



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA
CURSO DE ZOOTECNIA

DAVILLY DE SOUSA COSTA

OCORRÊNCIA DE ENTEROBACTÉRIAS EM *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) CRIADOS EM SISTEMA INTENSIVO NA ILHA DO MARANHÃO: impacto para a sanidade animal e saúde pública?

SÃO LUÍS

2025

DAVILLY DE SOUSA COSTA

OCORRÊNCIA DE ENTEROBACTÉRIAS EM *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) CRIADOS EM SISTEMA INTENSIVO NA ILHA DO MARANHÃO: impacto para a sanidade animal e saúde pública?

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado junto ao Curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Profa. Dr^a. Nancyleni Pinto Chaves Bezerra

SÃO LUÍS

2025

Costa, Davilly de Sousa.

Ocorrência de enterobactérias em *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) criados em sistema intensivo na Ilha do Maranhão: impacto para a sanidade animal e saúde pública?

46 f.

Monografia (Graduação em Zootecnia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2025.

Orientadora: Profa. Dr^a. Nancyleni Pinto Chaves Bezerra.

1. *Escherichia coli*. 2. Nordeste. 3. Peixes amazônicos. I.Título.

CDU: 639.21.(812.1)

DAVILLY DE SOUSA COSTA

OCORRÊNCIA DE ENTEROBACTÉRIAS EM *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) CRIADOS EM SISTEMA INTENSIVO NA ILHA DO MARANHÃO: impacto para a sanidade animal e saúde pública?

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado junto ao Curso de Zootecnia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), para a obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Aprovado em: 8/7/2025



Documento assinado digitalmente
NANCYLENI PINTO CHAVES BEZERRA
Data: 22/07/2025 16:47:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Nancyleni Pinto Chaves Bezerra
Orientadora

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Documento assinado digitalmente
ELBA PEREIRA CHAVES
Data: 22/07/2025 20:25:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dr^a. Elba Pereira Chaves
1º Membro
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Documento assinado digitalmente
AMANDA MARA TELES
Data: 22/07/2025 16:50:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dr^a. Amanda Mara Teles
2º Membro
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA

SÃO LUÍS

2025

Dedico este trabalho, ao meus pais e irmãos, em especial a minha irmã, e à minha avó “in memoria” pelo amor, apoio e incentivo constantes. E a todos que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde, sabedoria e força para superar cada desafio ao longo desta jornada acadêmica.

Aos meus pais e à minha família, minha eterna gratidão pelo amor incondicional, em especial a minha irmã Sara Stefani, obrigada por todo investimento que você fez, sem vocês nada seria possível. Obrigada pelo apoio constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos mais difíceis.

Em especial a Emilly, minha melhor amiga, que sempre deu apoio e, saiba que se você vencer, nós vencemos. Aos meus amigos que a Universidade aproximou, Marcos, Layane, Gabriel, Rayssa e João Victor que com companheirismo e incentivo tornaram essa caminhada mais leve e significativa, por todas as risadas e distrações e por acreditarem em mim, amo vocês.

À Thais, por cada sermão cheio de cuidado, por cada gesto de carinho, compreensão e incentivo. Você foi e sempre será minha inspiração profissional. Serei eternamente grata por tudo, especialmente pelos conselhos sinceros e por todo o tempo de qualidade que compartilhamos nessa reta final.

À minha colega Jamylle, pela parceria e colaboração nos estudos, e por compartilhar comigo os desafios e conquistas do final desse percurso.

Sou extremamente grata a minha orientadora, Dra. Nancyleni Pinto Chaves Bezerra, por sua orientação precisa, paciência e apoio durante a elaboração deste trabalho, contribuindo significativamente para a sua realização.

A toda a equipe do Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da Universidade Estadual do Maranhão. Em especial a Gisely Jovita, Dra. Amanda Mara Teles e Ester Clévia Vieira, por seu comprometimento e dedicação ao ensino na área laboratorial, que foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao curso de Zootecnia e aos meus estimados professores, expresso minha profunda gratidão pelo compromisso, conhecimento e paciência dedicados ao longo da minha formação. O aprendizado que me entregaram foi essencial para o desenvolvimento e o aperfeiçoamento.

À instituição, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA pela oportunidade de ensino e formação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Meus sinceros agradecimentos!

*“A sabedoria é a coisa principal; adquiere, pois, a
sabedoria; sim, com tudo o que possuis,
adquiere o conhecimento.”
(Provérbios 4:7)*

RESUMO

O *Colossoma macropomum* (tambaqui) é uma espécie nativa da Amazônia brasileira que apresenta bom desempenho zootécnico em criação intensiva, constituindo a base da piscicultura maranhense. Mas, para uma boa produção aquícola, há a necessidade de difusão de boas práticas de manejo nutricional, reprodutivo e sanitário, este último inclui o monitoramento periódico da presença de patógenos na água e nos peixes. Nesse contexto, objetivou-se com o estudo avaliar a ocorrência de enterobactérias em *C. macropomum* cultivados em sistema intensivo de produção na Ilha do Maranhão. Para isso, foram capturados 40 tambaquis, entre machos e fêmeas, oriundos de 10 pisciculturas da Ilha do Maranhão. Em ambiente laboratorial, foram removidos fragmentos musculares das amostras para a quantificação de coliformes totais e termotolerantes, isolamento e identificação bacteriana. A identificação fenotípica das enterobactérias foi realizada com a utilização de painel bioquímico comercial composto por 23 parâmetros. Foram quantificados em 30 % (n=12/40) e 15 % (n=6/40) dos peixes avaliados coliformes totais e coliformes termotolerantes, respectivamente, com populações bacterianas que variaram de 3,6 a ≥ 2.400 NMP/g. Das 12 amostras de *C. macropomum* contaminadas por bactérias do grupo coliformes, foram obtidos 63 isolados com a identificação de oito espécies distintas de enterobactérias, assim distribuídas: *Proteus vulgaris* (28,57 %); *Citrobacter freundii* (19,05 %); *Proteus mirabilis* (14,29 %); e, *Escherichia coli* (14,29 %). Identificaram-se também, mas em menores frequências, *Kluyvera ascorbata*, *Providência alcalifaciens*, *Edwardsiella hoshinae* e *Escherichia hermannii*. Conclui-se que as oito espécies de enterobactérias isoladas são indicativas de condições higiênico-sanitárias inadequadas e representam riscos epidemiológico e sanitário para o meio ambiente, a biodiversidade aquática e a saúde humana.

Palavras-chave: *Escherichia coli*. Nordeste. Peixes amazônicos. Pisciculturas.

ABSTRACT

Colossoma macropomum (tambaqui) is a species native to the Brazilian Amazon that has good zootechnical performance in intensive farming, constituting the basis of fish farming in Maranhão. However, for good aquaculture production, there is a need to disseminate good nutritional, reproductive and sanitary management practices, the latter including periodic monitoring of the presence of pathogens in water and fish. In this context, the objective of this study was to evaluate the occurrence of enterobacteria in *C. macropomum* farmed in an intensive production system on Maranhão Island. For this purpose, 40 tambaquis, including males and females, from 10 fish farms on Maranhão Island were captured. In a laboratory environment, muscle fragments were removed from the samples for quantification of total and thermotolerant coliforms, isolation and bacterial identification. The phenotypic identification of enterobacteria was performed using a commercial biochemical panel composed of 23 parameters. Total coliforms and thermotolerant coliforms were quantified in 30% (n = 12/40) and 15% (n = 6/40) of the fish evaluated, respectively, with bacterial populations ranging from 3.6 to $\geq 2,400$ MPN/g. Of the 12 samples of *C. macropomum* contaminated by bacteria from the coliform group, 63 isolates were obtained with the identification of eight distinct species of enterobacteria, distributed as follows: *Proteus vulgaris* (28.57%); *Citrobacter freundii* (19.05%); *Proteus mirabilis* (14.29%); and *Escherichia coli* (14.29%). *Kluyvera ascorbata*, *Providencia alcalifaciens*, *Edwardsiella hoshinae* and *Escherichia hermannii* were also identified, but at lower frequencies. It is concluded that the eight species of enterobacteria isolated are indicative of inadequate hygienic-sanitary conditions and represent epidemiological and sanitary risks for the environment, aquatic biodiversity and human health.

KEY-WORDS: *Escherichia coli*. Northeast. Amazonian fish. Fish farming.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DTHA	Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar
IN	Instrução Normativa
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
POAs	Produtos de Origem Animal
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBRs	Normas Brasileiras
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
BPF	Boas Práticas de Fabricação
APPCC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DTA	Doenças Transmitidas por Alimentos
STEC	<i>Escherichia Coli</i> Produtoras de Toxina Shiga
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OECD	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
CEEA	Comitê de Ética em Experimentação Animal
LST	Lauril Sulfato Triptose
EC	<i>Escherichia Coli</i>
VB	Verde Brilhante
MCK	Ágar MacConkey
TSA	Ágar Triptona de Soja
BHI	Caldo Cérebro-Coração

PH	Potencial Hidrogeniônico
IgA	Imunoglobulina A
OMS	Organização Mundial da Saúde
CE	Conformidade Europeia
FAO	Food And Agriculture Organization
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UFC	Unidades Formadoras de Colônias

SUMÁRIO

	<i>CAPÍTULO I</i>	13
1.	INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Geral	16
1.2.2	Específicos	16
1.3	Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)	16
	REFERÊNCIAS	17
	<i>CAPÍTULO II</i>	19
2.	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Panorama da Piscicultura no Mundo e no Brasil	20
2.2	Piscicultura no Estado do Maranhão	21
2.3	Produção de <i>Colossoma macropomum</i> no Estado do Maranhão	22
2.4	Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA)	23
2.4.1	Pescado e as doenças de origem alimentar (DTHA)	24
2.5	Padrões Microbiológicos para Alimentos no Brasil	24
2.5.1	Família Enterobacteriaceae	25
2.5.1.1	<i>Coliformes totais</i>	26
2.5.1.2	<i>Coliformes termotolerantes</i>	27
2.5.1.3	<i>Escherichia coli</i>	28
2.6	Diagnóstico de Micro-organismos Indicadores em Alimentos e Água	29
	REFERÊNCIAS	30
	<i>CAPÍTULO III</i>	32
	INTRODUÇÃO	34
	MATERIAL E MÉTODOS	36
	Aspectos Éticos	36
	Área de Estudo	37
	Amostras	37
	Análises Microbiológicas	37
	Quantificação de coliformes totais e termotolerantes	38
	Pesquisa de Enterobactérias	38

a) Primeira etapa: enriquecimento da amostra.....	38
b) Segunda etapa: identificação das colônias isoladas.....	38
Análise dos Dados.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS.....	44

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo no ano de 2024, com crescimento de 3,1 % em relação a 2023 (860.355 toneladas) e figura como o quarto maior produtor mundial de tilápia (*Oreochromis* sp.), atrás de China, Indonésia e Egito. Nesse cenário, o estado do Maranhão desponta como um centro promissor na produção de peixes cultivados, ocupando a sexta posição no *ranking* brasileiro, atrás tão somente dos estados do Paraná (213.300 toneladas - t), São Paulo (82.400 t), Minas Gerais (61.600 t), Rondônia (56.500 t) e Santa Catarina (56.100 t). Foram produzidos no Maranhão, em 2023, 49.153 toneladas (t) de peixes, das quais 38.343 t eram de peixes nativos (tambaqui, tambatinga, curimatá, piau e matrinxã); 5.800 t de carpas, trutas e pangásius; e, 5.010 t de tilápia (Peixe BR, 2024).

O sucesso da piscicultura maranhense é associado, em especial, às características intrínsecas da Região, com destaque para a riqueza de recursos hídricos, caracterizados pela malha hídrica disponível, clima favorável e a viabilidade do cultivo de espécies nativas já adaptadas ao ambiente de cativeiro. Para a legalização dessa atividade produtiva, a legislação estabelece padrões e fornece indicadores de sustentabilidade, no entanto, existe uma verdadeira lacuna entre teoria e a aplicação prática, segundo Rocha *et al.* (2024). Além de outros entraves citados pelos referidos pesquisadores, como licenciamento ambiental, concessão de recursos hídricos, ocorrência de espécies exóticas e insegurança na sanidade dos cultivos.

Sobre a sanidade animal ¹ e segurança na produção de peixes, a qualidade microbiológica da água e dos recursos dela extraídos é de extrema relevância, já que a ingestão de água e alimentos contaminados por micro-organismos patogênicos, estão associados a ocorrência de doenças parasitárias e infecciosas, com destaque para as doenças diarreicas bacterianas (Gomes *et al.*, 2017). Relatórios oficiais brasileiros apontam que entre os anos de 2009 a 2018, peixes, crustáceos moluscos, *in natura* e processados, corresponderam a 2,1 % dos alimentos envolvidos nos 4.499 surtos² notificados³ (Brasil, 2019).

Ainda no quesito sanidade e mediante a suscetibilidade dos peixes aos diferentes agentes etiológicos, se faz importante o monitoramento constante e regular do ambiente de criação, como forma de detectar precocemente qualquer situação não típica nos animais (Faria *et al.*,

¹Estado de saúde dos animais, compreendendo sua capacidade de resistir e se recuperar de doenças.

²Aumento localizado do número de casos de uma doença.

³Comunicação obrigatória à autoridade de saúde, realizada pelos médicos, profissionais de saúde ou responsáveis pelos estabelecimentos de saúde, públicos ou privados, sobre a ocorrência de suspeita ou confirmação de doença, agravamento ou evento de saúde pública, descritos no anexo, podendo ser imediata ou semanal (Brasil, 2025).

2014). E nesse quesito, os microrganismos indicadores revelam muito sobre a qualidade microbiológica, pois podem sinalizar para a presença de contaminação fecal, indicar condições sanitárias inadequadas, além de sinalizar para a presença de bactérias potencialmente patogênicas.

Em relação ao controle sanitário, os peixes vivos sofrem com a contaminação bacteriana, sobretudo na pele, brânquias e escamas, que se pode se espalhar para outros tecidos depois da morte do animal, a exemplo da parte comestível (musculatura estriada esquelética). Os principais microrganismos contaminantes associados ao ambiente aquático habitado pelos peixes são as bactérias do gênero *Vibrio*, *Escherichia coli*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Aeromonas* sp. e *Staphylococcus* sp. (Peixoto *et al.*, 2012; Ferro, 2019).

Em uma abordagem microbiológica, um dos principais indicadores capazes de indicar contaminação é a pesquisa da bactéria *E. coli*. Principalmente essa espécie, mas, também de algum modo, os coliformes termotolerantes são classificados como bactérias indicadoras de contaminação fecal, utilizadas como padrões microbiológicos rotineiramente para atestar a qualidade higiênico-sanitária. Os critérios aceitos em relação às populações permitidas desses indicadores estão definidos em diversas legislações associadas ao tema, a exemplo da Instrução Normativa (IN) nº 161, datada de 01 de julho de 2022, publicada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece os padrões de qualidade microbiológica dos alimentos (Brasil, 2022).

Na produção de alimentos, a qualidade da matéria-prima é fator indispensável para garantir um produto final inócuo e que não represente risco ao consumidor (Pinheiro; Wada; Pereira, 2010). Para Ferreira (2006) e Resende *et al.* (2021), vários fatores contribuem para que ocorra a contaminação dos produtos de origem animal (POAs), em que se ressalta: (i) condições precárias de higiene do local onde os POAs são produzidos; (ii) falta de superfícies, equipamentos e utensílios adequados e higienizados; e, (iii) negligência na higiene pessoal, principalmente dos colaboradores envolvidos diretamente na cadeia produtiva. Portanto, incentivar boas práticas agropecuárias nos cultivos e assegurar a criação de peixes em ambientes sanitariamente adequados e livres de contaminantes são medidas imprescindíveis para prevenir a contaminação por microrganismos, sejam eles deteriorantes e patogênicos.

1.1 Justificativa

A piscicultura cresce mundialmente ao passo que as estatísticas oficiais registram declínio da pesca extrativista, esta última consequência da redução dos estoques pesqueiros. Todos os indicativos de qualidade, potencial de produtividade e expectativa de demanda apontam o peixe como um produto alternativo do futuro. A piscicultura mundial vem respondendo a esta pressão de produção, crescendo anualmente em várias Regiões do mundo, inclusive mais que qualquer outra exploração animal já consolidada (avicultura, suinocultura e bovinocultura por exemplo), e as projeções oficiais indicam que esse crescimento continuará.

Nesse cenário, o Maranhão é o terceiro maior produtor de peixes nativos do Brasil, segundo relatório da Associação Brasileira de Piscicultura (PEIXE BR) no ano de 2023. Estratégias bem construídas e medidas de apoio à atividade aquícola convergiram para a consolidação do Estado como um dos principais produtores de peixes cultivados da região Nordeste.

As espécies mais cultivadas no Maranhão são; o tambaqui (*Colossoma macropomum*), tambatinga (cruzamento de fêmea de *C. macropomum* e macho de *Piaractus brachipomus*), curimatá (*Prochilodus lineatus*), piaui (*Leporinus obtusidens*), matrinxã (*Brycon cephalus*), panga (*Pangasianodon hypophthalmus*) e tilápia (*Oreochromis* sp.) (Caldas *et al.*, 2024). Diferentemente da situação brasileira que tem a tilápia como a espécie mais produzida, os peixes nativos no Maranhão confirmam a característica intrínseca da piscicultura maranhense e a aceitabilidade dos mesmos no mercado interno estadual, com destaque para o tambaqui e seus híbridos (Souza *et al.*, 2022).

A busca por maior produtividade adensou cada vez mais os sistemas produtivos, colocando cada vez mais peixes em volumes de água menores. Na contemporaneidade, a pressão econômica na indústria alimentícia exige que a produção seja feita de forma a maximizar a sua eficiência no espaço mínimo de tempo. Nos sistemas de produção animal intensivos, os mais escolhidos, há um número elevado de animais. Por outro lado, a obtenção de índices produtivos positivos também estimulou a ocorrência de doenças (Ponte, 2013).

Ao se abordar a relevância da microbiologia na cadeia produtiva de peixes, é necessário analisar todos os elementos que podem levar à contaminação nos sistemas produtivos. Isso se deve às características inerentes dos peixes e às condições das criações (extrínsecas). Sobre esse último quesito, a captura de peixes pode ocorrer em condições inadequadas de higiene, o que resulta na contaminação dessa classe de vertebrados por uma ampla variedade de microrganismos (Galvão, 2020).

Diante do contexto apresentado, chegou-se a seguinte questão norteadora: as enterobactérias podem ocorrer em *C. macropomum* produzidos em sistema intensivo no estado do Maranhão? Dessa forma, infere-se que a pesquisa apresenta relevância científica e social pelo fato de contribuir com informações sobre a sanidade de peixes e o provável impacto para a saúde pública, podendo servir como subsídio para a atuação dos órgãos responsáveis pela vigilância epidemiológica das propriedades rurais destinadas ao cultivo de peixes, bem como representa uma oportunidade de aprendizado acadêmico à graduanda que desenvolveu este Trabalho de Conclusão de Curso - TCC.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

- Avaliar a ocorrência de enterobactérias em *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) criados em sistema intensivo na Ilha do Maranhão, promovendo a discussão no âmbito do impacto para a sanidade animal e saúde pública.

1.2.2 Específicos

- Realizar o isolamento bacteriano em amostras de amostras de *C. macropomum* criados em sistema intensivo na Ilha do Maranhão.
- Realizar identificação fenotípica de isolados bacterianos integrantes da Família Enterobacteriaceae nas amostras de peixes avaliadas.

1.3 Estrutura do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)

O trabalho de conclusão de curso (TCC) está dividido em três (03) capítulos:

- **Capítulo I:** consta a introdução geral do trabalho, onde está inserida a justificativa, além dos objetivos gerais e específicos.

- **Capítulo II:** encontra-se a revisão de literatura do trabalho centrada em tópicos importantes da temática trabalhada.
- **Capítulo III:** é apresentado o artigo intitulado “**OCORRÊNCIA DE ENTEROBACTÉRIAS EM *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816) (CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE) CULTIVADOS EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO NA ILHA DO MARANHÃO**”, adequado às normas do periódico Acta Veterinaria Brasilica⁴, ISSN 1981-5484.

REFERÊNCIAS⁵

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Coordenação Geral de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). **Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil**. Brasília: SINAN, 2019. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/>. Acesso em: 10 nov. de 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 de julho de 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2. Acesso em: 22 mar. de 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Notificação Compulsória**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/notificacao-compulsoria>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

CALDAS, J. M. A. *et al.* Alternativas tecnológicas sustentáveis para a elaboração de couro de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G.; MARQUES, L. F. In: Inovações em pesquisas agrárias e ambientais - Volume II / . – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024. p- 6-17.

FARIA, R. H. S. *et al.* **Manual de criação de peixes em viveiros**. 1ª ed. Brasília. CODEVASF, 2014. 146 p.

FERREIRA, S. M. S. **Contaminação de alimentos ocasionada por manipuladores**. 2006. Monografia (Curso de Especialização em Qualidade em Alimento), Universidade de Brasília, Brasília.

⁴ Normas da Revista Acta Veterinaria Brasilica: mailto:https://proppg.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/11/2023/02/AVB_NORMAS_DIRETRIZES_FEV2023.pdf

⁵ Capítulo formatado de acordo com as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Normas Brasileiras (NBRs) 105520/2002 (citações), 14724/2011(trabalhos acadêmicos), 6023/2018 (referências).

FERRO, C. M. M *et al.* Cuidados com a qualidade de pescado. **Neoprospecta**, 2019. Disponível em: <https://blog.neoprospecta.com/cuidados-qualidade-pescados/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

GALVÃO, S. **A importância da microbiologia do pescado e os impactos na saúde pública**. 2020. Disponível em: <https://portalefood.com.br/pescado/a-importancia-da-microbiologia-na-cadeia-do-pescado-e-os-impactos-na-saude-publica/>. Acesso em: 06 ago. 2020.

GOMES, L. O. *et al.* Aspectos epidemiológicos das enteroinfecções bacterianas em menores de 5 anos de idade em Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 8, n. 4, p. 35-43, 2017. <https://doi.org/10.5123/s2176-62232017000400008>

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe Br. **Anuário 2024 Peixe BR da Piscicultura**. 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

PEIXOTO, L. J. S. *et al.* *Aeromonas* spp: fatores de virulência e perfis de resistência a antimicrobianos e metais pesados. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 3, p. 453-461, 2012.

PINHEIRO, M. B.; WADA, T. C.; PEREIRA, C. A. M. **Análise microbiológica de tábuas de manipulação de alimentos de uma instituição de ensino superior em São Carlos-SP**. 2010. São Carlos, SP. Centro Universitário Central Paulista (UNICEP).

PONTE, H. **Plano de ação nacional para a redução do uso de antibióticos nos animais**. Direção Geral de Alimentação e Veterinária, Lisboa. 2013.

REZENDE, C. L. e. *et al.* Qualidade microbiológica de alimentos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e572101422344, 2021. Ribeiro, 2008

ROCHA, C. T. *et al.* Legislação aplicada a aquicultura no estado de Rondônia. In: Pacheco, C. S. G. R., dos Santos R. P. **Tópicos atuais em ciências e tecnologia das águas**. Guarujá -SP: Editora Científica Digital, 2024. 180 p.

SOUZA, Antonio Carlos Freitas et al. Piscicultura no estado do Maranhão: perspectivas para aceleração da produção de peixes nativos. **Scientia Plena**, v. 18, n. 2, 2022.

CAPÍTULO II

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Panorama da Piscicultura no Mundo e no Brasil

A aquicultura tem se destacado globalmente como uma das atividades de produção de proteína animal de crescimento mais rápido. A piscicultura, ramo da aquicultura voltado à criação de peixes em cativeiro, tem se consolidado como uma das atividades agroindustriais que mais crescem no mundo. De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2022), a produção global oriunda da aquicultura alcançou 122,6 milhões de toneladas no ano de 2020, das quais 87,5 milhões de toneladas foram de animais aquáticos. Esse crescimento é resultado da crescente demanda por proteína animal, da redução de estoques pesqueiros naturais e da melhoria das técnicas de cultivo.

A tendência de expansão continua, com projeções indicando que, até o ano de 2030, a aquicultura será responsável por mais de 60 % da produção mundial de peixes (FAO, 2022).

No contexto brasileiro, a piscicultura vem ganhando importância no cenário econômico nacional. Segundo a Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2023), o Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo no ano de 2023, com crescimento de 3,1 % em relação a 2022 (860.355 toneladas), com destaque para a tilápia (*Oreochromis* sp.), que representou 65 % da produção. Os peixes nativos, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e seus híbridos, também tiveram papel relevante, compondo aproximadamente 30 % do total produzido.

A piscicultura é praticada em praticamente todos os estados brasileiros, com destaque para o Paraná, São Paulo e Rondônia. Esses Estados concentram investimentos em infraestrutura, pesquisa e desenvolvimento tecnológico, favorecendo o crescimento sustentável da atividade. Contudo, desafios como a regularização ambiental, o acesso a crédito e a industrialização da produção, ainda, limitam o pleno desenvolvimento do setor em várias regiões do país (Silva *et al.*, 2021).

Pelo supracitado, constata-se que tanto no cenário global, quanto no âmbito brasileiro, a piscicultura apresenta um panorama promissor, sendo uma alternativa viável para o fornecimento sustentável de proteína de origem animal, com potencial para contribuir significativamente com a segurança alimentar e a geração de emprego e renda.

2.2 Piscicultura no Estado do Maranhão

O Maranhão tem se destacado na piscicultura, apresentando crescimento significativo nos últimos anos. Em 2023, a produção de peixes de cultivo no Estado foi de 49.153 toneladas (t). Esse crescimento é fortemente atribuído à expansão da produção de espécies nativas e à implementação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento da aquicultura (Peixe Br, 2024).

O Estado do Maranhão, por suas características geográficas e climáticas, reúne condições bastante favoráveis para o desenvolvimento da piscicultura. A abundância de recursos hídricos, a presença de grandes bacias hidrográficas e o clima predominantemente tropical tornam o estado um ambiente propício para o cultivo de espécies de peixes nativos e exóticos. Nos últimos anos, essa atividade tem ganhado destaque como uma alternativa viável de geração de renda e fortalecimento da economia rural.

De acordo com o Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), a piscicultura está presente em aproximadamente 194 municípios maranhenses, com destaque para a região da Ilha de São Luís, onde se concentram vários projetos de cultivo em sistemas intensivos e semi-intensivos (Imesc, 2023). Ainda de acordo com o referido Instituto, essa expansão está ligada à crescente demanda por peixes e ao incentivo de políticas públicas que buscam dinamizar o setor aquícola no estado do Maranhão.

Segundo o Anuário da Associação Brasileira de Piscicultura (Peixe BR, 2024), foram produzidos no Maranhão, em 2023, 49.153 toneladas (t) de peixes, das quais 38.343 t eram de peixes nativos (tambaqui, tambatinga, curimatá, piaui e matrinxã); 5.800 t de carpas, trutas e pangásius; e, 5.010 t de tilápia (Peixe BR, 2024). Ainda que o estado não esteja entre os três maiores produtores nacionais, o desempenho é expressivo dentro da região Nordeste, especialmente no cultivo de espécies como o tambaqui (*C. macropomum*), o tambacu e a tilápia.

Outro fator que impulsiona a piscicultura no Maranhão é a formulação de políticas de desenvolvimento territorial e inclusão social. Projetos de fomento à piscicultura familiar, como os implementados pelo Governo do Estado e pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), têm buscado capacitar produtores, melhorar o acesso a tecnologias e promover a regularização ambiental das unidades produtivas. No entanto, ainda há entraves relacionados à logística, à industrialização da produção e à assistência técnica continuada, que dificultam a consolidação de uma cadeia produtiva mais estruturada (O Presente Rural, 2025).

Apesar dos desafios, o potencial da piscicultura maranhense é inegável. Mas, para a sua consolidação há a necessidade da adoção de práticas sustentáveis, maior integração entre os agentes da cadeia produtiva e investimentos em inovação e infraestrutura. Dessa forma, o setor pode contribuir significativamente para o desenvolvimento socioeconômico regional, fortalecendo a segurança alimentar e a geração de emprego no campo.

2.3 Produção de *Colossoma macropomum* no Estado do Maranhão

O *Colossoma macropomum*, conhecido popularmente como tambaqui, é uma das espécies de peixes nativos mais cultivadas na piscicultura brasileira, especialmente na região Norte e em estados do Nordeste, como o Maranhão. De acordo com estudos, essa espécie destaca-se pelo rápido crescimento, resistência a enfermidades, adaptabilidade a diferentes sistemas de cultivo e boa aceitação no mercado consumidor, sendo frequentemente utilizada em monocultivos ou em sistemas de policultivo com outras espécies nativas.

O tambaqui é uma das principais espécies nativas cultivadas no Maranhão. Estudos indicam que a produção de tambaqui no estado tem potencial para crescimento, especialmente com a adoção de tecnologias de cultivo e manejo adequadas (Viana *et al.*, 2022).

No contexto maranhense, o tambaqui ocupa papel de destaque na produção aquícola, sendo cultivado principalmente em viveiros escavados, em sistemas intensivos e semi-intensivos. A espécie tem se mostrado bem adaptada às condições climáticas e hidrológicas do estado, favorecendo sua expansão entre pequenos e médios produtores rurais (Peixe BR, 2023).

A maior parte da produção de tambaqui no Maranhão é destinada ao mercado interno, sendo comercializada na forma de peixe fresco e resfriado, mas também em formas processadas, como filés e cortes congelados. No entanto, a ausência de uma estrutura industrial bem consolidada, ainda, representa um desafio para o escoamento e valorização do produto final, principalmente em mercados mais exigentes (Silva; Moraes, 2020).

A intensificação da criação dessa espécie no Estado, especialmente em sistemas de alta densidade, tem contribuído para o aumento de enfermidades bacterianas, incluindo aquelas associadas à família Enterobacteriaceae. Esse cenário ressalta a importância de práticas rigorosas de manejo da água e de higiene nas unidades de produção, a fim de mitigar riscos tanto à saúde dos animais quanto à saúde pública.

Pelos aspectos acima citados, infere-se que a produção de *C. macropomum* no Maranhão mostra-se como uma atividade promissora e estratégica para o desenvolvimento regional, mas

que requer investimentos contínuos em infraestrutura, capacitação técnica e controle sanitário para atingir maior competitividade e sustentabilidade e garantir a ofertas de matéria-prima de qualidade e inócua, inclusive, com vistas a não colocar em risco a saúde do consumidor com a veiculação de agentes etiológicos causadores de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA).

2.4 Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA)

As doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) são causadas pela ingestão de água e alimentos contaminados por bactérias e suas toxinas, vírus, parasitas intestinais oportunistas ou substâncias químicas. No mundo, existem mais de 250 tipos de DTHA identificados, sendo responsáveis por casos e surtos⁶ que afetam a saúde pública. A contaminação pode ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a produção até o consumo final (Brasil, 2025).

As DTHA representam um importante problema de saúde pública em todo o mundo, especialmente em regiões onde há precariedade no saneamento básico, no controle da qualidade da água e dos alimentos (Brasil, 2020). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que mais de 600 milhões de pessoas adoçam anualmente por consumir alimentos contaminados, resultando em aproximadamente 420 mil mortes, e as regiões de baixa e média renda são as mais afetadas (WHO, 2022). No Brasil, as DTHA são frequentes e, apesar dos avanços nos sistemas de vigilância e controle, surtos associados ao consumo de água imprópria e de alimentos contaminados são relatados com regularidade (Brasil, 2021), apesar de subnotificados.

A água é considerada uma das principais vias de transmissão dos agentes etiológicos das DTHA. De igual modo, os alimentos, especialmente aqueles de origem animal como carne, leite, ovos e pescado, também podem veicular agentes etiológicos quando produzidos, manipulados ou conservados inadequadamente (Franco; Landgraf, 2019).

No caso específico do pescado⁷, que é muitas vezes consumido cru ou malcozido, o risco de transmissão de DTHA aumentam, principalmente em cadeias produtivas com baixo

⁶Surto de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA) é quando duas ou mais pessoas apresentam doença ou sinais e sintomas semelhantes após ingerirem alimentos e/ou água da mesma origem, normalmente em um mesmo local (Brasil, 2025).

⁷ Peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os répteis, os equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana (Brasil, 2020).

controle higiênico-sanitário. Esses micro-organismos podem ser introduzidos nos sistemas aquícolas por meio da água contaminada, ração, utensílios mal higienizados, pelo manuseio dos animais ou pelos colaboradores.

Além dos prejuízos à saúde humana, as DTHA comprometem a qualidade dos produtos aquícolas, impactam negativamente o mercado consumidor e geram perdas econômicas consideráveis ao setor produtivo. Por isso, a prevenção dessas doenças requer medidas integradas de boas práticas de manejo, controle de qualidade da água, fiscalização sanitária e educação dos colaboradores envolvidos na manipulação do alimento.

2.4.1 Pescado e as doenças de origem alimentar (DTHA)

O pescado, por suas características físico-químicas, representa um alimento altamente perecível e suscetível à contaminação por micro-organismos patogênicos e deteriorantes, especialmente quando submetido a condições inadequadas de manejo, conservação e comercialização. Essa vulnerabilidade intrínseca torna esse produto de origem animal (POA), uma importante fonte de transmissão de DTHA, particularmente em regiões com baixa fiscalização sanitária e práticas higiênicas deficientes (Franco; Landgraf, 2019).

A ingestão de alimentos contaminados pode resultar em quadros gastrointestinais severos, incluindo diarreia, vômitos, febre, e em casos mais graves, septicemia e até morte, especialmente em indivíduos imunocomprometidos.

Dessa forma, o controle sanitário ao longo da cadeia produtiva do pescado (da produção ao consumo) é essencial para minimizar os riscos de toxinfecções alimentares.

2.5 Padrões Microbiológicos para Alimentos no Brasil

No Brasil, as legislações brasileiras que estabelecem os parâmetros microbiológicos para alimentos expostos à venda é composta, principalmente pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 724, de 1º de julho de 2022, que dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação e, pela Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1º de julho de 2022, ambas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que estabelece as listas com esses padrões. O não cumprimento dos padrões estabelecidos, indica falhas graves em etapas como abate, evisceração, armazenamento ou transporte do produto.

Além de garantir a segurança dos alimentos, os padrões microbiológicos também funcionam como ferramenta para avaliar a eficácia das BPF e do sistema APPCC, especialmente em produtos com alta perecibilidade, como o pescado (Silva; Martins; Gonçalves, 2020). Nesse contexto, a verificação periódica dos parâmetros microbiológicos torna-se uma importante ferramenta de gestão da qualidade e segurança sanitária.

O controle microbiológico dos alimentos é essencial para prevenir as DTHA, reduzir perdas econômicas e assegurar a competitividade dos produtos brasileiros no mercado nacional e internacional. Para isso, são monitorados grupos de micro-organismos indicadores de contaminação fecal, deterioração e patogenicidade, como coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. (Franco; Landgraf, 2019).

O termo “microrganismos indicadores” foi sugerido no ano de 1977 por Ingram e constitui um grupo taxonômico, fisiológico ou ecológico de microrganismos cuja presença ou ausência evidencia indiretamente alguma característica pregressa da amostra. De forma genérica, um indicador microbiológico deve possuir algumas características importantes como: (i) fácil detecção e identificação; (ii) estar sempre presente na amostra junto a outro microrganismo patogênico; (iii) ter como *habitat*, preferencialmente o trato intestinal; (iv) e, estar ausentes em alimentos livres de patógenos. *E. coli*, enterobactérias e enterococos são os microrganismos indicadores utilizados na rotina microbiológica (Forsythe, 2013).

A aplicação dos critérios microbiológicos é de responsabilidade dos serviços de inspeção sanitária federal, estadual e municipal, da vigilância sanitária e dos estabelecimentos produtores e elaboradores de alimentos, que devem manter programas de autocontrole e análises laboratoriais regulares (Vieira; Costa; Almeida, 2021). Portanto, o cumprimento dos padrões microbiológicos representa uma medida preventiva imprescindível na cadeia produtiva de alimentos.

2.5.1 Família Enterobacteriaceae

A família Enterobacteriaceae compreende um grupo extenso e diversificado de bactérias Gram-negativas, anaeróbias facultativas, em sua maioria móveis e oxidase-negativas, com capacidade de fermentação da glicose. Esses micro-organismos estão amplamente distribuídos na natureza e alguns habitam o trato gastrointestinal de seres humanos e animais homotérmicos, além de estarem presentes no solo, na água e em vegetais (Tortora; Funke; Case, 2017).

Do ponto de vista da segurança de alimentos, a família Enterobacteriaceae inclui importantes patógenos e indicadores de contaminação, como as espécies *E. coli*, *Salmonella* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp. e *Serratia* spp. (Franco; Landgraf, 2019).

A preocupação com os integrantes da família Enterobacteriaceae se intensifica devido ao aumento de cepas multirresistentes aos antimicrobianos, o que representa um desafio para a saúde pública mundial. Estudos recentes relatam a presença de genes de resistência, como *blaCTX-M* e *blaKPC*, em amostras ambientais e alimentares, o que evidencia a importância da vigilância microbiológica e do uso racional de antibióticos na criação de animais (Ferreira *et al.*, 2022).

No pescado, a presença de enterobactérias está frequentemente associada à contaminação fecal ou ambiental, podendo ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a criação até a comercialização. De acordo com Essa contaminação pode ser intensificada em sistemas intensivos de cultivo, como os adotados em diversas regiões brasileiras, onde a alta densidade populacional de peixes e o uso inadequado da água favorecem o crescimento microbiano (Nunes *et al.*, 2021).

Algumas espécies bacterianas podem não apenas depreciar a qualidade do pescado, mas também representar um risco à saúde pública, caso estejam presentes em níveis acima dos permitidos na legislação brasileira, a exemplo da IN nº 161 de 2022 da ANVISA (Brasil, 2022).

A detecção dessas bactérias no pescado reflete, muitas vezes, falhas nas boas práticas de manejo, processamento ou armazenamento. Ademais, a presença de enterobactérias pode impactar negativamente a aceitação comercial dos alimentos, sobretudo os destinados à exportação, uma vez que mercados internacionais exigem conformidade com padrões microbiológicos rígidos (Silva *et al.*, 2021).

2.5.1.1 Coliformes totais

O grupo dos coliformes totais é formado por bactérias Gram-negativas, em forma de bastonetes, que fermentam a lactose com produção de gás e ácido em até 48 horas a 35 – 37 °C. Embora não sejam necessariamente patogênicas, essas bactérias são amplamente utilizadas como indicadores de contaminação ambiental e condições higiênico-sanitárias de alimentos e água (Franco; Landgraf, 2019).

Os coliformes totais pertencem majoritariamente à família Enterobacteriaceae, incluindo gêneros como *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Escherichia*. Sua presença em

alimentos de origem animal, como pescado, não indica obrigatoriamente risco direto à saúde, mas evidencia falhas nos processos de higiene, manuseio e conservação (Silva *et al.*, 2021).

A contaminação por coliformes totais pode ocorrer em diversas etapas da cadeia produtiva: na água utilizada na piscicultura, durante o processamento, transporte e armazenamento do pescado.

No Brasil, os coliformes totais são considerados parâmetros importantes em legislações que disciplinam sobre a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos. A IN nº 161 de 2022 da ANVISA (Brasil, 2022) estabelece limites para esses grupo micro-organismos em diversas categorias de alimentos, especialmente os que não sofrem posterior tratamento térmico antes do consumo.

Do ponto de vista ambiental, a presença de coliformes totais na água utilizada para criação de peixes também é um fator crítico. Segundo a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, o monitoramento desses indicadores é fundamental para garantir a qualidade da água em corpos hídricos utilizados para aquicultura e recreação (Brasil, 2005). Logo, o controle e a vigilância da presença de coliformes totais em sistemas de produção aquícola e nos produtos finais são estratégias fundamentais para assegurar alimentos seguros, reduzir perdas econômicas e proteger a saúde dos consumidores.

2.5.1.2 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes, anteriormente designados como coliformes fecais, são um subconjunto do grupo dos coliformes totais, capazes de fermentar lactose com produção de ácido e gás a 44,5 °C em 24 horas. São considerados indicadores mais específicos de contaminação fecal recente, já que predominam no intestino de animais de sangue quente, incluindo os seres humanos (Franco; Landgraf, 2019).

Entre os representantes desse grupo, destaca-se a *E. coli*, amplamente utilizada como principal indicador microbiológico de contaminação fecal. A detecção de coliformes termotolerantes em alimentos e águas destinadas ao consumo humano é um alerta para a possível presença de patógenos entéricos.

Em produtos da pesca, como o peixe cultivado ou de ambiente natural, a presença de coliformes termotolerantes está associada a práticas inadequadas de manejo, uso de água contaminada, manipulação incorreta e deficiências na higienização de equipamentos e

instalações (Costa *et al.*, 2020). Esses fatores comprometem tanto a qualidade do alimento quanto a saúde dos consumidores, podendo levar à ocorrência de surtos de DTHA.

Segundo informações da Secretaria de Vigilância em Saúde, entre 2007 e 2016 foram notificados 6.632 surtos de DTA, sendo que o pescado ocupou a 11ª colocação entre os alimentos causadores dos surtos, dos quais os principais agentes causadores foram *Salmonella* sp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (Brasil, 2016).

Do ponto de vista regulatório, a IN nº 161 de 2022 da ANVISA (Brasil, 2022) estabelece critérios microbiológicos para coliformes termotolerantes em diferentes categorias de alimentos, incluindo produtos de origem animal. A norma determina limites máximos permitidos e orienta sobre ações corretivas em caso de não conformidade.

Além disso, a presença desses micro-organismos em águas utilizadas para aquicultura e recreação é monitorada por meio da Resolução CONAMA nº 357/2005, a contaminação por coliformes termotolerantes nesse contexto representa um risco tanto à saúde pública quanto à sustentabilidade da produção aquícola (Brasil, 2005).

Pelo supracitado, constata-se que o controle rigoroso da presença de coliformes termotolerantes é fundamental para garantir a inocuidade dos alimentos, assegurar o cumprimento da legislação sanitária e proteger os consumidores contra doenças de origem hídrica e alimentar.

2.5.1.3 *Escherichia coli*

A bactéria *E. coli* é um bacilo Gram-negativo pertencente à família Enterobacteriaceae. Presente naturalmente na microbiota intestinal de seres humanos e animais de sangue quente, a maioria de suas cepas é comensal e não patogênica. No entanto, algumas linhagens possuem potencial patogênico, podendo causar infecções intestinais e extraintestinais, incluindo gastroenterites, infecções urinárias, meningites neonatais e septicemias (Franco; Landgraf, 2019).

No contexto da segurança de alimentos, *E. coli* é considerada o principal indicador de contaminação fecal em alimentos e água. Sua presença em produtos de origem animal (POAs), como carne, leite, ovos e pescado, pode indicar falhas nas práticas de higiene, uso de água contaminada, manipulação inadequada e ausência de controle sanitário. A contaminação de pescado com *E. coli* é especialmente preocupante em ambientes de piscicultura intensiva, onde

a densidade populacional elevada e a reutilização de água favorecem a disseminação desse microrganismo (Nunes *et al.*, 2022).

Do ponto de vista clínico, a estirpe de *Escherichia coli* O157:H7 ganhou destaque por seu potencial em causar surtos graves de infecção alimentar. Essa cepa pertence ao grupo das *E. coli* produtoras de toxina Shiga (STEC), associadas a quadros como colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica, especialmente em crianças, idosos e indivíduos imunocomprometidos (Torres *et al.*, 2020).

A IN nº 161 de 2022 divide os alimentos em categorias específicas, como carnes e derivados, pescado, leites e laticínios, ovos e vegetais minimamente processados, e determina os limites máximos permitidos para determinados micro-organismos. Por exemplo, no caso de pescado frescos ou refrigerados consumidos crus, o limite para *E. coli* é de 10^2 UFC/g, enquanto *Salmonella* deve estar ausente em 25 g da amostra (Brasil, 2022).

Além disso, a detecção de cepas de *E. coli* multirresistentes a antimicrobianos têm sido relatadas com crescente frequência em alimentos, incluindo peixes, o que representa um desafio para a saúde pública, pois essas bactérias podem transferir genes de resistência à microbiota intestinal humana (OLMEDO *et al.*, 2016). Portanto, a vigilância microbiológica para *E. coli* é fundamental tanto para assegurar a qualidade sanitária de alimentos quanto para prevenir a disseminação de doenças infecciosas e resistência antimicrobiana.

2.6 Diagnóstico de Micro-organismos Indicadores em Alimentos e Água

O diagnóstico de micro-organismos indicadores em alimentos e água é uma ferramenta essencial no controle higiênico-sanitário de produtos destinados ao consumo humano. Esses micro-organismos, embora nem sempre patogênicos, servem como marcadores da qualidade microbiológica e da eficácia dos processos de higienização, armazenamento e processamento (Franco; Landgraf, 2019).

Entre os principais micro-organismos utilizados como indicadores estão os coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e, em alguns casos, enterobactérias em geral. A presença dessas bactérias sugere possível contaminação fecal e condições inadequadas de manipulação dos alimentos e da água, podendo indicar a existência de patógenos.

A detecção de indicadores bacterianos é realizada com base em métodos microbiológicos clássicos, como a técnica dos tubos múltiplos, placas de Petrifilm™ e meios cromogênicos seletivos.

No caso específico da água, a legislação brasileira, representada pela Portaria GM/MS nº 888 de 2021 do Ministério da Saúde (MS), estabelece padrões microbiológicos com base em *E. coli* e coliformes termotolerantes como principais indicadores da potabilidade. Já para alimentos, a IN nº 161/2022 da ANVISA define limites microbiológicos aceitáveis conforme o tipo de produto, estabelecendo protocolos para ações corretivas em caso de não conformidade (Brasil, 2021; Brasil, 2022).

A análise microbiológica do pescado e outros alimentos perecíveis é importante em sistemas de produção intensiva, como a piscicultura, onde há maior risco de disseminação de agentes microbiológicos em função da densidade populacional, qualidade da água e práticas de manejo, além de serem fundamentais para prevenir surtos de DTHA.

REFERÊNCIAS⁸

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais. **Diário Oficial [da] União**, seção 1, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020. Altera o Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017, que regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial [da] União**, 19 de agosto de 2020, p. 5.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano. **Diário Oficial [da] União**, seção 1, Brasília, DF, 05 maio 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] União**, seção 1, Brasília, DF, 4 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA). 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

DOS SANTOS, D. D. M.; COELHO, A. F. S. QuaLidade miCroBioLÓGiCa de pesCado ComerCiaLizado em Feiras Livres de Palmas-TO. **Higiene Alimentar**, v. 30, n. 262/263, 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. 2022. 226 p.

⁸ Capítulo formatado de acordo com as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Normas Brasileiras (NBRs) 105520/2002 (citações), 14724/2011(trabalhos acadêmicos), 6023/2018 (referências).

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2ª Edição. Porto Alegre – RS: Editora Artmed. 2013. 620 p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2019.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Imesc divulga Diagnóstico da Piscicultura Maranhense**. 2023. Disponível em: <https://imesc.ma.gov.br/portal/Post/noticias/1016>. Acesso: 5 jun. de 2025.

OLMEDO, L. M. B. *et al.* **Caracterização dos mecanismos de resistência aos antimicrobianos em cepas de *Escherichia coli* recuperadas de mariscos**. 2016.

O PRESENTE RURAL. Piscicultura cresce no Maranhão, mas industrialização ainda é desafio. 2025. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/piscicultura-cresce-no-maranhao-mas-industrializacao-ainda-e-desafio/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe Br. **Anuário da Piscicultura 2023**. São Paulo: Peixe BR, 2023. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/Anuario2023>. Acesso em: 25 abr. 2025.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe Br. **Anuário 2024 Peixe BR da Piscicultura**. 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

SILVA, A. C.; MARTINS, A. A.; GONÇALVES, E. M. Segurança microbiológica do pescado: um desafio para a cadeia produtiva. **Revista Higiene Alimentar**, v. 34, n. 290, p. 91-97, 2020.

SILVA, C. A. *et al.* Perfil de resistência antimicrobiana de *Aeromonas* spp. isoladas de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado no Amazonas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, n. 2, p. 345–352, 2021.

SILVA, A. F.; MORAIS, C. A. Comercialização do tambaqui no Nordeste: entraves e oportunidades. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, n. 3, p. 87-99, 2020.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 11. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VIANA, D. C. *et al.* Cadeia produtiva da piscicultura no estado do Maranhão. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, e39, 2022.

WHO. World Health Organization. **Food safety**. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Acesso em: 27 abr. de 2025.

CAPÍTULO III

**OCORRÊNCIA DE ENTEROBACTÉRIAS EM *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1816)
(CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE) CULTIVADOS EM SISTEMA INTENSIVO DE
PRODUÇÃO NA ILHA DO MARANHÃO**

RESUMO - Objetivou-se com o estudo avaliar a ocorrência de enterobactérias em *Colossoma macropomum* cultivados em sistema intensivo de produção na Ilha do Maranhão. Para isso, foram capturados 40 tambaquis, entre machos e fêmeas, oriundos de 10 pisciculturas da Ilha do Maranhão. Em ambiente laboratorial, foram removidos fragmentos musculares das amostras para a quantificação de coliformes totais e termotolerantes, isolamento e identificação bacteriana. A identificação fenotípica das enterobactérias foi realizada com a utilização de painel bioquímico comercial composto por 23 parâmetros. Foram quantificados em 30 % (n=12/40) e 15 % (n=6/40) dos peixes avaliados coliformes totais e coliformes termotolerantes, respectivamente, com populações bacterianas que variaram de 3,6 a ≥ 2.400 NMP/g. Das 12 amostras de *C. macropomum* contaminadas por bactérias do grupo coliformes, foram obtidos 63 isolados com a identificação de oito espécies distintas de enterobactérias, assim distribuídas: *Proteus vulgaris* (28,57 %); *Citrobacter freundii* (19,05 %); *Proteus mirabilis* (14,29 %); e, *Escherichia coli* (14,29 %). Identificaram-se também, mas em menores frequências, *Kluyvera ascorbata*, *Providência alcalifaciens*, *Edwardsiella hoshinae* e *Escherichia hermannii*. Conclui-se que as oito espécies de enterobactérias isoladas são indicativas de condições higiênico-sanitárias inadequadas e representam risco epidemiológico e sanitário para o meio ambiente, a biodiversidade aquática e a saúde humana.

Palavras-chave: Peixes amazônicos; pisciculturas; Nordeste; *Escherichia coli*.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the occurrence of enterobacteria in *Colossoma macropomum* cultivated in an intensive production system on Maranhão Island. For this purpose, 40 tambaquis, males and females, from 10 fish farms on Maranhão Island were captured. In a laboratory environment, muscle fragments were removed from the samples for quantification of total and thermotolerant coliforms, isolation and bacterial identification. The phenotypic identification of enterobacteria was performed using a commercial biochemical panel composed of 23 parameters. Total coliforms and thermotolerant coliforms were quantified in 30% (n = 12/40) and 15% (n = 6/40) of the fish evaluated, respectively, with bacterial populations ranging

from 3.6 to $\geq 2,400$ MPN/g. Of the 12 samples of *C. macropomum* contaminated by coliform bacteria, 63 isolates were obtained, with the identification of eight distinct species of enterobacteria, distributed as follows: *Proteus vulgaris* (28.57%); *Citrobacter freundii* (19.05%); *Proteus mirabilis* (14.29%); and *Escherichia coli* (14.29%). *Kluyvera ascorbata*, *Providencia alcalifaciens*, *Edwardsiella hoshinae* and *Escherichia hermannii* were also identified, but at lower frequencies. It is concluded that the eight species of enterobacteria isolated are indicative of inadequate hygienic-sanitary conditions and represent epidemiological and sanitary risks to the environment, aquatic biodiversity and human health.

Keywords: Amazonian fish; fish farming; Northeast; *Escherichia coli*.

INTRODUÇÃO

Muito se discute sobre o crescimento exponencial da população humana, bem como as formas de prover alimentos em quantidade, qualidade e inócuos para todos. Indubitavelmente, a produção de alimentos é um importante aspecto a ser estudado com o objetivo central de manter a humanidade nutrida, ao mesmo tempo em que a atividade produtiva não provoque mudanças irreversíveis e danosas ao meio ambiente (FAO, 2020; RODRIGUES, 2021).

Na contemporaneidade, alimentar-se de maneira saudável e sustentável atrai progressivamente mais pessoas, contudo, se constitui em um dos principais obstáculos da humanidade. No cenário da alimentação e nutrição, a proteína é indispensável para saúde humana e a demanda por ela cresce similarmente ao aumento populacional.

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2016), uma organização internacional composta por 38 países que buscam promover políticas que melhorem o bem-estar econômico e social das pessoas ao redor do mundo, apresentou um panorama sobre a produção agropecuária, em que se constata a perda do espaço das proteínas oriundas de aves, suínos e bovinos para a do pescado, que se tornou a proteína animal mais consumida, produzida e comercializada em todo mundo, e que deverá se manter assim até o ano de 2025.

Em termos mundiais, a China é responsável por aproximadamente 35 % da produção de peixes, o que a torna líder entre os países que mais produzem esses organismos. Excetuando a China, a Ásia participa com 34 % de toda a produção, as Américas com 14 %, a União Europeia com 10 %, a África com 7 % e a Oceania com 1%. Já, o Brasil ocupa apenas a 13ª posição na produção de peixes em cativeiros. Mas, o relatório da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2020) mostra o País como uma potência mundial na produção dessa classe de vertebrados.

Para FOGAÇA (2020), o potencial de produção de peixes do Brasil está sendo mal aproveitado, considerando que ele dispõe de grande variedade de corpos de água disponíveis para a exploração. O pesquisador destaca, ainda, alguns dos principais entraves da piscicultura brasileira: (i) incipiência de informações sobre o setor; e, (ii) falta de investimentos em pesquisa e tecnologia, com vistas a tornar a atividade mais sustentável, eficiente, rentável e segura.

O Maranhão apresenta abundância de recursos hídricos, caracterizados pela malha hídrica disponível, clima favorável, temperaturas elevadas, luminosidade durante o ano todo, além da viabilidade do cultivo de espécies nativas já adaptadas ao ambiente de cativeiro, como o *Colossoma macropomum* e seus híbridos (VIANA et al., 2022; ROCHA et al., 2024). Segundo informações do Anuário da Associação Brasileira de Piscicultura, foram produzidos no Maranhão, em 2023, 49.153 toneladas (t) de peixes, das quais 38.343 t eram de peixes nativos (tambaqui, tambatinga, curimatá, piau e matrinxã); 5.800 t de carpas, trutas e pangásius; e, 5.010 t de tilápia (PEIXE BR, 2024). Com esse resultado, o Estado mantém a 6ª posição no ranking dos estados produtores, evidenciando que mesmo com as dificuldades encontradas pelo setor, a produção cresce ano após ano.

O Maranhão apresenta um dos melhores arranjos produtivos para pequenos piscicultores no Brasil, dispondo de área total de 14.421 hectares destinados à piscicultura. O Estado possui 49.958 viveiros, mas não registra utilização de tanques-rede, um modelo que poderia contribuir para diversificar e aumentar a produção. Para o Estado manter o crescimento e consolidar-se como um grande polo produtivo, avanços na industrialização e na regularização ambiental são indispensáveis (O PRESENTE RURAL, 2025).

Considerando a importância da piscicultura para o mundo, como sumarizado acima, faz-se necessária a avaliação premente da qualidade dos peixes produzidos. Nesse interim, cita-se a Associação Brasileira de Piscicultura que ressalta que ainda existe grande informalidade na comercialização dos produtos aquícolas no Brasil (PEIXE BR, 2019), situação extensiva ao estado do Maranhão. Sobre esse último quesito é importante considerar que os peixes constituem uma matriz alimentícia perecível (BARRETO et al., 2012), que se deterioram rapidamente se não forem manipulados, processados e armazenados adequadamente seguindo as boas práticas agropecuárias e de manipulação.

Logo, se faz pertinente e necessário disponibilizar informações que colaborem com o controle de qualidade e a vida útil dos peixes amazônicos, considerando a incipiência de registros na literatura sobre os padrões de identidade e qualidade de espécies nativas. Nesse contexto, objetivou-se com o estudo avaliar a ocorrência de enterobactérias em *Colossoma macropomum* cultivados em sistema intensivo de produção na Ilha do Maranhão.

MATERIAL E MÉTODOS

Aspectos Éticos

Todos os procedimentos foram realizados em consonância com os princípios éticos estabelecidos pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, <http://www.cobea.org.br>) e do Comitê de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) (Protocolo nº09/2022).

Área de Estudo

Foram amostradas pisciculturas nos municípios de Paço do Lumiar, Raposa, São José de Ribamar e São Luís que integram a Ilha do Maranhão, totalizando quatro pisciculturas, uma por município seguindo o plano amostral realizado por KIM *et al.* (2019). As propriedades integrantes do estudo apresentaram características similares, como: (i) sistema de cultivo com baixa renovação de água; (ii) utilização de ração comercial do tipo extrusada; (iii) presença de licenças ambientais expedidas pelo órgão do meio ambiente competente; e, (iv) *C. macropomum* como principal espécie produzida. Para este estudo,

foram utilizados 40 tambaquis vivos, entre machos e fêmeas, sendo 10 por município, com peso médio de 700 gramas.

Os peixes foram capturados com a utilização de tarrafa com malha 2,5 (25 mm). Após a captura, os exemplares foram transportados vivos em caixas isotérmicas com água proveniente do local de cultivo provida de equipamento para oxigenação da água até o Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água da UEMA, no mesmo dia da coleta.

Amostras

Os peixes foram eutanasiados por perfuração da parte superior da cabeça com instrumento pontiagudo (lâmina de bisturi). Na sequência foram coletados de forma asséptica em fluxo microbiológico, fragmentos de musculatura estriada esquelética longitudinal (músculos dorsais e ventrais) de todos os peixes. Os fragmentos removidos (25 ± 5 gramas) foram acondicionados em sacos plásticos estéreis e armazenados a -20°C até a realização das análises microbiológicas.

Análises Microbiológicas

Para a realização das análises microbiológicas foram pesadas $25 \pm 0,2$ g de cada amostra, adicionado a 225 mL de água peptonada tamponada a 0,1%, correspondendo à primeira diluição (10^{-1}), homogeneizada por aproximadamente dois minutos em "stomacher" a uma rotação média de 250 rotações por minuto (rpm). Na sequência, mais duas diluições sucessivas (10^{-2} , 10^{-3}) foram preparadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de água peptonada tamponada a 0,1%. Todas as análises seguiram os procedimentos e recomendações da *American Public Health Association* (Downes; Ito, 2001).

Quantificação de coliformes totais e termotolerantes

Para a quantificação de coliformes totais e termotolerantes foi realizada a técnica dos tubos múltiplos. Alíquotas de 1 mL de cada diluição (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) foram inoculadas em séries de três tubos, contendo 9 mL de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), com tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 horas. Uma alçada de cada tubo positivo (turvação e formação de gás visível no tubo de Durham) foram transferidos para tubos contendo os caldos Verde Brilhante (VB) e do *Escherichia coli* (EC), que foram

incubados a 35°C e 45°C, respectivamente, ambos por 24-48 horas. Foram anotados o número de tubos positivos e determinado o número mais provável (NMP) em uma tabela adequada às diluições utilizadas e o resultado será expresso em NMP de coliformes totais e termotolerantes/g.

Pesquisa de Enterobactérias

Para a pesquisa de enterobactérias foram realizados o isolamento e a confirmação de acordo com a utilização de metodologia convencional, como descrito a seguir:

a) Primeira etapa: enriquecimento da amostra

Inóculos bacterianos de cada tubo EC positivo foram inoculados em Ágar MacConkey (MCK) ou Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB). A cultura foi incubada a 37 °C, por 24 horas. Das placas representativas foram transferidas todas as colônias com morfotipos diferentes e, no máximo, cinco colônias com o mesmo morfotipo. Cada uma delas foi inoculada em Ágar Triptona de Soja (TSA) e em caldo cérebro-coração (BHI) e incubada a 37°C, por 24 horas.

b) Segunda etapa: identificação das colônias isoladas

A identificação das bactérias isoladas dos peixes foi realizada por meio de painel bioquímico comercial composto por 23 parâmetros (indol; Voges Proskauer; citrato de Simmons; produção de H₂S; hidrólise da uréia; triptofano desaminase; descarboxilação de lisina, arginina e ornitina; malonato; oxidação da glicose; fermentação de lactose, sacarose, manitol, adonitol, mioinositol, sorbitol, rafinose, ramnose, maltose, melobiose; e, hidrólise da esculina).

Análise dos Dados

Foi utilizado *software* que realiza o cálculo de probabilidade para a identificação do gênero e espécie de enterobactérias em cada isolado avaliado. Os resultados foram tabulados, interpretados, armazenados em um banco de dados, ordenados e apresentados em tabelas de maneira a permitir uma boa visão dos dados a serem obtidos. Também foi realizada análise estatística descritiva para a obtenção de frequências absoluta e relativa da ocorrência de enterobactérias nas amostras sob análise.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 40 peixes analisados, foram quantificados em 30 % (n=12/40) e 15 % (n=6/40), respectivamente, coliformes totais e coliformes termotolerantes, com populações bacterianas que variaram de 3,6 a ≥ 2.400 NMP/g, evidenciando elevada contaminação dessas amostras. A legislação brasileira não determina a análise de enterobactérias como parâmetro microbiológico, à exceção de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp., para a categoria de peixes crus, temperados ou não, frescos, resfriados ou congelados, porém a análise desse grupo se faz importante. Soares et al. (2011) destacam que esse grupo de microrganismos reflete diretamente as condições higiênico-sanitárias do local de produção e beneficiamento. Barbosa (2020) infere que o estudo da comunidade bacteriana dos alimentos auxilia na estruturação da cadeia produtiva, evita eventuais perdas e, principalmente a sinaliza para a ocorrência de agentes etiológicos causadores de doenças de transmissão hídrica e alimentar (DTHA).

É amplamente divulgado os problemas de Saúde Pública causados por alimentos contaminados, assim como a preocupação de se eliminar os microrganismos patogênicos. Porém, ressalta-se que quando os alimentos, seja de origem animal ou vegetal, são submetidos a exames microbiológicos, normalmente os microrganismos patogênicos não são pesquisados, considerando a grande diversidade, o alto custo e as dificuldades técnicas para a sua realização. Pesquisas dessa natureza são, normalmente, realizadas quando o alimento é suspeito de estar associado a um surto ou a casos de uma determinada DTHA. Portanto, a análise microbiológica de alimentos fundamenta-se na determinação, qualitativa ou quantitativa, de grupos de microrganismos denominados "indicadores", a exemplo do grupo coliformes totais e termotolerantes identificados no presente estudo, o que ressalta a importância desses microrganismos.

Referente a realização de pesquisas no Brasil e sua contaminação por bactérias do grupo coliformes, VIANA et al. (2016) ao analisarem a espécie *C. macropomum* comercializada na feira municipal de Ariquemes - RO, constataram que 100 % das amostras estavam contaminadas por coliformes totais.

Das 12 amostras de *C. macropomum* contaminadas, foram obtidos 63 isolados bacterianos com a identificação fenotípica de oito espécies distintas de enterobactérias (Tabela 1). Para NASCIMENTO *et al.* (2013), algumas espécies de enterobactérias desempenham funções benéficas no ambiente, realizando trocas biogeoquímicas entre o meio e os organismos vivos e, decompondo a matéria orgânica. Contudo, outras podem causar infecções em humanos e animais.

Tabela 1. Enterobactérias isoladas em *Colossoma macropomum* cultivados em sistema intensivo de produção na Ilha do Maranhão

<i>Colossoma macropomum</i> (n= 12)	
Espécies de Enterobactérias (n= 8)	Isolados Bacterianos (n= 63)
<i>Proteus vulgaris</i>	18
<i>Citrobacter freundii</i>	12
<i>Proteus mirabilis</i>	9
<i>Escherichia coli</i>	9
<i>Kluyvera ascorbata</i>	6
<i>Providencia alcalifaciens</i>	3
<i>Edwardsiella hoshinae</i>	3
<i>Escherichia hermannii</i>	3

As espécies de enterobactérias de maior ocorrência no estudo foram: *P. vulgaris* (28,57 %; n= 18/63); *C. freundii* (19,05 %; n= 12/63); *P. mirabilis* (14,29 %; n= 12/63); e, *E. coli* (14,29 %; n= 12/63). Identificaram-se também, mas em menores percentuais, *K. ascorbata*; *P. alcalifaciens*; *E. hoshinae*; e, *E. hermannii*. Para Eze *et al.* (2017) e Mozaffarian *et al.* (2018), o número relativo de doenças causadas por microrganismos ou suas toxinas torna a qualidade microbiológica um ponto central da segurança de alimentos.

As maiores ocorrências de *P. vulgaris* e *P. mirabilis* são importantes resultados e se revertem de grande importância epidemiológica, já que as espécies integrantes desse

gênero são consideradas comensais no intestino. Adicionalmente, a identificação desse grupo de microrganismos como patógenos potenciais na recorrência da doença de Crohn serve como um estímulo para o estudo do potencial risco deles como patógenos intestinais. Espécies de *Proteus* spp. possuem muitos fatores de virulência relevantes para a patogenicidade gastrointestinal, incluindo motilidade; aderência; produção de urease, hemolisinas e proteases IgA; e, a capacidade de adquirir resistência a antibióticos. Condições gastrointestinais associadas a esses microrganismos incluem gastroenterite (espontânea e de origem alimentar), infecções nosocomiais, apendicite, colonização de dispositivos como sondas nasogástricas e doença de Crohn (HAMILTON et al., 2018).

A segunda maior ocorrência de enterobactéria neste estudo foi do *C. freundii*, um patógeno oportunista comumente encontrado colonizando o trato intestinal de animais vertebrados, incluindo o homem. Essa espécie também é, frequentemente, isolada de ambientes diversos como alimentos, água, esgoto e solo (LIU et al., 2016; LIU et al., 2018). O *C. freundii* tem sido associado a um amplo espectro de infecções envolvendo os tratos gastrointestinal, respiratório e urinário, infecções em feridas, abscessos, diarreias e em casos graves como septicemias e meningite, em neonatos e endocardites (LIU et al., 2018).

A disseminação de espécies de *Citrobacter* corresponde ao frequente isolamento de *C. freundii* e o aumento da resistência dessa espécie a múltiplas drogas. Liu et al. (2018) inferem que essa frequência indica que tanto isolados ambientais, quanto hospitalares possam ser reservatórios de genes de resistência a antimicrobianos.

A *E. coli* apresentou ocorrência de 14,29 % entre os isolados identificados neste estudo. No que diz respeito ao critério microbiológico *E. coli*, a IN nº 161/2022 (Brasil, 2022), estipula valores que variam de 50 a 5×10^2 NMP de *E. coli*/g para produtos não consumidos crus, como os examinados neste estudo. A quantificação desse indicador sanitário variou de 43 a 2.400 NMP de *Escherichia coli*/g nos peixes analisados, tornado 2,50 % dos peixes inaceitáveis para consumo humano.

E. coli pertence à família Enterobacteriaceae e constitui a espécie mais pesquisada mundialmente, devido à sua importância para a saúde pública e à sua recorrência em doenças entéricas e extra intestinais (trato urinário, corrente sanguínea e sistema

nervoso central. Consequentemente, esta bactéria é amplamente estudada em humanos, animais, alimentos, água e meio ambiente (CROXEN et al., 2013).

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 600 milhões de pessoas no mundo são acometidas por DTHAs anualmente (uma em cada 10) após consumirem alimentos contaminados, resultando na morte de 420.000 pessoas (WHO, 2020). Segundo o Ministério da Saúde, no Brasil, esses dados também são elevados, com registros de 6.347 notificações de surtos alimentares no período de 2012 a 2021, totalizando 610.684 pessoas expostas, 104.839 doentes e 89 óbitos (BRASIL, 2023). Nesse contexto, a grande incidência de *E. coli* nos estudos é um dado preocupante, já que essa espécie constitui um dos critérios de segurança microbiológica para produtos de origem animal disciplinado no Regulamento da Comissão (CE) nº 2073/2005 como o microrganismo indicador de contaminação fecal durante a processo de fabricação (“critérios de higiene do processo”), além de figurar como indicador bacteriano em legislações brasileiras que disciplinam sobre o padrão microbiológico de diferentes categorias de alimentos.

A gravidade da *E. coli* patogênica justifica a existência de programas de vigilância internacionais e nacionais que monitoram e rastreiam surtos ocasionados por esse microrganismo. Embora nem todas as estirpes de *E. coli* apresentem o mesmo perfil epidemiológico, todas têm um enorme potencial para causar doenças e, portanto, configuram desafios significativos à saúde pública (CROXEN et al., 2013). Quando ingerida com alimentos contaminados, a *E. coli* pode causar gastroenterite e diarreia em humanos (ABAKARI; COBBINA; YELELIERE, 2018).

VOLKWEIS et al. (2015) citam que a *E. coli* é um micro-organismo que possui estirpes patogênicas para o ser humano e mesmo em doses infectantes muito baixas pode existir contaminação cruzada entre os alimentos. Além de serem patogênicas, essas estirpes possuem alto grau de virulência e são responsáveis por vários surtos de doenças de DTHA no mundo, incluindo o Brasil.

EL-SHAFAI et al. (2004) pontuam que peixes podem alojar naturalmente uma grande variedade de bactérias, principalmente na pele, que também podem ser comumente encontradas no ambiente aquático. Porém, as bactérias de origem fecal, como *E. coli*, não

são habitantes comuns do trato intestinal dos peixes, sendo sua presença associada à contaminação por fezes humanas ou de outros animais de sangue quente no ambiente de cultivo.

Com 4,77 % de ocorrência entre os isolados bacterianos obtidos no presente estudo, a *E. hoshinae* merece ser destacada. O gênero *Edwardsiella* é composto por três espécies, *E. tarda*, *E. ictaluri* e *E. hoshinae*. Os peixes normalmente são infectados com *E. tarda* e *E. ictaluri*. Já, a infecção por *E. hoshinae* é relatada comumente em répteis e pássaros (PARK; AOKI; JUNG, 2012). Esses resultados reforçam a importância da proteção dos viveiros ao acesso de animais silvestres.

Para ANDRADE et al. (2024), a intensificação da piscicultura traz como consequência a elevação de matéria orgânica nos cultivos, associado ao excesso de ração e presença de animais mortos e moribundos, que de maneira invariável pode favorecer a multiplicação de micro-organismos. Os pesquisadores destacam que cuidados devem ser direcionados, também, para a verificação de aves silvestres e domésticas nas proximidades dos tanques. Adicionalmente, os pesquisadores pontuam para a necessidade da realização de colorimetria da água, controle diário das variáveis ambientais do ambiente de cultivo (pH, temperatura, oxigênio dissolvido etc.), além da higienização de todos os utensílios e equipamentos no manejo das criações. Em conjunto essas medidas de biossegurança podem ser reverter em fatores de proteção para a minimização da ocorrência de enterobactérias nos cultivos de peixes.

O surgimento de doenças no cultivo de peixes representa um fator de impacto negativo na sanidade desses organismos que, por conseguinte afetará o rendimento da produção e a qualidade da matéria-prima que chegará ao consumidor. Portanto, a elevada carga microbiana observada na musculatura de 12 das 40 amostras avaliadas evidencia a necessidade de um controle mais rigorosos do ambiente em que os animais são cultivados. Controle que perpassa pela observação de possíveis causas da contaminação por patógenos que podem estar, inclusive, presentes no solo próximo ao local de cultivo, além da presença de animais domésticos e silvestres.

Para Mendes (2019), uma das atividades que mais se destacou nos últimos anos, foi a piscicultura, isso porque o peixe é uma fonte de proteína de alto valor biológico e, também

pelo fato se utilizar recursos naturais, permitindo aumento da renda e contribuindo para a valorização da propriedade. Mas, para se obter uma boa produção há a necessidade de difusão de boas práticas de manejo, incluindo a avaliação da saúde dos animais cultivados.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo conclui-se que foram identificadas oito espécies de enterobactérias em *Colossoma macropomum* cultivados na Ilha do Maranhão. Essas espécies são indicativas de condições higiênico-sanitárias inadequadas e representam riscos epidemiológico e sanitário para o meio ambiente, a biodiversidade aquática e a saúde humana.

REFERÊNCIAS

- ABAKARI, G.; COBBINA, S.; YELELIERE, E. Microbial quality of ready-to-eat vegetable salads vended in the central business district of Tamale, Ghana. **International Journal of Food Contamination**, v. 5, n. 3, p. 1–9, 2018.
- ANDRADE, G. A. et al. Ocorrência e fatores de risco associados à *Escherichia coli* em pisciculturas na Ilha do Maranhão. In: CORDEIRO, C. A. M.; HOLANDA, F. C. A. F.; SAMPAIO, D. de S. **Engenharia de pesca: o avanço da ciência no Brasil**. Guarujá-SP: Científica Digital, 2023. p. 37-46.
- ARAUJO, E. C. Avaliação da qualidade microbiológica e físico-química do Tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado no mercado municipal em Açailândia-Ma. In: Anais do 7º Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação; 2012 out 19-21; Palmas, TO. Palmas: IFTO; 2012.
- BARBOSA, R. G.; **Influência de Sistemas de Cultivo sobre Parâmetros de Qualidade do Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO. 2020.
- BARRETO, N. S. E. et al. Avaliação das condições higiênico-sanitárias do pescado comercializado no município de Cruz das Almas, Bahia. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 3, p. 86-95, 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 de julho de 2022. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/IN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2. Acesso em: 22 mar. de 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Surtos de doenças de transmissão hídrica alimentar no Brasil. Informe 2023**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt->

br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2022/view. Acesso em: 14 mar. de 2025.

CROXEN, M. A. *et al.* Recent Advances in Understanding Enteric Pathogenic *Escherichia coli*. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 26, n. 04, p. 822–880, 2013.

DOWNES, F. P.; ITO, H. (eds.) **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4th ed. Washington: American Public Health Association, 2001. 676p.

EL-SHAFAI, S. A. *et al.* 2004. Apparent digestibility coefficient of duckweed (*Lemna minor*), fresh and dry for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 6, p. 574-586, 2004

EZE, N. M. *et al.* Awareness of food nutritive value and eating practices among Nigerian bank workers: Implications for nutritional counseling and education. **Medicine**, v. 96, n. 10, e6283, 2017.

FAO. Food and Agriculture Organization. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. 2022. 226 p.

FOGAÇA, F. **O protagonismo do Brasil na produção mundial de pescado**. Brasília: Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53738345/artigo---o-protagonismo-do-brasil-na-producao-mundial-de-pescado#:~:text=mundial%20de%20pescado%3F,O%20Brasil%20j%C3%A1%20foi%20considerado%20o%20pa%C3%ADs%20com%20maior%20potencial,de%20peixes%20de%20%C3%A1gua%20doce>. Acesso em: 15 mar. 2025.

HAMILTON, A. L. *et al.* *Proteus* spp. as Putative Gastrointestinal Pathogens. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 31, n. 3, p. e00085-17, 2018.

KIM, F. J. P. Elevada frequência de *Aeromonas* spp. e genes de virulência em cultivos de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede, na região semiárida de Pernambuco, Brasil. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n.5, p.1609-1615, 2019.

LIU, Y. Y. *et al.* Emergence of plasmid-mediated colistin resistance mechanism MCR-1 in animals and human beings in China: a microbiological and molecular biological study. **The Lancet. Infectious Disease**, v.16, n. 2, p. 161-168. fev. 2016.

LIU, L. *et al.* Genetic diversity, multidrug resistance and virulence of *Citrobacter freundii* from diarrheal patients and healthy individuals. **Frontiers in Cellular and Infectious Microbiology**, v. 233, n. 8, p.1-10, 2018.

MENDES, K. F. M. **Diagnóstico da piscicultura familiar no município de Oeiras do Pará, Pará, Brasil**. 2019. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

MOZAFFARIAN, D. *et al.* (2018). Role of government policy in nutrition—barriers to and opportunities for healthier eating. **The BMJ**, v. 361, 2018.

NASCIMENTO, V. F. S. *et al.* Ocorrência de bactérias patogênicas oportunistas em um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, p. 91 -104, 2013.

O PRESENTE RURAL. Piscicultura cresce no Maranhão, mas industrialização ainda é desafio. 2025. Disponível em: <https://opresenterural.com.br/piscicultura-cresce-no-maranhao-mas-industrializacao-ainda-e-desafio/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

OECD. **Agricultural Outlook 2016-2025**, OECD Publishing, Paris. 2016. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en. Acesso em: 10 jun. de 2025.

PARK, S. B.; AOKI, T.; JUNG, T. S. Pathogenesis of and strategies for preventing Edwardsiella tarda infection in fish. **Veterinary Research**, v. 43, p. 1-11, 2012

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe Br. **Anuário 2019 Peixe BR da Piscicultura**. 2019 Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura – Peixe Br. **Anuário 2024 Peixe BR da Piscicultura**. 2024. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>. Acesso em: 10 jun. de 2025.

ROCHA, C. T. *et al.* Legislação aplicada a aquicultura no estado de Rondônia. In: Pacheco, C. S. G. R., dos Santos R. P. **Tópicos atuais em ciências e tecnologia das águas**. Guarujá -SP: Editora Científica Digital, 2024. 180 p.

RODRIGUES, F. A. G. C. **Caracterização físico-química e microbiológica de tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado em tanque-rede**. 2021. 77 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins, 2021.

SOARES, V. M, et al. Qualidade microbiológica de filé de peixe congelados distribuídos na cidade de Botucatu-SP. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, n. 2, p. 85-88, 2011.

VIANA, D. C. *et al.* Cadeia produtiva da piscicultura no estado do Maranhão. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 44, e39, 2022.

VOLKWEIS, D. S. H. et al. Qualidade microbiológica da água utilizada na produção de alimentos por agroindústrias familiares do município de Constantina/RS. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 19, p. 18-26, 2015.

WHO. World Health Organization. **Food Safety**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/food-safety>. Acesso em: 14 mar. de 2025.