocating flow versus constant flow in na integrated, gravel bed, aquaponic test system.** Aquaculture International, Cork, Ireland, v. 12, 2004.

LOVE, D.C., FRY, J.P., LI, X., HILL, E.S., GENELLO, L., SEMMENS, K., THOMPSON, R.E. **Commercial aquaponics production and profitability: Findings from na international survey.** Aquaculture, vol. 435, 2015.

MAIA, J.T.L.S., BONFIM, F.P.G., BARBOSA, C.K.R., GUILHERME, D.O., HONÓRIO, I.C.G., MARTINS, E.R. **Influência alelopática de hortelã (*Mentha x villosa* Huds.) sobre emergência de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.).** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Paulínia, SP, v.13, n.3, 2011.

OLIVEIRA, E.G., ALMEIDA, S.A.A. **O açude Castanhão e a cadeia produtiva da tilápia.** Aquaculture Brasil, Laguna, SC, ed. 9, 2017.

ONAKA, E.M. **Principais parasitoses água doce no Brasil em peixes de água doce no Brasil in Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo.** Tavares-Dias, M. (Organizador). Embrapa Amapá, Macapá. 2009.

ONO, E. A., KUBITZA, F. **Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes Parte 4 – O reaproveitamento da água e o manejo do solo.** Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, RJ, vol. 13, nº 75, p. 17-27, 2003.

PEGORARO, R.L. **Avaliação do crescimento e produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* l. Var. *Piperita* (lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição.** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2007.

PEIXE BR. **Anuário Peixe BR da piscicultura 2019.** São Paulo, SP. Disponível em <https://www.peixebr.com.br/Anuario2019/AnuarioPeixeBR2019.pdf>, acesso em 11 jan. 2020.

PEREIRA, T.S., VIDAL, M.C., RESENDE, F.V. **Efeito de solo previamente cultivado com plantas aromáticas na germinação e no desenvolvimento inicial de alface.** Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Campinas, v.17, n.4, p.543-549, 2015.

PERINO, V.S., KASHIWAQUI, L.A., MARCUSSO, P.F. **Uso de fitoterápicos na piscicultura.** Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública. UEM, Umuarama, PR, v. 4, Suplem. 2, 2017.

PIRES, N.M., OLIVEIRA, V.R. **Alelopátia in Biología e Manejo de Plantas Daninhas**. R.S. Oliveira Jr. et al. (Eds.), Curitiba, PR, Omnipax, 2011.

PORTALHIDROLÓGICO DO CEARÁ. **Castanhão**. Fortaleza, CE. Disponível em <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em 11 jan. 2020.

RAKOCY, E. J., MASSER M. P., LOSORDO, T. M. **Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture**. Southern Regional Aquaculture Centre. Publication n°. 454. Stoneville, MS, Estados Unidos da América, 2006.

RAKOCY, E. J. **Aquaponics — Integrating Fish and Plant Culture in Aquaculture production systems**. TIDWELL, J.H. (Editor). Editora Willey-Blackwell, 2012.

RIBEIRO, S.C., MALHEIROS, D.F., GUILOZKI, I.C., MAJOLO, C., CHAVES, F.C.M., CHAGAS, E.C., ASSIS, H.C.S de, TAVARES-DIAS, M., YOSHIOKA, E.T.O. **Antioxidants effects and resistance against pathogens of *Colossoma macropomum* (Serassalmidae) fed *Mentha piperita* essential oil**. Aquaculture, vol. 490, 2018.

RODRIGUES, V.G.S., GONZAGA, D.S.O.M. **Hortelã-pimenta (*Mentha x piperita* L.)**. Folder 09 - Série "Plantas Mediciniais", Embrapa, Porto Velho, RO, 2001. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100662/1/folder-hortela-pimenta.pdf>. Acesso em 22 out. 2019.

SÁ, M.V.C. **Limnocultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza, Edições UFC, 2012.

SCHALCH, S.H.C., FRANÇA, F.M., SILVA, S.M.P da. **Fitoterápicos na piscicultura: revisão comentada in Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). São Carlos, SP, Editora Pedro & João, 2015.

SCHALCH, S.H.C., TAVARES-DIAS, M., ONAKA, E.M. **Principais métodos terapêuticos para peixes em cultivo in Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. TAVARES-DIAS, M. (Organizador). Embrapa, 2009.

SILVA, J. W. B. **Tilápias: biología e cultivo. Evolução, situação atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SOMERVILLE, C., COHEN, M., PANTANELLA, E., STANKUS, A. & LOVATELLI, A. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Roma, Itália. FAO, 2014. 262 pp.

TYSON, R.V.; SIMONNE, E.H.; TREADWELL, D.D.; WHITE, J.M.; SIMONNE, A. **Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters**. HortScience, Alexandria, VA, Estados Unidos da América, v. 43, 2008.

VILELA, H. **Alelopatia e os agrossistemas**. Disponível em [http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos\\_alelopatia\\_e\\_os\\_agrossistemas.html](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_alelopatia_e_os_agrossistemas.html). Acesso em 11 fev. 2018.

YILDIZ, H.Y., ROBAINA, L., PIRHONEN, J., MENTE, E., DOMÍNGUEZ, D. PARISI G. **Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with na Emphasis on Feed and Faeces—A Review**. *Water*, 2017, 9, 13.

ZIMDAL, R.L. **Allelopathy in Fundamentals of weed Science**, 3ª edição. Academic Press, 2007.