

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DE PRODUTOS
COMERCIAIS CONTENDO EXTRATOS NATURAIS DE
ALLIUM OU *CINNAMOMUM* NA INIBIÇÃO DE BACTÉRIAS
PATOGENICAS DE PEIXES

Discente: Ericson Augusto Bordinassi

Orientadora: Dra. Fabiana Pilarski

Coorientador: Me. Daniel de Abreu Reis
Ferreira

Jaboticabal-SP

1º Semestre/2025

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA EFICÁCIA DE PRODUTOS COMERCIAIS
CONTENDO EXTRATOS NATURAIS DE ALLIUM OU CINNAMOMUM NA
INIBIÇÃO DE BACTÉRIAS PATOGÊNICAS DE PEIXES**

Ericson Augusto Bordinassi

Orientadora: Dra. Fabiana Pilarski
Coorientador: Me. Daniel de Abreu
Reis Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso (Iniciação Científica) apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para graduação em Zootecnia.

Jaboticabal - SP
1º Semestre/2025

B729a Bordinassi, Ericson Augusto
Avaliação comparativa da eficácia de produtos comerciais contendo extratos naturais de *allium* ou *cinnamomum* na inibição de bactérias patogênicas de peixes / Ericson Augusto Bordinassi. -- Jaboticabal, 2025
39 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Fabiana Pilarski
Coorientadora: Maria Célia Portella

1. Aquicultura. 2. Bactéria. 3. Inibição. 4. Infecções Bacterianas. I. Título.

NOME COMPLETO DO AUTOR

Ericson Augusto Bordinassi

TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: Avaliação comparativa da eficácia de produtos comerciais contendo extratos naturais de *Allium* ou *Cinnamomum* na inibição de bactérias patogênicas de peixes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Pilarski
Coorientador: MSc. Daniel de Abreu Reis Ferreira
Coorientadora: Profa. Dra. Maria Célia Portella

Área de Concentração: Aquicultura

Data da defesa: 03/07/2025


(X) Aprovado

() Reprovado


Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
FABIANA PILARSKI
Data: 03/07/2025 17:02:42-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Fabiana Pilarski
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

 Documento assinado digitalmente
TAVANI ROCHA CAMARGO
Data: 03/07/2025 18:48:59-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. Tavani Rocha Camargo
Sample Inovação e Biotecnologia na Produção Animal

 Documento assinado digitalmente
THALYS VINICIUS CRUZ
Data: 03/07/2025 17:45:49-0300
verifique em <https://validar.itl.gov.br>

MSc. Thalys Vinicius Cruz
UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Câmpus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: / /

 Assinado de forma digital por
Leonardo Susumu
Takahashi:27303089896
Dados: 2025.08.04 14:23:10
-03'00'

Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi
Coordenador Executivo do Caunesp

EPÍGRAFE

“A todos os que invariavelmente
fazem o melhor que podem, o pior não acontecerá.”
(BRYAN FORBES, 1926 – 2013)

OFERECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, Antônio e Cleonice, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui. A todos, o meu muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à minha orientadora, Prof^a Dra. Fabiana Pilarski, pela orientação, apoio e pela confiança depositada em meu trabalho. Estendo meus agradecimentos ao coorientador Daniel, por sua disponibilidade, contribuições valiosas e suporte técnico durante a realização deste trabalho.

Registro também minha sincera gratidão à Daniela Nomura, pela gentileza em ceder o material necessário para a execução deste trabalho. Sua colaboração foi essencial para o desenvolvimento deste projeto e reflete o espírito de parceria tão importante no meio científico.

Sou grato(a) aos meus colegas de laboratório, com quem compartilhei aprendizados, desafios e conquistas. A convivência e o espírito de colaboração foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos meus pais, agradeço pelo amor, paciência e incentivo, que foram pilares nos momentos mais difíceis. Aos meus amigos, pela presença, apoio e pelas pausas necessárias para seguir adiante com leveza e bom humor.

Não poderia deixar de mencionar minha querida cachorra Jade, cuja presença carinhosa e companheira tornou muitos momentos mais leves e especiais durante esta trajetória.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, mesmo que por um breve período, passaram pela minha vida e contribuíram, direta ou indiretamente, para que eu pudesse concluir mais essa etapa. Cada gesto, palavra ou ensinamento teve seu valor neste percurso.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1. Aquicultura no Brasil e Mundo	5
2.2. Uso de antimicrobianos na aquicultura	5
2.3. Propriedades do gênero <i>Allium</i>	7
2.4. Propriedades do gênero <i>Cinnamomum</i>	8
2.5. Cepas bacterianas	9
2.6. Avaliação de susceptibilidade antimicrobiana.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Caracterização dos Produtos.....	11
3.2. Diluição dos Produtos.....	12
3.3. Cepas Bacterianas Testadas	14
3.4. Teste de susceptibilidade antimicrobiana	16
3.5. Concentração Inibitória Mínima (CIM)	17
4. DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO	22
6. RESUMO	23
7. SUMMARY.....	24
8. REFERÊNCIAS	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. AQUAgarlic® e <i>Essencial Alliin Plus</i> ®	12
Figura 2. Preparação das diluições dos produtos para ensaio in vitro da eficácia.....	13
Figura 3. Bactérias <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Citrobacter freundii</i> e <i>Streptococcus agalactiae</i> sorotipo III semeadas pela técnica de esgotamento em placas de Petri estéreis com <i>Agar Muller Hinton</i> (KASVI)	14
Figura 4. Teste de Susceptibilidade Antimicrobiana pelo método de microdiluição seriada (CLSI, 2020), em microplaca de 96 poços.....	17
Figura 5. Placa de 96 Poços para teste de atividade bactericida (CIM) utilizando AQUAgarlic® em diferentes concentrações contra <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Citrobacter freundii</i> e <i>Streptococcus agalactiae</i> sorotipo III.	18
Figura 6. Placa de 96 Poços para teste de atividade bactericida (CIM) utilizando <i>Essencial Alliin Plus</i> ® em diferentes concentrações contra <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Citrobacter freundii</i> e <i>Streptococcus agalactiae</i> sorotipo III.	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. Concentrações de AQUAgarlic® e <i>Excential Alliin Plus</i> ® obtidas após microdiluição seriada.....	13
Tabela 1. Características fenotípicas e genotípicas das cepas bacterianas <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Citrobacter freundii</i> e <i>Streptococcus agalactie</i> sorotipo III utilizadas no teste de eficácia antimicrobiana	15
Tabela 3. Concentrações de AQUAgarlic e Excential Allin Plus capazes de inibir o crescimento de diferentes cepas de bactérias em X horas com base no teste CIM.	20

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a aquicultura vem se destacando na cadeia de produção de alimentos saudáveis, com crescimento expressivo nas últimas décadas. A produção de organismos aquáticos como peixes, moluscos, crustáceos e também algas, é uma importante fonte de geração de emprego e renda (SEBRAE, 2022). Segundo levantamento do Anuário da PEIXE BR (2025), o Brasil mesmo em momentos de instabilidade, marcados pela oscilação de preços, produziu 968.745 mil toneladas de peixes em 2024, representando um aumento de 9,21% em relação ao ano anterior. Ainda, a produção de tilápia apresentou um aumento de 14,36% em relação a produção registrada no ano de 2023, totalizando 662.230 toneladas em 2024. O aumento da produção, consequentemente provoca o surgimento de doenças pelo estresse inerente à intensificação da produção (SHOEMAKER et al., 2000).

Dentre as doenças que figuram esse cenário, temos as associadas as infecções bacterianas, na qual espécies bacterianas como *Citrobacter freundii*, *Streptococcus* spp e *Aeromonas hydrophila*, são frequentemente reportadas. A *Citrobacter freundii* é uma bactéria gram-negativa caracterizada por apresentar um quadro típico de septicemia hemorrágica, acometendo tanto a pele quanto os órgãos internos (Svetlana; Dobrila; Lj., 2003). A *Streptococcus* spp por sua vez são bactérias gram-positivas, na qual seus sinais clínicos observados nos peixes são letargia, perda de apetite, exoftalmia uni ou bilateral e natação errática (Salvador et al., 2005). A *Aeromonas hydrophila* assim como a *Citrobacter* são bactérias gram-negativas que clinicamente apresentam hemorragias, abscessos, ascite e anemia e alta taxa de mortalidade (Anjur et al., 2021).

Na tentativa de controlar surtos de doenças, há um aumento no uso de antimicrobianos, contudo, o uso de antimicrobianos de forma indiscriminada e sem

critérios tem causado impacto sobre o ambiente, causando resistência antimicrobiana aos princípios ativos regulamentados e como consequência, aumentando o risco a saúde pública (GASTALHO et al., 2014). Além disso, a utilização de antimicrobianos é onerosa e provoca rejeição dos consumidores, que a cada vez mais procuram alimentos de qualidade, seguros livres de resíduos de produtos veterinários, incentivando a indústria agrícola a buscar alternativas eficazes, menos onerosas e consonantes com o conceito One Health para o tratamento das doenças (HARIKRISHNAN et al., 2021). Dentro desse contexto, o uso de antimicrobianos de origem vegetal, como óleos essenciais, têm despertado interesse como potenciais alternativas aos antimicrobianos convencionais, por serem oriundos de plantas com baixo risco à saúde humana, ecologicamente corretos e geralmente reconhecidos como seguros, além de não deixarem resíduos (MAURYA et al., 2021; SOUZA et al., 2019).

Flor (2015) define que plantas medicinais são aquelas que possuem princípios bioativos, com propriedades profiláticas e terapêuticas, o que torna o seu uso generalizado na medicina popular. O Brasil é conhecido por sua grande e diversa flora com mais de 46.000 espécies. A região amazônica possui grande diversidade cultural, onde as plantas são utilizadas como alimento e também, como curativas (CONCEIÇÃO et al., 2018). O uso de plantas medicinais no Brasil começou com os indígenas e depois pelos Europeus, após chegarem ao Brasil.

Embora estudos utilizando óleos essenciais tenham sido realizados há mais de anos, na década de 80 uma quantidade notável de pesquisas foi conduzida pela empresa *Nutrabaits* avaliando a eficácia de vários óleos essenciais no tratamento de doenças em peixes. Já na aquicultura contemporânea, o uso desses óleos essenciais é reconhecido pelo potencial de promover melhora na saúde dos peixes e no aproveitamento de nutrientes

das dietas. Algumas empresas têm desenvolvido fórmulas nutricionais que incluem óleos essenciais com o objetivo de melhorar a saúde intestinal e reduzir o estresse, além de reduzir problemas com infecções bacterianas causadas pela elevada densidade de estocagem (DAWOOD et al., 2021). Alguns dos gêneros vegetais mais comumente utilizados em estudos avaliando sua inclusão para organismos aquáticos são o gênero *Allium* e o *Cinnamomum*.

O gênero *Allium* é reconhecido em diversas culturas como agente terapêutico e profilático, possuindo propriedades antimicrobianas, inibindo o crescimento de microrganismos (MAHOMOODALLY et al., 2018). O alho (*Allium sativa*) apresenta como composto majoritário a alicina, que possui propriedades antimicrobianas e antiparasitárias. Na piscicultura, o alho apresenta eficácia contra parasitas externos como *Trichodina* sp. e *Gyrodactylus* spp, em tilápias-do-Nilo, com redução de até 75% (SRITHAT; RANGSIWIWAT, 2024).

A cebola (*Allium cepa*) é conhecida pelos seus inúmeros benefícios a saúde, como antioxidante devido a presença de 25 diferentes flavonoides, que são compostos que possuem efeito protetor e anti-inflamatório e reduzem o risco de doenças crônicas (KUBALA, 2023). Segundo estudo feito com por Al-Salahy (2002) em , a cebola atua como modulador do metabolismo energético e lipídico em peixes, reduzindo glicose, gorduras e colesterol no sangue.

Por sua vez, a canela (*Cinnamomum* spp) apresenta como composto majoritário o cinamaldeído, que tem efeito antimicrobiano, anti-inflamatório e cicatrizante, além de auxiliar no tratamento da diabete. Essas propriedades fazem com que ela possa ser utilizada na medicina humana e animal principalmente por suas propriedades

antimicrobianas e antifúngicas, (BOTELHO; ARAUJO, 2022; FIGUEIREDO et al., 2018).

A avaliação antimicrobiana desses compostos promissores pode ser realizada por meio da determinação da concentração inibitória mínima (CIM), cujo objetivo é avaliar a atividade antimicrobiana de substâncias contra microrganismos patogênicos (CLSI, 2012). A CIM representa a menor concentração de um agente capaz de inibir visivelmente o crescimento bacteriano, sendo amplamente utilizada em estudos de sensibilidade de diferentes produtos.

Desta forma, este estudo teve como objetivo realizar uma análise comparativa de dois produtos comerciais a base de compostos naturais com potencial antimicrobiano, AQUAgarlic® e o *Excential Alliin Plus*®, contra bactérias patogênicas (*Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III) de interesse aquícola.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Aquicultura no Brasil e Mundo

A América Latina e o Caribe produziram 4,3 milhões de toneladas de animais aquáticos em 2022, o que representa um aumento de 12,8% em relação aos 3,8 milhões de toneladas produzidas em 2020. Os principais países que contribuíram com esse aumento foram o Equador com 71,4% do total, o Brasil em segundo lugar com 22,1%, Chile com 4,6%, Venezuela (2,6%) (The State of World Fisheries and Aquaculture, 2024).

O mercado da pesca e aquicultura no mundo atingiu um recorde em 2022, com 223,2 milhões de toneladas, o que representa um valor estimado de US\$ 472 bilhões. No Brasil os valores foram estimados em US\$ 149,01 bilhões para esse mesmo período, com estimativa de atingir US\$179,9 bilhões até 2029. Dentro do seguimento, a tilápia é a espécie mais produzida representando 55,4% da produção total de peixes de produção no país, o que torna o Brasil o quarto maior produtor mundial de tilápia (MORDOR INTELLIGENCE, 2024).

Dentre os maiores produtores de peixes do Brasil o Sul manteve a liderança em 2024. Juntos, Paraná, Santa Catarina e Rio grande do Sul, produziram 333,815 toneladas, seguidos da região Sudeste que produziu 189.380 toneladas, em que São Paulo foi responsável pela produção de 93.200 toneladas (PEIXE BR, 2024).

2.2. Uso de antimicrobianos na aquicultura

Os antimicrobianos são utilizados há muitos anos na aquicultura para tratar infecções e combater a mortalidade dos peixes, contudo, o uso contínuo apresenta impactos ao meio ambiente, devido ao acúmulo no sedimento (READ et al., 2003). Além

disso, o uso de antimicrobianos pode provocar problemas de alergia e toxicidade, e o uso não controlado pode levar ao aparecimento de resistência em diversas populações bacterianas (GASTALHO et al., 2014).

Neste enquadramento, os antimicrobianos são definidos como substâncias desenvolvidas para tratar e combater microrganismos patogênicos, como bactérias, fungos, parasitas e até vírus, podendo ser compostos químicos naturais ou sintéticos (GARCIA, COMARELLA 2021; SPINOSA, 2017). Contudo, o uso indiscriminado de antimicrobianos, leva ao surgimento de bactérias resistentes, fenômeno este que impactou o cenário epidemiológico de patógenos da piscicultura (CHBEL et al., 2022). Esses genes podem se disseminar por transferência horizontal alcançando até patógenos humanos por meio da cadeia alimentar ou até mesmo pelo contato direto com humanos (ZHONG et al., 2022). Como uma alternativa, tem se estimulado pesquisas com potenciais substitutos ao uso de antimicrobianos, como os produtos naturais, com propriedades antibacterianas. Entre eles podemos destacar os óleos essenciais e extratos de plantas (KLÛGA et al., 2021).

O uso de produtos naturais em peixes é uma prática bastante antiga, principalmente em países asiáticos. Na china, o cultivo de plantas é realizado para manter o comércio de produtos naturais para peixes (INOUE et al., 2010). Extratos de plantas são muito estudados por conterem propriedades capazes de prevenir e curar algumas enfermidades na piscicultura. Eles apresentam propriedades profiláticas ou terapêuticas para algumas enfermidades, além estimularem a digestão, melhorar a absorção de nutrientes, serem antioxidantes, imunostimulantes e antimicrobianos (TAVECHIO et al., 2009).

Entre os antimicrobianos naturais mais comumente usados se destacam os formulados a partir de alho, cebola e canela, pois possuem propriedades antibacterianas contra vários patógenos, sendo uma alternativa promissora no tratamento de infecções causadas por bactérias (Merati; Boudra, 2024). O alho e cebola utilizados em conjunto demonstraram elevada capacidade de inibição do crescimento de *Clostridium botulinum* (10 ppm) (ISMAIEL; PIERSON, 1990).

2.3. Propriedades do gênero *Allium*

O gênero *Allium* é reconhecido em diversas culturas como agente terapêutico e profilático, possuindo propriedades antimicrobianas, e sendo capaz de inibir o crescimento de patógenos (MAHOMOODALLY et al., 2018).

O alho contém vitaminas A, B2, B6 e C, minerais como ferro, zinco, selênio e iodo, aminoácidos e enzimas o que lhe confere excelente valor nutricional, seu composto majoritário é o bioativo denominado alicina, também conhecida como dialilsulfinato, que tem característica física de um líquido volátil, além de ação antisséptica, antibacteriana, antiviral e potencial antioxidante, prevenindo doenças como o câncer e doenças cardiovasculares (ZERBIELLI et al., 2015; MIRON et al., 2004). O extrato de alho, após diluição em série, inibiu o crescimento de 14 espécies de bactérias patogênicas, entre elas *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*, e também apresentou atividade contra *Salmonella typhimurium* (QUINTAES, 2001).

Estudos já demonstraram que o alho apresenta ampla atividade antibacteriana contra patógenos, os quais são conhecidos por sua resistência aos antibióticos, porém a cebola, diferente do alho, contém um alto teor de flavonoides, como a quercetina que estão ausentes no alho. Os flavonoides são uma segunda classe de compostos químicos benéficos à saúde, apresentando atividade contra microrganismos. Estudos in vitro

mostraram que essas substâncias são eficazes contra uma ampla variedade de microrganismos (OMOTOLA et al., 2018). Os flavonoides possuem importante atividade antioxidante, pelo fato de serem quelantes, varredores de radicais livres e também atuarem sinergicamente junto a outros antioxidantes como as vitaminas C e E. Além de apresentarem atividade antioxidante, os flavonoides presentes na cebola também possuem atividade antiviral, antitumoral, anti-inflamatória e hormonal, devido ao seu mecanismo de ação (SANTOS; RODRIGUES, 2017).

2.4. Propriedades do gênero *Cinnamomum*

O gênero *Cinnamomum* compreende diversas espécies que são utilizadas como alimentos, aditivos e também de forma medicinal, devido a seus compostos bioativos apresentarem efeitos antimicrobianos, antidiabético, antioxidante, anti-inflamatório, anticancerígeno e neuroprotetor (SHARIFI-RAD et al., 2021). A canela quando adicionada a dieta melhora a saúde dos peixes, reduz os efeitos nocivos do estresse, acelera a taxa de crescimento, melhora os parâmetros hematológicos e o desempenho produtivo dos animais devido aos seus compostos bioativos (GHAFOOR, 2020).

Os principais compostos ativos da canela são o cinamaldeído e o eugenol, que apresentam efeitos antibacterianos significativos contra diversas bactérias patogênicas, incluindo *Escherichia coli*, *Salmonella choleraesuis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Klebsiella pneumoniae* (GRUENWALD et al., 2010).

O cinamaldeído é um álcool terpeno cíclico e o principal componente ativo do óleo essencial de canela que possui atividade biológica e farmacológica, antimicrobiana, antioxidante e antidiabética com efeito protetor contra a cardiotoxicidade que está associada a inibição de ácidos graxos inflamatórios o eugenol por sua vez apresenta atividade antimicrobiana, antifúngica, anti-inflamatória e antioxidante (FELTES et al.,

2023; FIGUEIREDO et al., 2018). O Eugenol é um óleo de aroma almiscarado, um fenilpropanoide, eficaz contra diversas doenças, tais como hipertensão, inflamações, complicações digestivas, distúrbios reprodutivos, distúrbios no sistema nervoso, colesterol e infecções microbianas, além de despertar o interesse em pesquisas devido ao seu potencial anticancerígeno, como indução da morte celular, parada do ciclo celular, inibição da migração, metástase e angiogênese em várias linhagens celulares de câncer (ZARI; HAKEEM, 2021).

2.5. Cepas bacterianas

As doenças bacterianas são motivo de preocupação no Brasil e no mundo, por causarem lesões que inviabilizam a comercialização e elevadas taxas de mortalidade de peixes, causando grandes prejuízos econômicos. Bactérias estão presentes na água e na microbiota dos peixes, desencadeando enfermidades quando o peixe se encontra debilitado devido ao estresse. A grande maioria das bactérias que provocam doenças nos peixes são oportunistas, isto é, fazem parte da microbiota normal da pele, brânquias e intestinos dos peixes saudáveis (BOIJINK; BRANDÃO, 2004). Os fatores que desencadeiam bacterioses nos peixes estão ligados ao estresse provocado pela elevada densidade de estocagem, nutrição inadequada, transporte de peixes e qualidade da água (LEIRA et al., 2016).

Diversas espécies bacterianas estão frequentemente associadas as infecções em peixes de produção, entre elas: *Citrobacter freundii*, *Streptococcus* spp e *Aeromonas hydrophila*.

Citrobacter freundii são bactérias Gram-negativas, anaeróbica facultativa, não formadora de esporos e com formato de bastonetes. Pertencente à família Enterobacteriaceae, ela é reconhecida com patógeno oportunista na medicina e na

veterinária, sendo responsável por hemorragias sistêmicas e gastroenterite em animais e paciente humanos (PÁDUA et al., 2014). Ela é componente comum da microbiota intestinal, e muitas cepas são consideradas bactérias intestinais benéficas, no entanto, algumas cepas se desenvolvem e se transformam, desenvolvendo resistência aos antibióticos. Também são encontradas na água, solo e nos alimentos (Gideon, 2024). Estudo indica que a *Citrobacter* também pode causar meningite em neonatos. Apesar de não ser comum, a doença é considerada devastadora (PLAKKAL et al., 2013).

O gênero *Streptococcus* pertence à família Streptococcaceae. São bactérias Gram-positivas, esféricas, em cadeia (HARTMANN SCIENCE CENTER, 2024). É uma bactéria importante para a tilapicultura, pois afeta tilápias, sendo relatada em todo mundo e afetando mais de 45 espécies de peixes, de água doce e salgada (CONROY, 2009). Peixes infectados pela bactéria apresentam sinais de anorexia, natação errática, rotação na superfície da água e elevada taxa de mortalidade (XU et al., 2024).

A *Aeromonas hydrophila* é uma bactéria anaeróbica, gram-negativa, presente em ambientes aquáticos e parte da microbiota de peixes saudáveis. Causa doença em condições de estresse e em associação com outros patógenos ou devido à baixa resistência dos peixes à infecção (ABO-SHAMA et al., 2025). Em humanos ela causa gastroenterite, meningite, sepse, infecções de partes moles graves e morte através da liberação de enterotoxinas citotóxicas capazes de causar hemólise (SHIMABUKURO et al., 2022).

2.6. Avaliação de susceptibilidade antimicrobiana

A avaliação da susceptibilidade antimicrobiana em patógenos pode ser realizada pelos métodos da difusão em disco, concentração bactericida mínima (CBM) e a concentração inibitória mínima (CIM). A difusão em disco, valorizada por sua simplicidade e baixo custo, é amplamente aplicada, porém pode apresentar discrepâncias

em relação aos resultados da CIM, especialmente para antibióticos como amoxicilina e ácido oxolínico, conforme demonstrado por Kum et al. (2011). A CBM fornece informações cruciais sobre o efeito bacteriostático de produtos. A CIM é um método quantitativo, que permite determinar a concentração inibitória mínima de um produto frente a microrganismos específicos. utilizado protocolo de Microdiluição em caldo desenvolvido pela CLSI (*Clinical Laboratory Standards Institute*) de acordo com manual VET-03 (CLSI, 2020a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os testes *in vitro* foram conduzidos no Centro de Aquicultura da UNESP, (CAUNESP), no laboratório de Patologia e Microbiologia de Organismos Aquáticos (LAPOA).

3.1. Caracterização dos Produtos

Foram avaliados individualmente dois produtos comerciais, o AQUAgarlic® e o *Excential Alliin Plus*® (Figura 1). AQUAgarlic® é um aditivo rico em compostos organossulfurados, reconhecido por suas propriedades antimicrobianas, antioxidativa, anti-inflamatória e imunomoduladora, formulado a partir do extrato de alho e cebola. O *Excential Alliin Plus*® é um aditivo composto por extrato de alho (*Allium sativum*) e canela (*Cinnamomum spp*), utilizado na alimentação de diversos animais incluindo peixes, com o objetivo de promover a saúde intestinal, melhorar a digestibilidade dos ingredientes e atuar como alternativa natural aos antimicrobianos e antiparasitários.



Figura 1. AQUAGarlic® e *Essencial Alliin Plus*®

3.2. Diluição dos Produtos

Ambos os produtos avaliados apresentam solubilidade em água, portanto, para a confecção da solução estoque utilizando o produto AQUAGarlic®, inicialmente 200 microlitros (μL) do extrato foram diluídos em 2 mililitros(ml). Posteriormente, foi realizada uma nova diluição no fator 1:4, resultando na solução trabalho. Para o produto *Excential Alliin Plus*®, foram diluídos 200 miligramas (mg) do extrato em 500 μL de água, garantindo a solubilização adequada do composto, chegando a concentrações de 25 a 0,004 mg/mlg. As soluções foram posteriormente utilizadas nas microdiluições em placa para determinação da concentração inibitória mínima (CIM) frente às cepas bacterianas selecionadas.

O produto AQUAGarlic® teve sua maior concentração em 0,625% e as concentrações testadas foram: 0.625%(1), 0,312%(2), 0,156%(3), 0,078%(4), 0,039%(5), 0,019%(6), 0,009%(7), 0,004%(8), 0,002%(9) e 0,001%(10) v/v.

O produto *Excential Alliin Plus*® teve sua maior concentração em 25mg/ml e as concentrações testadas foram: 25(1), 12.5(2), 6.25(3), 3.12(4), 1.56(5), 0.78(6), 0.39(7), 0.19(8), 0.09(9) e 0.04(10)mg/ml.

A tabela abaixo apresenta as concentrações obtidas para os produtos avaliados:

Tabela 1. Concentrações de AQUAgarlic® e *Excential Alliin Plus*® obtidas após microdiluição seriada

Ordem de Diluição	Concentração	
	AQUAgarlic® (v/v)	<i>Excential Alliin Plus</i> ® (mg/ml)
1	0,625	25,00
2	0,312	12,50
3	0,156	6,25
4	0,078	3,12
5	0,039	1,56
6	0,019	0,78
7	0,009	0,39
8	0,004	0,19
9	0,002	0,09
10	0,001	0,04

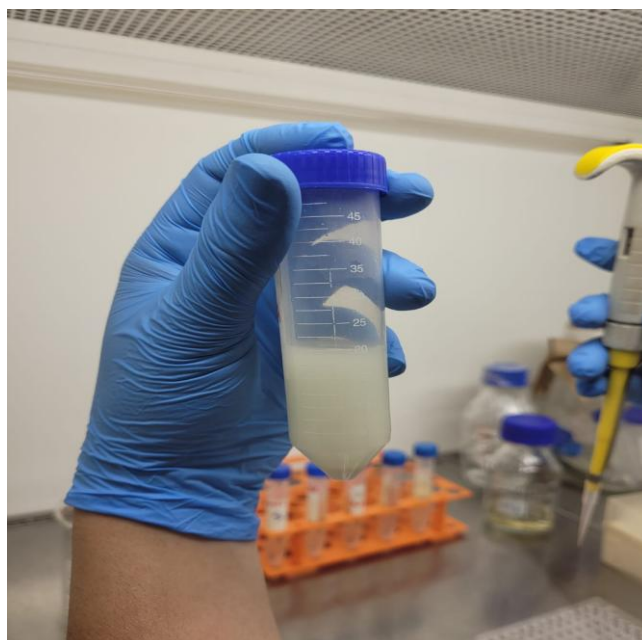


Figura 2. Preparação das diluições dos produtos para ensaio in vitro da eficácia

3.3. Cepas Bacterianas Testadas

As cepas bacterianas *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III testadas foram obtidas do banco de cepas do Laboratório de Microbiologia e Parasitologia de Organismos Aquáticos (LAPOA) do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP). A semeadura foi realizada com estoques criopreservados a -80°C com 20-30% v/v de glicerol, pela técnica de esgotamento em placas de Petri estéreis com *Agar Muller Hinton* (KASVI). Todas as cepas possuem confirmação em nível de espécie, a sequência dos genes 16S rRNA foram obtidas e buscadas por similaridade a genomas referência pela ferramenta nBLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) disposta para uso na base de dados da NCBI (*National Center for Biotechnologic Information*).

As cepas escolhidas (Tabela 1) foram cultivadas em meio *Agar Muller Hinton* por 24 horas a 28 °C (Figura 3), para posterior teste de microdiluição seriada. A tabela 1 contém informações referentes a morfologia, temperatura ótima de crescimento e informações referentes aos códigos de identificação.



Figura 3. Bactérias *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III semeadas pela técnica de esgotamento em placas de Petri estéreis com *Agar Muller Hinton* (KASVI)

Tabela 2. Características fenotípicas e genotípicas das cepas bacterianas *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactie* sorotipo III utilizadas no teste de eficácia antimicrobiana

Espécie	Estirpe	Fonte	Ano de isolamento	Local	Hospedeiro	Número de Acesso (GenBank)	Temperatura ótima para multiplicação	Morfologia
<i>Aeromonas hydrophila</i>	T3R	<i>Oreochromis niloticus</i> (Rim)	2016	Jaboticabal - SP	<i>Oreochromis niloticus</i> (Rim)	KU605565.1	25-30°C	Bastonete GRAM (-)
<i>Citrobacter freundii</i>	Cf1492	<i>Oreochromis niloticus</i> (Rim)	2020	Jaboticabal - SP	<i>Oreochromis niloticus</i> (Rim)	OQ325303.1	25-30°C	Bastonete GRAM (-)
<i>Streptococcus agalactie</i> sorotipo III	Soro III	-	-	Jaboticabal - SP	-	-	25-30°C	Bastonete GRAM (-)

3.4. Teste de susceptibilidade antimicrobiana

Para realização do teste de susceptibilidade antimicrobiana foi utilizada a metodologia de microdiluição seriada estabelecido pela *Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI)*, na qual são utilizadas placas estéreis de 96 poços em fundo “U”, onde cada poço é preenchido com 100 uL de meio de cultivo padronizado para teste *Cation Adjusted Muller Hinton Broth CAMHB (KASKI)*, seguido do preenchimento da primeira coluna em que cada poço é inoculado com 100 uL dos produtos previamente preparados, conforme descrito na seção **Diluição dos Produtos**. Com a utilização de uma micropipeta multicanal foi feita a diluição seriada fator 2 até a décima coluna, mantendo a quantidade de 100 uL por poço.

De 3 a 5 colônias das cepas bacterianas cultivadas na secção anterior foram suspensas em tampão fosfato (PBS), e ajustadas em espectrofotômetro (Único) para densidade ótica de 0.08-0.12 com absorbância a 625 nm. Após esta diluição inicial, seguindo as etapas do protocolo, a suspensão foi diluída novamente na proporção de 1:100 em meio de cultivo CAMHB objetivando inóculo com 10^5 - 10^6 UFC x mL⁻¹. Em seguida, 100 uL desta suspensão foram inoculadas em cada poço da placa exceto a décima primeira coluna que foi utilizada como controle de crescimento (meio estéril).

As placas foram seladas com filme PVC afim de evitar a evaporação e mantidas em estufa a 28°C. Após 18-20 horas as placas foram inspecionadas visualmente para avaliar o crescimento bacteriano pela turvação do meio ou formação de pellet. A concentração bactericida mínima (CBM) foi determinada pelo poço com a menor concentração do composto sem crescimento microbiano visível. Para melhor visualização, foram adicionados 50 uL de Trifenil tetrazólio (Sigma-Aldrich) em cada poço, promovendo uma coloração rosada onde houve atividade bacteriana.

A esterilidade das placas foi confirmada mediante a ausência de crescimento bacteriano na décima primeira coluna, enquanto o controle positivo mostrou crescimento na ausência do produto, na décima segunda coluna. A cepa ATCC® 25922™ *Escherichia coli* foi utilizada como controle de qualidade, conforme protocolo proposto pela CLSI (CLSI, 2020a), na qual o antimicrobiano oxitetraciclina (SIGMA) foi utilizado para verificar a sensibilidade da cepa comparando com VET04 (CLSI, 2020b), confirmando a integridade do teste.



Figura 4. Teste de Susceptibilidade Antimicrobiana pelo método de microdiluição seriada (CLSI, 2020), em microplaca de 96 poços

3.5. Concentração Inibitória Mínima (CIM)

Os resultados foram obtidos por meio de observação visual dos poços,, analisando-se a turbidez como indicativo de crescimento bacteriano. Os resultados demonstraram que os dois produtos apresentaram atividade antimicrobiana contra as cepas bacterianas testadas em concentrações baixas.

O produto AQUAgarlic® apresentou atividade bactericida em uma concentração de 0,009% contra a cepa bacteriana de *Aeromonas hydrophila*, 0,019% contra *Citrobacter freundii* e 0,004% contra *Streptococcus agalactiae* sorotipo III (Figura 5).

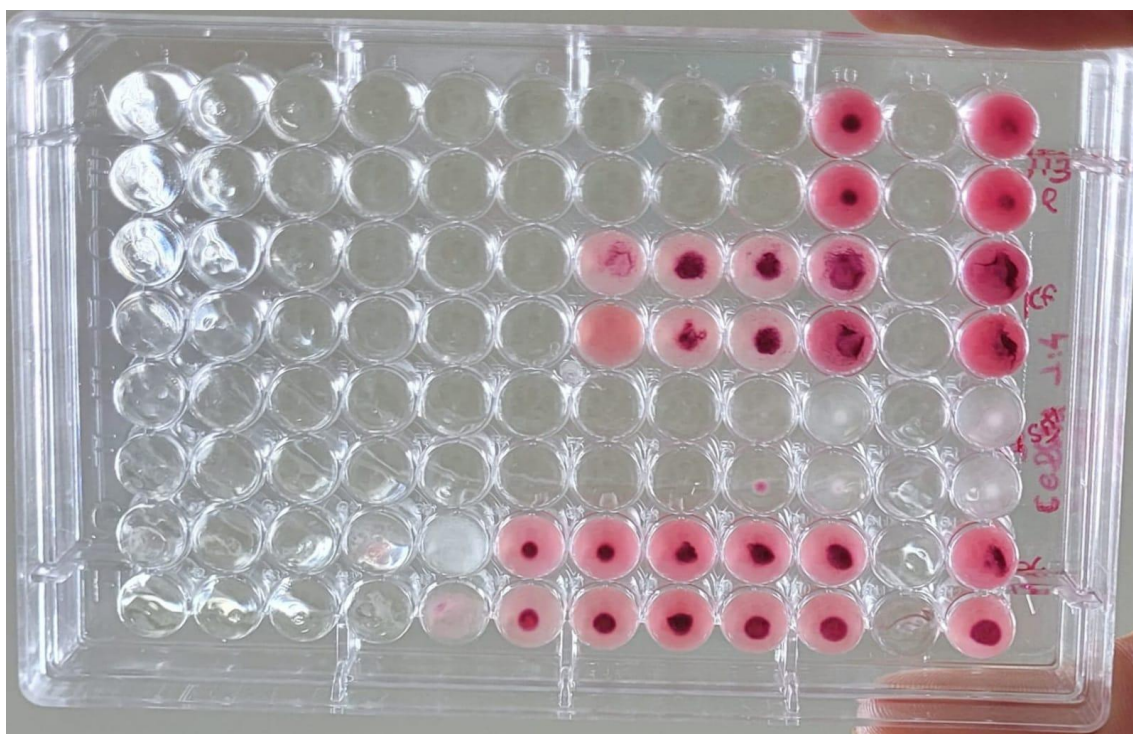


Figura 5. Placa de 96 Poços para teste de atividade bactericida (CIM) utilizando AQUAgarlic® em diferentes concentrações contra *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III.

O produto *Excential Alliin Plus*® apresentou atividade bactericida em uma concentração de 3.12mg/ml contra *Aeromonas hydrophila*, 12.5mg/ml contra *Citrobacter freundii* e 6.25mg/ml contra *Streptococcus agalactiae* sorotipo III (Figura 6).

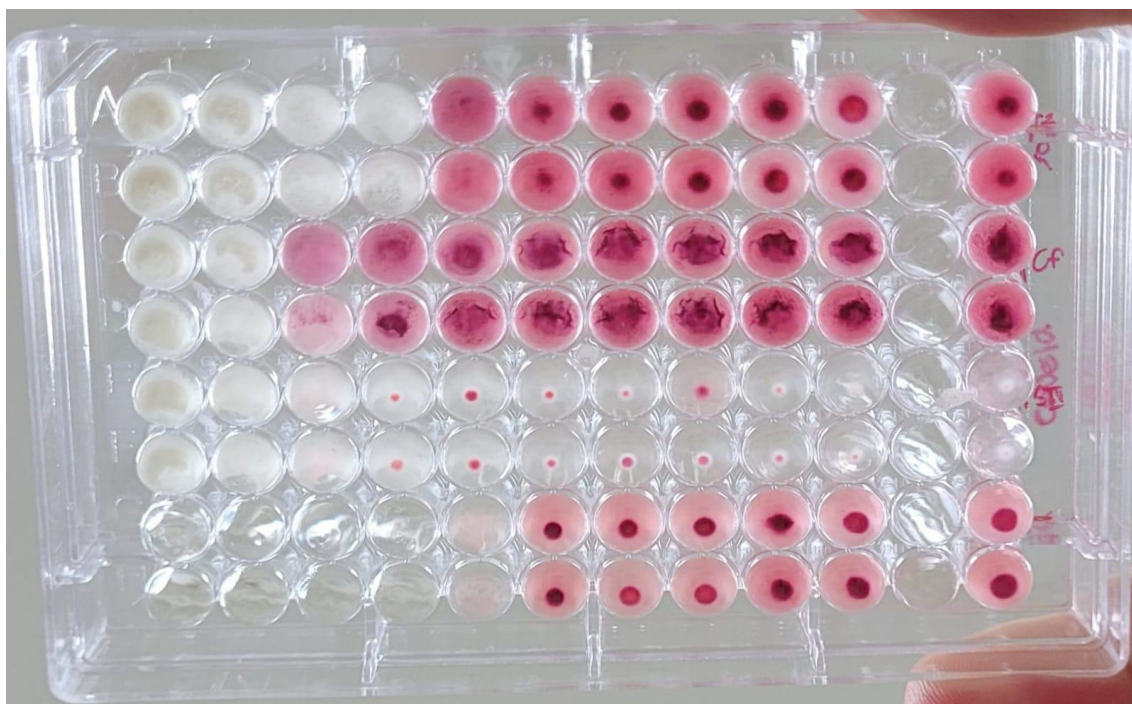


Figura 6. Placa de 96 Poços para teste de atividade bactericida (CIM) utilizando *Excential Alliin Plus*® em diferentes concentrações contra *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III.

A Tabela 3 reúne os principais resultados da atividade bactericida de ambos os produtos testados frente às cepas bacterianas, exibindo a menor concentração obtida que foi capaz de inibir o crescimento bacteriano visível (MIC):

Tabela 3. Concentrações de AQUAgarlic e Excential Allin Plus capazes de inibir o crescimento de diferentes cepas de bactérias em X horas com base no teste CIM.

Produtos	Bactérias	Inibição
AQUAgarlic®	<i>Aeromonas hydrophila</i> Cepa: T3R	0,009% v/v
AQUAgarlic®	<i>Citrobacter freundii</i> Cepa: Cf1492	0,019% v/v
AQUAgarlic®	<i>Streptococcus agalactiae</i> sorotipo III Cepa: Soro III	0,004% v/v
Excential Alliin Plus®	<i>Aeromonas hydrophila</i> Cepa: T3R	3.12mg/ml
Excential Alliin Plus®	<i>Citrobacter freundii</i> Cepa: Cf1492	12.5mg/ml
Excential Alliin Plus®	<i>Streptococcus agalactiae</i> sorotipo III Cepa: Soro III	6.25mg/ml

4. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que o AQUAgarlic® foi mais eficaz em relação ao Excential Allin Plus® nas concentrações necessárias para inibir o crescimento das mesmas cepas. Essa diferença pode estar relacionada à composição e a concentração dos compostos ativos presentes no alho e na cebola, a alicina e os flavonoides.

A alicina, composto ativo do alho possui efeito antimicrobiano, podendo inibir o crescimento de bactérias Gram-negativas, e também combatendo problemas relacionados à resistência múltipla de antibióticos (CAHAYANI et al., 2019). A enzima alinase do alho

e a da cebola são muito parecidas em sua estrutura, sugerindo que elas podem ter funções semelhantes de atividade antibacteriana (ANKRI; MIRELMAN, 1999).

Ainda, os flavonoides presentes na cebola possuem a capacidade de romper a membrana plasmática dos microrganismos (CRUZ FJA et al., 2016). O estudo realizado por Oliveira et al., 2025 na qual diferentes métodos de extração (maceração a frio, Soxhlet e ultrassom) afim de avaliar atividade inibitória, corrobora com a afirmação sobre a ação dos flavonoides sobre os microrganismos, uma vez que o extrato da casca da cebola foi eficiente em inibir o crescimento bacteriano de *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis*.

Além da eficácia, destaca-se a segurança dos compostos utilizados. Alho e cebola são ingredientes reconhecidos como seguros (GRAS – *Generally Recognized As Safe*) pelo FDA (*Food and Drug Administration*) dos Estados Unidos. Quanto ao impacto ambiental, o uso de compostos naturais representa uma alternativa ecologicamente mais segura em relação aos antimicrobianos, sendo capazes de controlar o desenvolvimento de patógenos, economicamente viáveis e ambientalmente corretos (DE AGUIAR, 2023)

Dessa forma, os dados obtidos reforçam o potencial na utilização de produtos que contém como princípios ativos alguns extratos vegetais, sendo alternativas eficazes e sustentáveis no controle de bactérias patogênicas na aquicultura. Contudo, estudos in vivo avaliando a eficácia desses compostos e seus bioativos devem ser realizados, considerando aspectos como espécie e fase de desenvolvimento, no intuito de fornecer mais informações a respeito de alternativas ao uso de antimicrobianos, considerando também a problemática da resistência antimicrobiana.

5. CONCLUSÃO

Ambos produtos testados foram eficazes em inibir o crescimento das bactérias testadas, entre eles, o AQUAgarlic foi mais eficaz do que o Excential Alliin Plus, necessitando de menores concentrações para inibir o crescimento microbiano.

Dessa forma, produtos de origem natural apresentam potencial promissor frente a patógenos de interesse na aquicultura, destacando-se o AQUAgarlic, que demonstrou maior eficácia em menores concentrações.

6. RESUMO

O crescimento da aquicultura no Brasil e no mundo, elevou a produção de organismos aquático, o que aumentou a ocorrência de doenças bacterianas, levando ao uso frequente de antimicrobianos , prática que tem gerado preocupação devido ao risco de resistência bacteriana. Diante disso, alternativas mais seguras e sustentáveis vêm sendo estudadas, como o uso de extratos vegetais com ação antimicrobiana. O presente trabalho avaliou, in vitro, a atividade antimicrobiana de dois produtos formulados com compostos de origem vegetal: AQUAgarlic (extrato de alho e cebola) e *Excential Alliin Plus* (extrato de alho e canela), frente a cepas bacterianas isoladas de peixes: *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii* e *Streptococcus agalactiae* sorotipo III. Para a avaliação da eficácia, a metodologia adotada foi o método de microdiluição em caldo. Os resultados demonstraram que o AQUAgarlic foi eficaz em concentrações menores: 0,009% para *A. hydrophila*, 0,019% para *C. freundii* e 0,04% para *S. agalactiae*. *Excential Alliin Plus* apresentou atividade bactericida nas concentrações de 3,12 mg/mL contra *A. hydrophila*, 12,5 mg/mL contra *C. freundii* e 6,25 mg/mL contra *S. agalactiae*. Desta forma, conclui-se que os dois produtos testados apresentam potencial inibitório, sendo o AQUAgarlic, mais eficaz em menores concentrações, demonstrando ser um antimicrobiano promissor para uso na aquicultura.

Palavras-chave: Aquicultura, Bactéria, Inibição, Infecções bacterianas.

7. SUMMARY

The growth of aquaculture in Brazil and worldwide has increased the production of aquatic organisms, which has also raised the occurrence of bacterial diseases, leading to the frequent use of antimicrobials—a practice that has caused concern due to the risk of bacterial resistance. In this context, safer and more sustainable alternatives have been investigated, such as the use of plant extracts with antimicrobial activity. The present study evaluated, *in vitro*, the antimicrobial activity of two products formulated with plant-based compounds: AQUAgarlic (garlic and onion extract) and Excential Alliin Plus (garlic and cinnamon extract), against bacterial strains isolated from fish: *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, and *Streptococcus agalactiae* serotype III. To assess efficacy, the broth microdilution method was applied. The results showed that AQUAgarlic was effective at lower concentrations: 0.009% for *A. hydrophila*, 0.019% for *C. freundii*, and 0.04% for *S. agalactiae*. Excential Alliin Plus exhibited bactericidal activity at concentrations of 3.12 mg/mL against *A. hydrophila*, 12.5 mg/mL against *C. freundii*, and 6.25 mg/mL against *S. agalactiae*. Therefore, it can be concluded that both tested products present inhibitory potential, with AQUAgarlic being more effective at lower concentrations, demonstrating promise as an antimicrobial agent for use in aquaculture.

Keywords: Aquaculture, Bacteria, Inhibition, Bacterial Infections.

8. REFERÊNCIAS

- ANJUR, Norashikin et al. An update on the ornamental fish industry in Malaysia: *Aeromonas hydrophila*-associated disease and its treatment control. *Veterinary World*, p. 1143–1152, 11 maio 2021.
- ANKRI, Serge; MIRELMAN, David. Antimicrobial properties of allicin from garlic. *Microbes and Infection*, v. 1, n. 2, p. 125–129, fev. 1999.
- AQUAFEED. Interest of essential oils and their aromatic compounds in the development of sustainable aquaculture. Disponível em: <https://www.aquafeed.co.uk/interest-of-essential-oils-and-their-aromatic-compounds-in-the-development-of-sustainable-aquaculture-23569/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2025*. São Paulo: Peixe BR, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 8 maio 2025.
- BOIJINK, Cheila de Lima; BRANDÃO, Deodoro Atlante. Avaliação da inoculação de suspensões bacterianas de *Aeromonas hydrophila* em juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). [2004].
- BOTELHO, A. B. M.; ARAUJO, R. M. Análise cromatográfica do óleo essencial extraído da canela comercial. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 6, e361511, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i6.1511>.
- CAHAYANI, Wike Astrid et al. Antibacterial activity of garlic (*Allium sativum*) extract and molecular docking studies of allicin. In: *International Conference on Bioinformatics and Nano-Medicine from Natural Resources for Biomedical Research: 3rd Annual Scientific Meeting for Biomedical Sciences*, Anais... Malang, Indonesia, 2019. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/748447>. Acesso em: 16 jun. 2025.
- CHBEL, Asmaa et al. Analysis of the chemical compositions of six essential oils and evaluation of their antioxidant and antibacterial activities against some drug-resistant bacteria in aquaculture. *Journal of Herbmед Pharmacology*, v. 11, n. 3, p. 401–408, 25 jun. 2022.
- CLSI. CLSI guideline VET03, in: *Methods for Antimicrobial Broth Dilution and Disk Diffusion Susceptibility Testing of Bacteria Isolated From Aquatic Animals*. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2020.
- CLSI. VET04 Performance standards for antimicrobial susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2020.
- CONCEIÇÃO, Ana; LIRA, Ádria Giselle dos Santos; MOREIRA, Osvaldo Júnior Moraes; SOUSA, Luana Marise Rocha de; PEREIRA, Hugo Jordan Martins; ABREU, Vanessa Holanda Righetti de; VIEIRA, Thiago Almeida. Plantas medicinais: um saber tradicional como alternativa no processo de cura. *Revista Agroecossistemas*, 2018.

CRUZ, F. J. A.; et al. Evaluación de la actividad antibacteriana y moduladora de los Extractos metanol y hexano de la hoja de *Allium cepa*. *Ciencias de la Salud*, v. 14, n. 2, p. 191–200, 5 jul. 2016.

DAWOOD, Mahmoud A. O.; et al. Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: an alternative approach for sustainable aquaculture. *Pathogens*, v. 10, n. 2, p. 185, 9 fev. 2021.

FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. ROME, 2024.

FDA – U.S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. GRAS Notices (Generally Recognized as Safe). Silver Spring, 2020. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>. Acesso em: 16 jun. 2025.

FELTES, Giovana et al. Differentiating true and false cinnamon: exploring multiple approaches for discrimination. *Micromachines*, v. 14, n. 10, p. 1819, 23 set. 2023.

FIGUEIREDO, Cristiane Santos Silva E. et al. Óleo essencial da canela (Cinamaldeído) e suas aplicações biológicas. *Revista de Investigação Biomédica*, v. 9, n. 2, p. 192, 21 maio 2018.

FLOR, A. Sabedoria popular no uso de plantas medicinais pelos moradores do bairro do Sossego no distrito de Marudá - PA. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v. 17, n. 4, p. 757–768, 2015.

GARCIA, J. V. A. S.; COMARELLA, L. O uso indiscriminado de antibióticos e as resistências bacterianas. *Saúde e Desenvolvimento*, Curitiba, v. 10, n. 18, p. 78–87, 2021.

GHAFOOR, F. Importance of herbs in aquaculture; cinnamon a potent enhancer of growth and immunity in fish, *Ctenopharyngodon idella*. *Iranian Journal of Aquatic Animal Health*, v. 6, n. 1, p. 78–92, 1 ago. 2020.

GIDEON. *Citrobacter freundii*, 2024. Disponível em: <https://www.gideononline.com/blogs/citrobacter-freundii/>. Acesso em: 16 maio 2025.

GRUENWALD, Joerg; FREDER, Janine; ARMBRUESTER, Nicole. Cinnamon and health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 50, n. 9, p. 822–834, 30 set. 2010.

HARIKRISHNAN, R.; BALASUNDARAM, C.; HEO, M. S. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, v. 317, n. 1–4, p. 1–15, 2011.

HARTMANN SCIENCE CENTER. *Streptococcus spp.* 2024. Disponível em: <https://www.hartmann-science-center.com/en/hygiene-knowledge/pathogens-a-z/pathogens-19/streptococcus-spp>. Acesso em: 16 maio 2025.

HEUER, O. E. et al. Human health consequences of use of antimicrobial agents in aquaculture. *Clinical Infectious Diseases*, v. 49, n. 8, p. 1248–1253, 2009.

INCREASE IN BACTERIAL RESISTANCE IN AQUACULTURE: Possible alternatives to antibiotic therapy. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 12, n. 1, 2023. DOI: 10.61164/rmm.v12i1.1702. Disponível em: <https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/1702>. Acesso em: 7 set. 2025.

KLŪGA, Alīna et al. Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils against pathogenic microorganisms of freshwater fish. *Plants*, v. 10, n. 7, p. 1265, 22 jun. 2021.

KUBALA, Jillian. 9 impressive health benefits of onions. *Healthline*, 20 jul. 2023. Disponível em: <https://www.healthline.com/nutrition/onion-benefits>. Acesso em: 08 maio 2025.

MAHOMOODALLY, F.; RAMCHARUN, S.; ZENGIN, G. Onion and garlic extracts potentiate the efficacy of conventional antibiotics against standard and clinical bacterial isolates. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, v. 18, n. 9, p. 787–796, 2018. DOI: 10.2174/1568026618666180604083313.

MAURYA, A.; PRASAD, J.; DAS, S.; DWIVEDY, A. K. Essential oils and their application in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 5, p. 653420, 20 maio 2021. DOI: 10.3389/fsufs.2021.653420.

PEIXE BR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. *Anuário PeixeBR da Piscicultura 2024*. São Paulo: Peixe BR, 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

MERATI, Rachid; BOUDRA, Abdellatif. Antibacterial effect of *Allium sativum* L. and *Allium cepa* L. extracts against multidrug-resistant *Escherichia coli* strains isolated from broiler chickens. *World's Veterinary Journal*, v. 14, n. 4, p. 552–558, dez. 2024. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.54203/scil.2024.wvj63>. Acesso em: 7 maio 2025.

NISAR, Muhammad Farrukh; KHADIM, Mahnoor; RAFIQ, Muhammad; CHEN, Jinyin; YANG, Yali; WAN, Chunpeng Craig. Pharmacological properties and health benefits of eugenol: a comprehensive review. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 14 pages, Article ID 2497354. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/2497354>.

OLIVEIRA, Isabela Costa de et al. Propriedade antibacteriana do extrato da casca e bulbo da cebola (*Allium cepa* L.). *Revista Acadêmica Online*, v. 11, n. 57, p. e1449, 3 jun. 2025.

OMOTOLA, F. M.; OLAITAN, O. B.; BELLO, S. G.; SIMEON, O. O.; FALILAT, U. O. Antibacterial effects of aqueous extract of onion and garlic on some clinical bacterial isolates. *Journal of Research and Reviews in Science*, v. 5, p. 1–7, 2018. Disponível em: https://jrslasu.com/publications/JRRS_ppaper507_2019-04-29_2081502968.pdf.

PEREIRA, L. A.; WEISS, L. A.; BESEN, M. A.; MARENGONI, N. G. Uso de extratos de plantas e suas propriedades profiláticas ou terapêuticas na produção de peixes. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 15, n. 4, p. 373–380, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n4p373-380>. Acesso em: 8 maio 2025.

PLAKKAL, Nishad; SORAISHAM, Amuchou Singh; AMIN, Harish. *Citrobacter freundii* brain abscess in a preterm infant: a case report and literature review. *Pediatrics & Neonatology*, v. 54, n. 2, p. 137–140, abr. 2013.

QUINTAES, Késia Diego. Alho, nutrição e saúde. *Revista NutriWeb*, v. 3, n. 2, 2001.
READ, Paul; FERNANDES, Teresa. Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe. *Aquaculture*, v. 226, n. 1–4, p. 139–163, 2003.

SANTOS, F. M. et al. Perfil químico e atividade antibacteriana do óleo essencial dos bulbilhos de *Allium sativum* L. em comparação com a alicina: uma revisão de literatura. *Revista Athena*, v. 5, p. 88–101, 2021.

SEBRAE. Aquicultura: um mercado em crescimento no Brasil e no mundo. 11 abr. 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/aquicultura-um-mercado-em-crescimento-no-brasil-e-no-mundo,ac99bb738c910810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 7 maio 2025.

SHARIFI-RAD, Javad et al. Cinnamomum species: bridging phytochemistry knowledge, pharmacological properties and toxicological safety for health benefits. *Frontiers in Pharmacology*, v. 12, p. 600139, 11 maio 2021.

SHIMABUKURO, Patrícia Mitsue Saruhashi et al. Fatores associados ao óbito por síndrome respiratória aguda grave causada por influenza: estudo populacional brasileiro. *The Brazilian Journal of Infectious Diseases*, v. 26, p. 102419, set. 2022.

SALVADOR, Rogério et al. Isolation and characterization of *Streptococcus* spp. group B in Nile tilapias (*Oreochromis niloticus*) reared in hapas nets and earth nurseries in the northern region of Paraná State, Brazil. *Ciência Rural*, v. 35, n. 6, p. 1374–1378, dez. 2005.

SHOEMAKER, C. A.; EVANS, J. J.; KLESIUS, P. H. Density and dose: factors affecting mortality of *Streptococcus iniae* infected tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, v. 188, n. 3–4, p. 229–235, 2000. DOI: 10.1016/S0044-8486(00)00346-X.

SOUZA, Marina Ferreira Cardoso et al. Atividade antimicrobiana “in vitro” de óleos essenciais contra patógenos de peixes. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 10, p. 17911–17921, 2019.

SRITHAT, Dutsadee; RANGSIWIWAT, Amornrat. Uses of medicinal plants for an environmentally friendly aquaculture. In: *Environmentally Friendly Aquaculture* [blog]. AQUADAPT, 7 ago. 2024. Disponível em: <https://aquadapt.org/2024/08/07/medicinal-plants-aquaculture>. Acesso em: 23 ago. 2025.

SVETLANA, Jeremic; DOBRILA, Jakic-Dimic; VELJOVIC, L. J. *Citrobacter freundii* as a cause of disease in fish. *Acta Veterinaria*, v. 53, n. 5–6, p. 399–410, 2003.

TAVECHIO, Washington Luiz Gomes; GUIDELLI, Gislaine; PORTZ, Leandro. *Alternativas para a prevenção e o controle de patógenos em piscicultura*. São Paulo, 2009.

VIEIRA, M. J. Análise do setor de plantas medicinais e fitoterápicos como alternativa de desenvolvimento regional para Santa Catarina. 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade do Contestado, Canoinhas, 2008.

XU, Hongsen et al. Pathogenicity of *Streptococcus iniae* causing mass mortalities of yellow catfish (*Tachysurus fulvidraco*) and its induced host immune response. *Frontiers in Microbiology*, v. 15, p. 1374688, 22 mar. 2024.

ZARI, Ali T.; ZARI, Talal A.; HAKEEM, Khalid Rehman. Anticancer properties of eugenol: a review. *Molecules*, v. 26, n. 23, p. 7407, 6 dez. 2021.

ZERBIELLI, Gabriela; MARINI, Jocemara Krieger; CONDE, Simara Rufatto. Benefícios do alho para a saúde. V Jornada de... p. 8.

ZHONG, Weiming et al. Essential oils from *Citrus unshiu* Marc. effectively kill *Aeromonas hydrophila* by destroying cell membrane integrity, influencing cell potential, and leaking intracellular substances. *Frontiers in Microbiology*, v. 13, p. 869953, 28 jun. 2022.