



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DO
MARANHÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

DEFESA DE DOUTORADO

CARACTERIZAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO SURURU (*Mytella charruana*) COMO UM BIOINDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL NA COSTA AMAZÔNICA MARANHENSE.

DANIELLA DE JESUS CASTRO BRITO

Orientadora: Profa.Dra. Francisca Neide Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Talita Espósito

SÃO LUÍS- MA

DEZEMBRO – 2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Caracterização da cadeia produtiva do sururu (*Mytella charruana*) como um bioindicador de qualidade ambiental na Costa Amazônica Maranhense.

DANIELLA DE JESUS CASTRO BRITO

Defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal.

Orientadora: Profa. Dra. Francisca Neide Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Talita Espósito

SÃO LUÍS- MA
DEZEMBRO – 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação da Publicação

Brito, Daniella de Jesus Castro

Caracterização da cadeia produtiva do sururu (*Mytella charruana*) como um bioindicador de qualidade ambiental na Costa Amazônica Maranhense. / Daniella de Jesus Castro Brito. – São Luis, MA, 2024.

140 f

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Maranhão, 2024.

Orientador: Profa. Dra. Francisca Neide Costa.

Coorientador: Profa. Dra. Talita Espósito

1.Amazônia. 2.Contaminação Ambiental. 3.*Mytella charruana*. ITítulo.

CDU: 594.1:504(812.1)

Elaborado por Cássia Diniz - CRB 13/910

DANIELLA DE JESUS CASTRO BRITO

Caracterização da cadeia produtiva do sururu (*Mytella charruana*) como um bioindicador de qualidade ambiental na Costa Amazônica Maranhense.

Defesa apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciência Animal.

Aprovada em 09 /12 /2024

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente



FRANCISCA NEIDE COSTA
Data: 04/02/2025 11:15:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Francisca Neide Costa

Documento assinado digitalmente



TALITA DA SILVA ESPOSITO
Data: 03/02/2025 09:10:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Talita da Silva Espósito

Documento assinado digitalmente



LARISSA SARMENTO DOS SANTOS RIBEIRO
Data: 03/02/2025 08:35:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Larissa Sarmento dos Santos

Documento assinado digitalmente



DIEGO CARVALHO VIANA
Data: 04/02/2025 12:47:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Diego Carvalho Viana

Documento assinado digitalmente



DANIELA AGUIAR PENHA BRITO
Data: 04/02/2025 13:46:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª. Daniela Aguiar Penha Brito

O meu amanhã não pertence a mim, já está
nas mãos de Deus e Ele vai fazer o melhor.

Jeffe Santos

Aos meus pais, Marieta Brito e João Brito, que por vezes abdicaram de seus sonhos para que eu realizasse os meus. E a toda minha família por partilhar comigo o dom da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar força e coragem para desempenhar com êxito esse trabalho.

A minha família, amigos e meu companheiro por proporcionar momentos de alegria importantes para a manutenção emocional e psíquica, com palavras e gestos de incentivo, motivando na caminhada, com apoio e parceria.

A Profa.Dra. Francisca Neide Costa e a Profa.Dra. Talita da Silva Espósito, pelos ensinamentos, orientações e incentivos nesta jornada acadêmica. Ao seu Josué, nosso marisqueiro, parceiro e presidente da associação de marisqueiros, que muito me ensinou e motivou a realizar com afinco esse trabalho.

Aos alunos, técnicos e pós-doutores do GPDEM que englobam o Laboratório microbiologia de alimentos (LAMP) e Laboratório de Microbiologia de Alimentos e Água (veterinária), que me auxiliaram imensamente neste percurso de aprendizagem, de modo muito especial a todas que me acompanharam mais de perto nesse processo, Gisely Jovita, Maria Luíza, Susan Raphaela, Hidayne França, Lorrane Silva, Luciana Paula, Maria da Penha e Maria Cecília Cunha. Gratidão!

A Universidade Estadual do Maranhão, ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e aos laboratórios parceiros, Laboratório de Biotecnologia de Organismos Aquáticos (UFMA), na pessoa da Profa.Dra. Talita Espósito e a aluna Franciele Caroline Pinheiro, Laboratório de Imunologia Aplicada ao Câncer (UFMA), na pessoa do Danrley Moraes, Laboratório de genética e biologia molecular (UFMA), na pessoa da Profa. Dra. Mayara Ingrid e Mestrando Ricardo Mendes Gonçalves, o Laboratório de inspeção, microbiologia e sanidade de organismos aquáticos, na pessoa da Profa.Dra. Nancyleni Pinto Chaves Bezerra, Dra. Amanda Mara Teles e Msc. Greiciene dos Santos de Jesus, Laboratório de tecnologia de pescados, na pessoa da Profa.Dra. Elaine Cristina B. dos Santos e Leonildes Ribeiro Nunes.

Ao CNPq, CAPES e FAPEMA, por tornarem possível este sonho através do fomento à nossa pesquisa e sendo importante subsídio econômico para permanência na pós-graduação.

A todos muito obrigada!

Caracterização da cadeia produtiva do sururu (*Mytella charruana*) como um bioindicador de qualidade ambiental na Costa Amazônica Maranhense.

RESUMO

A região da Amazônia Legal do Maranhão abriga áreas aquáticas diversas, onde a pesca é uma importante fonte de subsistência para a população local. No entanto, a ocupação humana intensa promove o estabelecimento de atividades econômicas, pressões antrópicas e mudanças nos ambientes estuarinos, podendo prejudicar a qualidade do pescado. Esta pesquisa tem como objetivo caracterizar a cadeia produtiva e os parâmetros microbiológicos e físico-químicos do molusco bivalve (*Mytella charruana*) na Costa amazônica do Estado do Maranhão. As amostras foram obtidas e analisadas no período de chuva e de seca, entre abril de 2022 a janeiro de 2023. Para caracterizar a cadeia produtiva dos moluscos bivalves, foi realizado um levantamento das práticas higiênicas utilizadas rotineiramente pelos marisqueiros, por meio de observações *in loco* na rotina de extração e beneficiamento, bem como pela aplicação de um questionário. Para a caracterização microbiológica do sururu *in natura* realizou-se a determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *E. coli*, pesquisa de *Staphylococcus* sp, *Salmonella* sp, *Vibrio* sp e *Aeromonas* sp. Com relação às análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas a composição centesimal dos pescados (umidade, lipídios, proteínas e cinzas) e determinação do pH. A avaliação da susceptibilidade frente aos antimicrobianos foi realizada por meio do teste de disco-difusão. As análises de metais foram realizadas no laboratório de tecnologia em análises laboratoriais para processamento, utilizando os métodos de FAAS - *Flame Atomic Absorption Spectrometry* e ICP- *Inductively Coupled Plasma*. Os dados demonstraram a presença de microrganismos e metais que podem causar danos à saúde humana no sururu *in natura*, além de alterações em alguns dos parâmetros físico-químicos. E constatou-se ainda, que as condições higiênicas adotadas na cadeia produtiva, somadas as condições socioeconômicas dos marisqueiros, pode caracterizar risco ao estoque de mariscos na Ilha do Maranhão, Brasil. Demonstrando a necessidade de aprimoramento nos processos e continuidade na capacitação e sensibilização dos marisqueiros, práticas como implantação de programas de monitoramento ambiental e sanitário regular, além de implementação de políticas de saúde pública.

Palavras-Chave: Amazônia, Contaminação Ambiental, *Mytella charruana*.

Characterization of the sururu (*Mytella charruana*) production chain as a bioindicator of environmental quality on the Amazon Coast of Maranhão

ABSTRACT

The Legal Amazon region in Maranhão state encompasses diverse aquatic ecosystems, in which fisheries acts as an important source of subsistence for the local population. However, heavy human occupation promotes commercial activities, anthropogenic pressures, and changes to estuarine environments, all which may affect the quality of fisheries products. This study aims to assess the supply chain and the physicochemical and microbiological properties of the bivalve mollusk *Mytella charruana* in the Amazon Coast of Maranhão State. We collected and analyzed samples in the rainy and dry seasons between April, 2022 and January, 2023. To characterize the supply chain of bivalve mollusks, we carried out a survey on the hygiene practices commonly employed by shellfish collectors through *in loco* observations of collection and processing procedures, and administered a questionnaire. For the microbiological assessment of *in natura* sururu, we measured the Most Probable Number (MPN) of total coliforms and *E. coli*, and tested samples for *Staphylococcus* sp., *Salmonella* sp., *Vibrio* sp., and *Aeromonas* sp. Analyses of physicochemical properties were based on the centesimal composition of fisheries products (humidity, lipids, proteins, and ashes) and pH measurements. The susceptibility to antimicrobial agents was assessed through the disk diffusion test. Analyses of metals were carried out at the laboratory of technology in processing laboratory analyses, using the FAAS (Flame Atomic Absorption Spectrometry) and ICP (Inductively Coupled Plasma) methods. Data revealed the presence of microorganisms and metals that can be harmful to humans in *in natura* sururu specimens, in addition to changes in some of the physicochemical properties. We also observed that the hygiene practices adopted in the supply chain, together with the socioeconomic conditions of shellfish collectors, may pose a risk to the shellfish supply in Maranhão Island, Brazil. This highlights the need for improvement in processes, continued training and awareness-raising among shellfish collectors, implementation of regular environmental and sanitation monitoring programs, as well as the implementation of public health policies.

Keywords: Amazon, Environmental Contamination, *Mytella charruana*.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1** Participação do Maranhão na produção de moluscos no Nordeste 2019-2022

CAPÍTULO 2

- Tabela 1** Dados do perfil socioeconômico dos marisqueiros da ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 2** Dados de qualidade higiênica da cadeia produtiva dos marisqueiros da ilha do Maranhão, Brasil.

CAPÍTULO 3

- Tabela 1** Características físico-químicas de sururu *in natura* coletados na Costa amazônica maranhense nos períodos seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 2** Contagem de coliformes totais (NMP/g) e *Escherichia coli* (UFC/g) em sururu *in natura* coletados na Costa amazônica maranhense nos períodos seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 3** Classificação microbiológica das amostras de *Mytella charruana* coletadas na Ilha do Maranhão segundo a Instrução Normativa nº 60 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 4** Categorização microbiológica das amostras de *Mytella charruana* coletadas na Ilha do Maranhão (Ausente e Presente), Brasil.

CAPÍTULO 4

- Tabela 1** Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *E. coli* oriundos de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 2** Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *Staphylococcus coagulase positiva* oriundos de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 3** Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *Aeromonas* spp. oriundos de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.
- Tabela 4** Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *Vibrio* spp oriundos de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de

diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

Tabela 5 Número de cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus* sp, *Salmonella* sp, *Vibrio* sp e *Aeromonas* spp. resistentes e sensíveis a diferentes antimicrobianos no período seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, 2023.

CAPÍTULO 5

Tabela 1 Detecção de metais tóxicos em molusco bivalve (*Mytella charruana*) de ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão, Brasil.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1** Mapa de localização da Amazônia Maranhense
- Figura 2** Produção da aquicultura no Maranhão - ostras, vieiras e mexilhões (em quilogramas)
- Figura 3** Produção da aquicultura no Nordeste - ostras, vieiras e mexilhões (em quilogramas)

CAPÍTULO 2

- Figura 1** Localização da área de estudo, Ilha do Maranhão, Brasil.
- Figura 2** Presença masculina na mariscagem
- Figura 3** Separação de carne do molusco bivalve, *Mytella charruana*, por marisqueiras

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Localização da área de estudo e distribuição dos pontos de coleta de sururu, Ilha do Maranhão, Brasil.

CAPÍTULO 4

- Figura 1** Pontos de coleta de sururu “*in natura*” na Ilha do Maranhão, Brasil.

CAPÍTULO 5

- Figura 1** Resumo gráfico: Impacto ambiental e contaminação por metais nos moluscos bivalves de consumo humano.
- Figura 2** Pontos de coleta de *Mytella charruana*, Ilha do Maranhão, Brasil.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
AMZ-L	Amazônia legal
As	Arsênio
AMO	Amoxicilina
AMP	Ampicilina
APWA	Água Peptonada Salina Alcalina
ATCC	American Type Culture Collection
BHI	Caldo cérebro-coração
BMR	Bactéria multirresistente
BP	Baird Parker
BPP	Boas práticas de produção
Ca	Cálcio
CCA	Centro de Ciências Agrárias
Cd	Cádmio
CFE	Cefalexina
CIP	Ciprofloxacina
CLI	Clindamicina
Cr	Cromo
CRO	Ceftriaxona
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Coagulase positiva
CPM	Cefepime
CTX	Cefotaxamina
CT	Coliformes Totais
DTHA	Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar
EC	<i>Escherichia coli</i>
EMB	Eosina Azul de Metileno
ERI	Eritromicina
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
Fe	Ferro
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
G	Grama
GEN	Gentamicina
GSP	Ágar Glutamato Amido Fenol
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HE	Entérico de Hektoen
Hg	Mercúrio

Kg	Quilograma
K	Potássio
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IMP	Imipenem
IN	Instrução Normativa
LAMP	Laboratório Multiusuários da Pós-Graduação
LIA	Lisina Ferro
LMT	Limite máximo tolerável
LST	Lauril Sulfato Triptose
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAR	Multirresistência a antimicrobianos
MHA	Ágar Mueller Hinton
MER	Meropenem
MCK	MacConkey
Mo	Molibdênio
mL	Mililitro
Mg	Miligramas
Mn	Manganês
Na	Sódio
NaCl	Cloreto de sódio
NC	Não Consta
Ni	Níquel
NMP	Número Mais Provável
Nm	Nanômetro
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIT	Organização Internacional do trabalho
PAM	Proteínas com ação antimicrobiana
Pb	Chumbo
PEN	Penicilina
pH	Potencial Hidrogeniônico
POA	Produtos de Origem Animal
Ppm	Partes por milhão
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
Sn	Estanho
STD	Sólidos totais dissolvidos
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SUT	Sulfametoxazol/trimetoprima
TCBS	Ágar Tiosulfato Citrato Bile Sacarose
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TET	Tetraciclina
Ti	Titânio

TSA	Ágar Trypticase de Soja
TSI	Ágar Tríptico Açúcar Ferro
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
VB	Verde Brilhante
VHA	Vírus da hepatite A
VMP	Valor Máximo Permitido
W	Tungstênio
WHO	Organização Mundial de Saúde
XLD	Xilose Lisina Desoxicolato
Zn	Zinco
MI	Microlitro

SUMÁRIO

Capítulo I: Considerações gerais	01
1. Introdução.....	01
2. Objetivos: gerais e específicos.....	02
3. Revisão bibliográfica.....	03
4. Referências.....	27
Capítulo II: Perfil socioeconômico dos marisqueiros e condições higiênicas adotadas na cadeia produtiva de moluscos bivalvescoletados na Ilha do Maranhão.....	37
1. Introdução.....	38
2. Materiais e Métodos.....	41
3. Resultados e Discussão	42
Conclusões.....	50
Referências.....	51
Capítulo III: Caracterização microbiológica e físico-química do molusco bivalve (<i>Mytella charruana</i>) coletados, cultivados e comercializados na costa amazônica maranhense	55
1. Introdução.....	56
2. Materiais e métodos.....	57
2.1 Área de estudo.....	57
2.2 Coletas e amostras.....	58
2.3 Análises microbiológicas.....	58
2.4 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e <i>E. coli</i>	58
2.5 Pesquisa de <i>Staphylococcus sp.</i>	59
2.6 Pesquisa de <i>Salmonella sp.</i>	59
2.7 Pesquisa de <i>Vibriosp.</i>	60
2.8 Pesquisa de <i>Aeromonas sp.</i>	60
2.9 Parâmetros físico-químicos.....	60
2.9.1 Determinação da Umidade.....	60
2.9.2 Lipídios totais	61
2.9.3 Cinzas.....	61

2.9.4	Potencial hidrogeniônico (pH).....	61
2.9.5	Análises Estatísticas.....	61
3.	Resultados e Discussão	62
3.1	Parâmetros Microbiológicos.....	62
3.2	Parâmetros Físico-químicos.....	69
	Conclusões.....	72
	Referências.....	72
Capítulo IV: Susceptibilidade antimicrobiana de microrganismos isolados de sururu (<i>Mytella charruana</i>) na Ilha do Maranhão, Costa Amazônica do Maranhão.....		80
1.	Introdução.....	81
2.	Materiais e Métodos.....	82
2.1	Amostras Bacterianas.....	82
2.2	Teste de Difusão	83
2.2.1	Adição dos Discos de Antibióticos	83
2.2.2	Caracterização de Resistência ou Sensibilidade	84
2.3	Análises Estatísticas.....	84
3.	Resultados e Discussão	84
	Conclusão.....	95
	Referências.....	95
Capítulo V: Biocumulação de metais tóxicos em molusco bivalve (<i>Mytella charruana</i>) em ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão.....		103
1.	Introdução.....	104
2.	Materiais e Métodos.....	106
3.	Resultados e Discussão	107
	Conclusões.....	114
	Referências.....	115
Capítulo VI: Considerações finais.....		121

CAPÍTULO I: CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

O Estado do Maranhão está inserido na região Nordeste do Brasil, oficialmente, considerado um dos estados que compõem a Amazônia Legal (MARTINS & OLIVEIRA, 2011; IBGE, 2002). A Costa amazônica maranhense é peculiar, favorecendo a ocupação humana e o estabelecimento de atividades econômicas, pressões antrópicas e mudanças aos ambientes estuarinos (SANTANA *et al.*, 2015; COSTA; BARLETTA, 2016).

Os microrganismos e metais tóxicos são importantes contaminantes gerados pelas interferências antrópicas, e podem ser absorvidos pelos organismos aquáticos, que os assimilam e os acumulam em seus tecidos, sendo transferidos aos seres humanos, através da ingestão de alimentos marinhos, como peixes, camarões e moluscos (LA COLLA *et al.*, 2015). Os moluscos bivalves são representantes desses alimentos de risco, devido ao processo de filtração, usado para sua alimentação, podendo reter e acumular em seus tecidos tais substâncias tóxicas, devido sua facilidade na absorção por seu organismo (MUSTAFA & SHAPAWI, 2015; RUBINI *et al.*, 2018).

Em vários Estados do Brasil, a extração desses moluscos garante a subsistência de parte da comunidade pesqueira, tanto em termos de consumo, como de comercialização (RIBEIRO, 2016). Dentre estes, encontra-se o Maranhão, onde esta atividade tem papel fundamental na complementação da renda de famílias de pescadores, considerando que a grande maioria dessas pessoas optam por essa atividade pela falta de oportunidade de emprego nessas comunidades (POLI, 1996; PEREIRA, 2017). Dessa maneira, parte dessas pessoas vivem, exclusivamente, da coleta destes moluscos em estuários e manguezais (CASTRO *et al.*, 2014), tornando-se dependente desses recursos naturais. Alguns elementos, como a pesca predatória e a degradação ambiental, podem ter como efeito a diminuição na renda dos pescadores artesanais, ameaçando sua atividade produtiva (OLIVEIRA *et al.*, 2018)

Assim, esses espécimes tornam-se importantes no monitoramento ambiental e utilizados como biomonitores de poluição em águas costeiras (FARRINGTON *et al.*, 2016). Sendo de extrema importância a caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos bivalves coletados, cultivados e comercializados em regiões

costeiras, com a finalidade de fornecer uma avaliação do risco de prováveis ocorrências de patógenos alimentares e sua resistência frente aos antibióticos convencionais.

Os resultados desta pesquisa serão apresentados em capítulos, seguindo a ordem dos objetivos específicos, a seguir demonstrados:

OBJETIVOS

Geral:

Caracterizar a cadeia produtiva e os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do molusco bivalve (*Mytella charruana*) na Costa amazônica do Estado do Maranhão.

Específicos:

- Descrever a cadeia produtiva do sururu (*Mytella charruana*) e o perfil socioeconômico dos marisqueiros da Ilha do Maranhão;
- Pesquisar coliformes totais, *E. coli*, *Salmonella* sp., *Vibriosp*, *Aeromonassp.* e *Staphylococcus* sp. nas amostras do sururu *in natura*;
- Analisar os parâmetros físico-químicos das amostras do sururu *in natura*;
- Avaliar a susceptibilidade aos antimicrobianos convencionais frente as cepas das bactérias isoladas das amostras do sururu *in natura*;
- Verificar a bioacumulação de metais tóxicos sururu *in natura*.

REVISÃO DE LITERATURA

A revisão desta tese foi estruturada com base em um compilado de artigos científicos, dissertações e teses, garantindo uma abordagem abrangente e multidimensional do tema investigado. Essa metodologia foi orientada pelos seguintes princípios: *Seleção e organização de referências*, em que os documentos utilizados foram criteriosamente selecionados de bases de dados reconhecidas, considerando a relevância, atualidade e qualidade científica; *Crítérios de inclusão e exclusão*, em que foram incluídas publicações com relevância específica ao contexto do estudo e excluídos itens redundantes e desatualizados; *Integração e análise crítica*, em que após a seleção, o material foi organizado em categorias temáticas direcionada à contextualização do problema, possibilitando a identificação de padrões; *Alinhamento ao objeto da pesquisa*, em que buscou-se proporcionar suporte teórico sólido, diretamente conectado aos objetivos gerais e específicos da tese.

1. AMAZÔNIA LEGAL

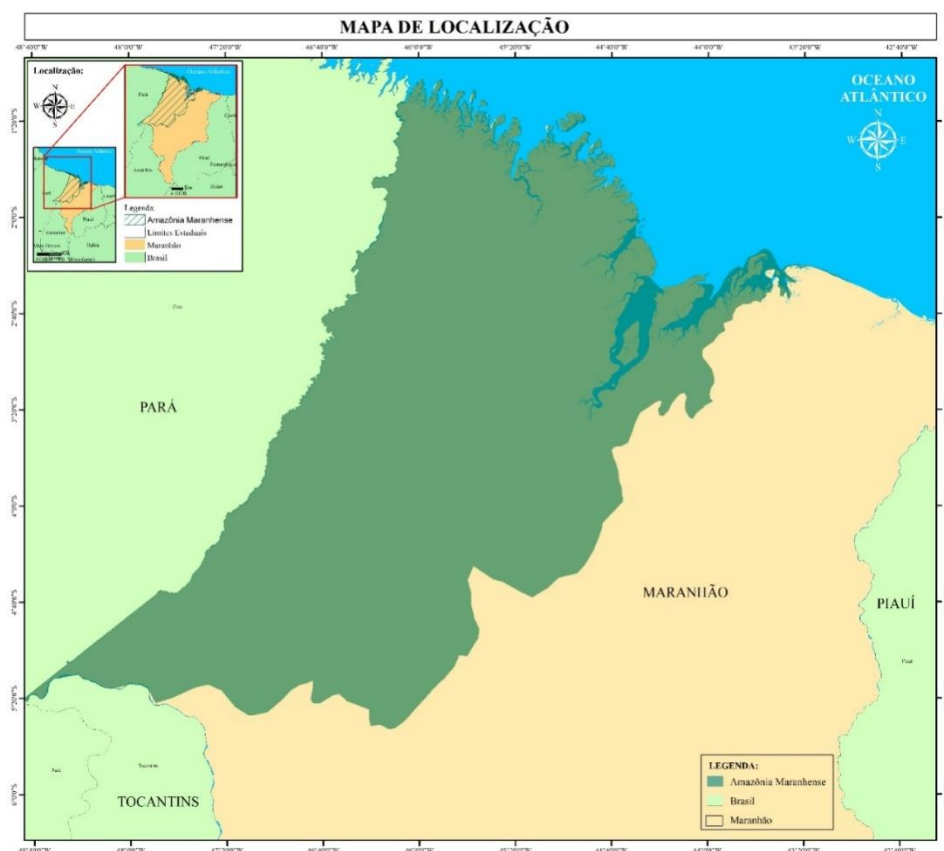
De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Amazônia Legal (AMZ-L) é uma região que abrange nove estados brasileiros, incluindo Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, além de parte dos estados do Mato Grosso e Maranhão e corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, delimitada em consonância ao Art. 2º da Lei Complementar nº 124, de 03.01.2007 (IBGE, 2023). A região amazônica é caracterizada por grande biodiversidade, com sua vasta e diversa área selvagem de floresta tropical, bacias hidrográficas com rios caudalosos e uma grande diversidade de espécies de peixes de água doce (estimadas em mais de 3000) (AB’SABER’, 2002; SILVA; RYLANDS; FONSECA, 2005).

A AMZ-L apresenta uma área total de 5.015.067,86 km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro (IBGE, 2023). Sua criação foi pautada no objetivo de delimitar a região geográfica de atuação de políticas da SUDAM afim de promover seu desenvolvimento includente e sustentável e a incorporação competitiva da produção regional na economia nacional e internacional (IBGE, 2023).

1.1 O Maranhão na AMZ-L e a importância da atividade pesqueira

O Maranhão é um dos nove estados da Amazônia Legal e representa o estado com menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas, apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal e um dos menores índices de desenvolvimento humano da AMZ-L (MARTINS; OLIVEIRA, 2011). Apesar da maior parte do território maranhense estar fora da floresta amazônica propriamente dita, a região maranhense que faz parte da Amazônia Legal abriga importantes áreas de floresta tropical e rios que são afluentes da bacia amazônica (IBGE, 2023). De acordo com dados do Governo do Estado do Maranhão, o estado abriga uma extensão da Floresta Amazônica que ocupa cerca de 34% de seu território (**Figura 1**), o que corresponde a aproximadamente 81.208,40 km². Essa área compreende 62 municípios e se estende desde o Rio Gurupi, na cidade de Carutapera, até São Luís, passando por localidades como Santa Inês, Formosa da Barra Negra e Carolina (SETUR-MA, 2023). A região tem uma rica biodiversidade, com uma variedade de espécies de animais e plantas, incluindo algumas endêmicas da região (MARTINS; OLIVEIRA, 2011).

Figura 1. Mapa de localização da Amazônia Maranhense



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A atividade econômica na região é diversa, com destaque para a produção de madeira, pecuária e agricultura; além disso, a pesca é uma importante fonte de subsistência para as populações locais, seguindo uma tendência observada em toda a área da Amazônia Legal (MARTINS; OLIVEIRA, 2011). O rio Amazonas e seus afluentes são habitat de uma grande variedade de espécies de peixes, muitos dos quais são importantes para a alimentação das comunidades ribeirinhas (SANTOS; SANTOS, 2005). De acordo com o último Censo Agropecuário do IBGE em 2017, a produção de peixes na AMZ-L foi estimada em 166.000 toneladas no ano de referência, sendo que destas, grande parte refere-se a Amazônia Legal maranhense, evidenciando a importância tanto da atividade pesqueira quanto da aquicultura para a população local (IBGE, 2017). No entanto, há desafios a serem enfrentados para garantir a sustentabilidade da produção, como o monitoramento da qualidade da água e a adoção de práticas de manejo adequadas, além da fiscalização da pesca ilegal.

O presente estudo evidencia a problemática da falta de controle de qualidade da água no tocante à contaminação microbiológica de ambientes estuarinos e seus riscos à segurança dos alimentos para os consumidores de pescados.

2. CONTAMINAÇÃO DE AMBIENTES ESTUARINOS E RISCOS À QUALIDADE DO PESCADO

Segundo a definição de Pritchard (1967), os ambientes estuarinos são áreas de transição entre os rios e o mar, onde ocorrem importantes processos biológicos e físicos. Estima-se que 60% de todas as grandes cidades se desenvolveram ao redor de zonas de estuários, isto porque são áreas de fácil instalação de portos (que favorecem a navegação e o acesso a bacias hidrográficas do interior do continente), são propícias às atividades pesqueiras, agricultura, exploração mineral e mesmo a atividade turística (MIRANDA *et al.*, 2002). Essa intensa ocupação humana, no entanto, torna essas áreas suscetíveis a serem afetadas por diversos tipos de poluição e pressões antrópicas, que podem comprometer a qualidade da água e do sedimento e, conseqüentemente, a qualidade dos pescados que vivem nessas regiões (JUNIOR; BASTOS; QUARESMA, 2009; MOREIRA, 2012).

A contaminação dos ambientes estuarinos pode ocorrer por diversos fatores, como lançamentos pontuais ou difusos de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado, descarte de lixo, vazamento de petróleo, uso de pesticidas, adubos, fertilizantes

agrícolas, contaminação por agrotóxicos, e a deposição de resíduos sólidos e produtos químicos no ambiente, que são capazes de acumular organismos aquáticos, o que pode ocasionar a redução da biodiversidade dos ecossistemas estuarinos, além de causar danos diretos à saúde humana, como as doenças transmitidas por esses organismos, tornando-se um risco à qualidade sanitária do pescado obtido em zonas de estuário (SANTANA, LOTUFO e ABESSA, 2015; RIBEIRO, 2022).

Para minimizar os riscos à saúde associados ao consumo de pescados provenientes de ambientes estuarinos, é importante que haja um controle rigoroso da qualidade da água e do sedimento, bem como medidas de gestão ambiental que visem à redução da poluição nessas áreas. Deste modo, o Brasil apresenta índice de coleta e tratamento de efluentes de 52% e 45%, respectivamente, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2016, o que representa uma situação preocupante em termos de qualidade da infraestrutura sanitária do país (BRASIL, 2018).

3. MICROBIOLOGIA DE PESCADOS

A relevância da segurança e qualidade dos produtos alimentares é cada vez mais discutida, o que é evidenciado pela crescente quantidade de leis que exigem a qualidade dos alimentos em todas as etapas da cadeia de produção (ROCHA; SOUZA; LUZ., 2020). A carne dos pescados apresenta diversas vantagens nutricionais como fácil digestibilidade, proteínas de alto valor biológico e presença de ácidos graxos ômega-3. Contudo, estes alimentos são mais susceptíveis à deterioração mesmo quando refrigerado, devido à sua elevada atividade de água, alto teor de gorduras e pH próximo da neutralidade. Esses fatores, associados à contaminação dos habitats destes animais, favorecem desenvolvimento e propagação de bactérias que podem causar danos à saúde humana, fazendo com que o pescado seja um produto alimentar frequentemente associado às doenças veiculadas por alimentos (SOARES e GONÇALVES, 2012; VELIOĞLU, TEMIZ e BOYACI, 2015; PASTRO *et al.*, 2019).

As doenças veiculadas por alimentos são causadas pela ingestão de água ou alimentos contaminados por uma ampla variedade de microrganismos, toxinas e agentes químicos ou físicos, representando um risco para milhões de pessoas (FAO, 2020). Os peixes possuem sua própria microbiota, que adere naturalmente ao muco da superfície corporal, vísceras e guelras, e que coexiste em equilíbrio ecológico quando o peixe está vivo (LANZARIN *et al.*, 2011). No entanto, após a morte, a microbiota saprófita acelera

o processo de decomposição da carne e pode representar um risco para a saúde pública (CHEN *et al.*, 2017).

Além disso, os microrganismos presentes na água também podem influenciar a microbiologia dos pescados (Lorezonet *et al.*, 2010). Nesse contexto, a análise microbiológica é um critério importante para avaliar a qualidade do pescado, já que o desenvolvimento microbiano é um dos principais fatores que levam à deterioração desse grupo de alimentos (SOUSA *et al.*, 2017).

Os agentes causadores de DTHAs comumente associados a pesca e aquicultura incluem bactérias, vírus, parasitas e agentes químicos. Dois grupos de bactérias se destacam: o primeiro grupo é composto por espécies encontradas no ambiente aquático, habitat natural dos pescados, incluindo os vibrios (como *Vibrioparahaemolyticus*, *V. cholerae* e *V. vulnificus*), além de *Listeria*, *Clostridium botulinum* e outras. O segundo grupo é formado por bactérias oriundas de contaminação por manipulação e armazenamento incorretos, como *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (SANTOS, 2010). Entre os vírus, podemos citar o vírus da hepatite A (VHA) e o norovírus.

Já os parasitas veiculados por peixes que podem afetar os seres humanos incluem helmintos como, *Opisthorchiidae*, *Heterophyidae*, *Paragonimidae* (trematódeos), *Anisakidae*, *Gnathostomidae* (nematóides) e *Diphyllobothridae* (cestóides) (HUSS, ABABOUCHE e GRAM, 2003). Os perigos químicos relacionados ao consumo de pescados, por sua vez, incluem biotoxinas e resíduos de metais pesados, agrotóxicos, medicamentos veterinários e aditivos alimentares. As principais biotoxinas associadas às doenças veiculadas por pescados são a histamina, a tetrodotoxina, toxina paralisante e a toxina diarreica por moluscos (SANTOS, 2010).

3.1 DTHAs associadas ao consumo de pescados

O Ministério da Saúde brasileiro define DTHA (Doença Transmitida por Alimentos) como uma síndrome clínica resultante da ingestão de alimentos ou água contaminados por agentes químicos ou biológicos, como bactérias, vírus, parasitas, toxinas e produtos químicos. Os sintomas podem variar desde leves desconfortos gastrointestinais até quadros graves de anorexia, náuseas, vômitos e/ou diarreia, acompanhada ou não de febre e até mesmo óbito em casos mais graves (BRASIL, 2024).

Ainda de acordo com dados divulgados pelo Ministério da Saúde, a avaliação do perfil epidemiológico das doenças transmitidas por alimentos e água no Brasil, de 2009 a 2018, apontou o pescado como envolvido em 2,1% dos casos de surtos de DTHA (Brasil, 2018). As DTHA mais comumente associadas ao consumo de pescados incluem:

- a) **Anisakidose:** é causada pela ingestão de larvas de vermes da família Anisakidae, que podem estar presentes em peixes crus ou mal cozidos. Os sintomas incluem náuseas, vômitos, dor abdominal e diarreia (SOUZA *et al.*, 2016).
- b) **Ciguatera:** é causada pela ingestão de peixes que tenham sido infectados com a toxina ciguatoxina, produzida por algas que se proliferam em recifes de coral. É a forma mais comum de intoxicação alimentar não bacteriana causada por consumo de peixe em todo o mundo. Os sintomas incluem náuseas, vômitos, diarreia, dores musculares e fraqueza (NEVES; GOLDANI, 2019).
- c) **Salmonelose:** é causada pela ingestão de alimentos contaminados com a bactéria *Salmonella*, que pode estar presente em peixes crus ou malcozidos. Os sintomas incluem febre, dor abdominal, náuseas, vômitos e diarreia (GAZAL *et al.*, 2018).
- d) **Vibriose:** é causada pela ingestão de alimentos contaminados com a bactéria *Vibrio*, que pode estar presente em peixes crus ou malcozidos. Os sintomas incluem diarreia, dor abdominal, náuseas, vômitos e febre (SOMBOON *et al.*, 2012).

3.2 Bactérias causadoras de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar - DTHAs

Entre os agentes causadores de DTHAs, as bactérias são um dos grupos mais preocupantes e mais frequentemente associados a surtos (GAZAL *et al.*, 2018). No presente trabalho destacaremos a importância da avaliação microbiológica de moluscos oriundas de estuários do Estado do Maranhão, em vista disso, algumas bactérias causadoras de DTHAs merecem maior atenção.

Como mencionado anteriormente, a contaminação da carne do pescado por microrganismos pode advir tanto de contaminação primária (microrganismos da microbiota do animal ou que habitam a água em que ele vive) quanto por inadequações no manuseio, após a captura, no armazenamento e na conservação (CHEN *et al.*, 2017). A qualidade higiênica dos produtos da pesca no Brasil é, portanto, influenciada por diversos fatores, como a ação eutrófica, causada por atividade humana, a localização

geográfica, a diversidade microbiana e os diferentes segmentos da cadeia produtiva (DO ROSÁRIO, 2020).

3.2.1 *Salmonella*

A *Salmonella* é uma bactéria presente em diversos alimentos de origem animal, incluindo pescados. Esse gênero faz parte da família Enterobacteriaceae, composta por bactérias Gram-negativas que são comuns em diferentes ambientes, incluindo água, solo e animais humanos e não-humanos. Duas de suas espécies podem ser causadoras de doenças em humanos: a *Salmonella enterica* e a *Salmonella bongori* (BRASIL, 2011). O Ministério da Saúde classifica a *S. enterica* como a espécie de maior relevância para a saúde pública, sendo esta composta por seis subespécies (*S. enterica* enterica, *S. enterica* salamae, *S. enterica* arizonae, *S. enterica* diarizonae, *S. enterica* houtenae, *S. enterica* indica), em que cada uma delas tem características próprias no que diz respeito à sua virulência, patogenicidade e resistência aos antimicrobianos (BRASIL, 2023).

A contaminação do pescado por *Salmonella* pode ocorrer durante a pesca, processamento, armazenamento ou preparação dos alimentos. A *Salmonella* pode causar dois tipos de doenças, a Salmonelose não tifóide e a febre tifóide (causada por *Salmonella enterica* sorotipo Typhi) (SOUZA *et al.*, 2014). Os sintomas das salmoneloses, geralmente, aparecem entre 12 e 72 horas após a exposição à bactéria e incluem diarreia, náusea, vômito, febre e dor abdominal. No caso das salmoneloses não tifóides, a maioria das pessoas se recupera dentro de alguns dias a uma semana, com casos raros de complicações severas ou óbitos. A febre tifóide, por sua vez, é mais grave e tem uma taxa de mortalidade maior que a salmonelose não tifóide (BRASIL, 2023).

A transmissão da *Salmonella* pelo consumo de pescados pode ser evitada através de práticas de higiene adequadas. É importante lavar bem as mãos antes e depois de manusear esses alimentos, além de garantir que estes sejam cozidos adequadamente antes de consumi-los (FEARNLEY *et al.*, 2016). O armazenamento adequado em temperaturas seguras também é fundamental para evitar a contaminação. Além disso, é importante que a indústria pesqueira adote práticas de higiene adequadas durante todas as etapas do processo, desde a captura até o processamento e embalagem. As autoridades de saúde pública necessitam monitorar regularmente os produtos da pesca para garantir que estejam em conformidade com os padrões de segurança alimentar (FEARNLEY *et al.*, 2016).

3.2.2 *Escherichia coli*

Embora a *Escherichia coli* (*E. coli*) seja, frequentemente, associada à contaminação de alimentos de origem bovina, também podem ser associadas a frutos do mar. A contaminação pode ocorrer através do contato com água ou superfícies contaminadas, ou durante o processamento e armazenamento inadequados dos alimentos (LEMOS *et al.*, 2020). A infecção por *E. coli* ocorre, frequentemente, por quatro diferentes grupos patogênicos com diferentes mecanismos de patogenicidade. A *E. coli* enterotoxigênica se manifesta entre 8 e 44h após a contaminação e pode causar sintomas gastrointestinais, como diarreia aquosa, febre baixa, cólica, fadiga e náuseas (ALVES, 2012; CANGEMI, 2011). Já na infecção por *E. coli* enteroinvasiva, os sintomas incluem, fezes mucosas e sanguinolentas, arrepios, febre, dores de cabeça, mialgia e cólicas abdominais e surgem em cerca de 8 a 24 horas (CANGEMI, 2011). A *E. coli* enteropatogênica está associada à diarreia do recém-nascido e seus sintomas surgem entre 17 e 72h após o consumo, sendo eles diarreia aquosa, náuseas, vômitos, dores abdominais, dores de cabeça, febre e arrepios (ALVES, 2012). Por fim, a *E. coli* enterohemorrágica possui incubação de 3 a 9 dias e pode levar a sintomas graves como colite hemorrágica, síndrome hemolítico-urêmica e púrpura trombocitopênica trombótica, além dos sintomas convencionais, como cólicas e vômitos (ALVES, 2012). Portanto, é importante adotar práticas adequadas de higiene e segurança alimentar durante o manuseio, processamento e preparo de peixes e frutos do mar para minimizar o risco de contaminação por *E. coli* e outros patógenos.

3.2.3 *Staphylococcus* sp.

Entre os microrganismos patogênicos que podem ser transmitidos por meio de manipulação inadequada do pescado, destaca-se o *Staphylococcus* sp. Esses microrganismos são um grupo de bactérias Gram-positivas naturalmente encontradas na pele e nas mucosas de humanos e animais. Algumas cepas de *Staphylococcus* sp. têm a capacidade de produzir enterotoxinas, as quais podem causar intoxicação alimentar em humanos quando consumidas em alimentos contaminados (FEITOSA *et al.*, 2017; BRASIL, 2019;).

A intoxicação alimentar causada por *Staphylococcus* sp. apresenta sintomas gastrointestinais e incluem febre, mal-estar geral, calafrios, cefaleia, desidratação náuseas, vômitos, dores abdominais e diarreia (SILVA *et al.* 2017). A veiculação da bactéria está associada especialmente à manipulação incorreta e ao preparo

dos alimentos uma vez que o consumo de pescado cru ou malcozido contaminado pode levar a intoxicações pelo microrganismo (CRIBB *et al.*, 2018). A contaminação cruzada também pode ocorrer durante o processamento, onde superfícies, equipamentos e mãos dos manipuladores podem ser contaminados com *Staphylococcus* sp. de outros alimentos ou da própria pele (FEITOSA *et al.*, 2017).

Os sintomas da intoxicação alimentar por *S. aureus* geralmente começam a aparecer dentro de 1-6 horas após o consumo do alimento contaminado, e incluem vômitos, náuseas e eventualmente diarreia (CRIBB *et al.*, 2018). A maioria dos casos de intoxicação alimentar por *Staphylococcus* sp. não são graves e não necessitam de tratamento médico uma vez que os sintomas geralmente desaparecem após algumas horas de ingestão dos alimentos contaminados (RODRIGUES *et al.*, 2004)

A contaminação por *Staphylococcus* spp. pode ocorrer devido a diversas fontes, já que são amplamente distribuídos na natureza, podendo ser encontrados na pele, mucosas e tratos superior respiratório e intestinal humanos além de poderem estar presentes no ar, na água, poeira, esgotos e as mais diversas superfícies (SANTOS, 2006). Além disso, se o pescado for manuseado de forma inadequada, como mantido na temperatura indevida, as bactérias podem se multiplicar e causar contaminação (CRIBB *et al.*, 2018). As toxinas produzidas pelo *Staphylococcus* sp. são resistentes ao calor e não são destruídas pelo cozimento, portanto, a melhor maneira de prevenir a intoxicação alimentar é garantir que os peixes sejam cozidos adequadamente e manuseados com segurança durante todo o processo de produção e consumo (ABRIOUEL *et al.*, 2011).

3.2.4 *Vibrio* sp.

O gênero *Vibrio* sp. compreende bactérias Gram-negativas, em forma de vírgula, que são comumente encontrados no meio marinho, em água salgada, em moluscos bivalves e em crustáceos (BAKER-AUSTIN *et al.*, 2017). Algumas espécies de *Vibrio* sp. são conhecidas por causar doenças em humanos, incluindo gastroenterite, infecções de pele e, em casos mais graves, sepse (ALTEKRUSE *et al.*, 2000). As doenças transmitidas envolvendo pescados causadas por *Vibrios* sp. geralmente ocorrem quando estes alimentos contaminados são consumidos crus ou mal cozidos. As espécies desse gênero que mais relacionadas a doenças em humanos incluem *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* e *Vibrio cholerae* (AUSTIN *et al.*, 2005).

O *Vibrio parahaemolyticus* é a principal causa de diarreia aquosa, sendo a principal espécie de *Vibrio* associada a intoxicação alimentar relacionada ao consumo de frutos do mar. Podendo causar gastroenterite, que incluem como sintomas a diarreia, náusea, vômito, dor abdominal e febre. A infecção pode se desenvolver de forma grave em pessoas com sistema imunológico comprometido (BAKER-AUSTIN *et al.*, 2018).

O *Vibrio vulnificus* é uma bactéria marinha comum que causa doenças graves veiculadas por pescados. Essa bactéria pode ser encontrada em ostras, mariscos, moluscos e outros animais de origem marinha (JONES; OLIVER, 2009). A infecção por *Vibrio vulnificus* pode levar a infecções de pele e pode causar uma forma de sepse, uma infecção generalizada. As pessoas com sistema imunológico comprometido ou com condições médicas pré-existentes, como doenças hepáticas, são particularmente suscetíveis a infecções graves (PARK; LEE, 2018).

O *Vibrio cholerae* é a bactéria que causa a cólera, uma doença infecciosa aguda que pode causar desidratação grave e até mesmo a morte, se não tratada adequadamente. Esta espécie está mais comumente associada as áreas em condições sanitárias precárias, como em países em desenvolvimento. Ela também pode ser encontrada em alguns tipos de pescados, tornando-se um grande risco aos consumidores. A infecção pode causar diarreia aquosa grave e desidratação (BAKER-AUSTIN *et al.*, 2018).

Para reduzir o risco de doenças transmitidas por pescados causadas por espécies do gênero *Vibrio* sp. é importante seguir boas práticas de higiene alimentar, incluindo cozinhar os frutos do mar adequadamente, lavar as mãos antes e depois de manipular os alimentos e evitar o consumo de peixes crus ou mal cozidos.

3.2.5 *Aeromonas* spp.

Aeromonas spp. são bactérias comumente encontradas em ambientes aquáticos, incluindo água doce e salgada, e podem causar infecções em humanos e animais, incluindo infecções veiculadas por alimentos, com destaque para o pescado (SCHUETZ, 2019). As infecções por *Aeromonas* spp. relacionadas ao consumo de pescados geralmente são causadas por duas espécies: *Aeromonas hydrophila* e *Aeromonas veronii* biovar sobria. Essas bactérias podem contaminar os pescados durante o processamento, armazenamento e preparação dos alimentos (CHUANG *et al.*, 2011).

Os sintomas da infecção por *Aeromonas* spp. podem variar de leves a graves e incluem diarreia, cólicas abdominais, náusea, vômito, febre, dor de cabeça e, em casos mais graves, infecções da pele e tecidos moles, como celulite e fasciíte necrosante. Em pacientes imunocomprometidos, as infecções podem ser mais graves e potencialmente fatais (PARKER *et al.*, 2011). Embora as infecções por *Aeromonas* spp. veiculadas por alimentos sejam relativamente raras, elas podem ser evitadas seguindo boas práticas de manipulação dos alimentos, como garantir que os pescados sejam adequadamente higienizados, armazenados e cozidos antes do consumo. Além disso, é importante lavar as mãos com frequência durante o manuseio de peixes e outros alimentos para evitar a propagação de bactérias.

4. RESISTÊNCIA A ANTIMICROBIANOS

A expressão “resistente” é atribuída àqueles microrganismos cujo crescimento e multiplicação não se afeta pelas concentrações do antimicrobiano correspondente, por possuírem mecanismos de resistência específicos para o agente estudado (VIEIRA E VIEIRA, 2017).

O desenvolvimento da resistência bacteriana a antimicrobianos pode ser apontado como um fenômeno ecológico resultante da pressão seletiva exercida pelo uso de antibióticos (LOUREIRO, 2016). As bactérias são organismos de rápida multiplicação que podem realizar troca de material genético entre linhagens da mesma espécie ou mesmo de espécies diferentes, por isso são considerados organismos com alta capacidade adaptativa a condições ambientais (GUIMARÃES, MOMESSO e PUPPO, 2010). No entanto, a capacidade de adquirir resistência, assim como o grau de resistência adquirida, é uma propriedade bastante variável entre bactérias, uma vez que alguns gêneros e espécies o fazem com mais frequência enquanto outros não. Estafilococos, enterobactérias e micobactérias, por exemplo, estão entre os que manifestam aquisição de resistência com mais frequência (ALTERTHUM, 2015).

A resistência a antimicrobianos pode se dar de duas formas distintas:

- Intrínseca: certas espécies podem resistir a um fármaco como resultado de uma característica estrutural ou funcional inerente da espécie (BLAIR *et al.*, 2014);
- Adquirida: quando surgem mutações naturais ou induzidas por agentes mutagênicos como radiação ionizante e espécies reativas de oxigênio (ROS) ou ainda

quando esses genes de resistência são adquiridos por transmissão horizontal de genes (BAPTISTA, 2013);

Estudos recentes levaram à identificação de muitos genes que são responsáveis pela resistência intrínseca a antibióticos de diferentes classes, incluindo β -lactâmicos, fluoroquinolonas e aminoglicosídeos (BLAIR *et al.*, 2014). A resistência adquirida, por sua vez, está intimamente relacionada com a produção das chamadas superbactérias devido à seleção de indivíduos resistentes a antibióticos (FREIRES; RODRIGUES JUNIOR, 2022). A manutenção dos mecanismos de sobrevivência no hospedeiro e o estabelecimento de microrganismos resistentes em uma população antes sensível ao fármaco pode ser explicada pelo surgimento de mutações e a transferência de genes ou pela formação de biofilmes bacterianos, que dificultam a penetração de antibióticos (SCALDAFERRI *et al.*, 2020). Para que uma mutação seja bem-sucedida ela não pode ser letal e não deve ocasionar alterações significativas na virulência do mutante (SOUZA; DIAS; ALVIM, 2022).

Uma vez que um gene de resistência surge em uma população de bactérias inicialmente sensível, este pode ser propagado para as células-filhas por transmissão vertical, ou para outras bactérias por transmissão horizontal de genes via transdução (troca de material genético por intermédio de um bacteriófago), transformação (quando a bactéria absorve fragmentos de DNA dispersos no ambiente) ou conjugação (transferência de plasmídeos e transposons através da formação de uma ponte citoplasmática entre a bactéria doadora e a receptora) (LIMA; BENJAMIM; SANTOS, 2017). Após algumas gerações de multiplicação bacteriana e mediante a persistência da pressão seletiva do antibiótico, aquela população passa a ser resistente ao mesmo (BAPTISTA, 2013).

Os genes de resistência atuam interferindo na atuação do antibiótico. Para que um antibiótico seja eficaz, três condições devem ser atendidas: I) o alvo do antibiótico deve existir na célula; II) o antibiótico precisa atingir o alvo em quantidade suficiente; III) o antibiótico não pode ser modificado ou inativado (DZIDIC; SUSKOVIC; KOS, 2008).

Em síntese, para que um fármaco exerça atividade antimicrobiana ele deve atingir seu alvo e ligar-se a ele a fim de interferir na sua função; assim, os principais mecanismos de resistência antimicrobiana são: a redução da permeabilidade celular ao antibiótico; a existência de bombas de efluxo para “expulsão” do fármaco do meio intracelular; a inativação ou destruição do antibiótico após sua entrada na célula; e a alteração de

moléculas alvo ou produção de moléculas alvo alternativas que não possuem afinidade com o fármaco (SOUZA; DIAS; ALVIM, 2022).

5. PROTEÍNAS COM AÇÃO ANTIMICROBIANA

As Proteínas (ou peptídeos) com ação antimicrobiana (PAM) são uma classe de proteínas que desempenham um papel importante na defesa do organismo contra infecções causadas por microrganismos patogênicos, como bactérias, fungos, vírus e parasitas. Elas podem ser encontradas em diferentes tecidos e fluidos corporais, desempenhando um papel fundamental na resposta imunológica (HOMENIUK *et al.*, 2022).

A ampla distribuição de proteínas PAM entre organismos pluricelulares sugere que estas tenham surgido desde o início da evolução da resposta imune. Os PAM são moléculas efetoras do sistema imunológico inato que combatem uma ampla gama de microrganismos, enquanto geralmente exibem baixa ou nenhuma toxicidade para as células animais (BACHÈRE; DESTOUMIEUX; BULET, 2000).

A extensa variedade de Peptídeos Antimicrobianos (PAM) atualmente identificados torna sua classificação desafiadora, exceto por meio de sua estrutura secundária. Portanto, os PAM podem ser agrupados em quatro categorias (LÖFGREN, 2007):

I. Os que apresentam uma estrutura linear, não contêm resíduos de cisteína e geralmente adotam uma conformação em α -hélice.

II. PAM que possuem uma estrutura cíclica ou acíclica com extremidade aberta, geralmente assumindo a forma de β -folhas, frequentemente mantidas por meio de pontes de dissulfeto.

III. Aqueles com um alto teor de determinados resíduos de aminoácidos, comumente um ou dois, como glicina, prolina ou histidina.

IV. PAM derivados da hidrólise parcial de uma proteína precursora maior.

O bacteriologista britânico Alexander Fleming foi o primeiro a observar a atividade bactericida de secreções respiratórias e a descrever a atividade da lisozima, que apesar de ser uma enzima, também é considerada uma proteína antimicrobiana (FLEMING, 1950). A lisozima é encontrada em lágrimas, saliva, suco gástrico e outras

secreções corporais, e também está presente nos grânulos citoplasmáticos dos neutrófilos. Ela atua catalisando a hidrólise da ligação β -1,4 do ácido N-acetilmurâmico com resíduos de N-acetil-D-glucosamina no peptidoglicano presente na parede celular das bactérias, afetando assim a integridade da célula bacteriana e levando-a à morte (BAREMBAUM; AZCURRA, 2019).

Outros PAMs encontrados em secreções corporais, mais especificamente na saliva são as Histatinas, conhecidas por serem altamente eficazes contra fungos, especialmente *Candida albicans*. A Histatina 5 é a principal proteína antimicrobiana sintetizada pelas glândulas salivares humanas e atua causando estresse oxidativo e osmótico, afetando as funções mitocondriais dos fungos (BAREMBAUM; AZCURRA, 2019).

As Defensinas, por sua vez, são pequenos peptídeos catiônicos ricos em arginina encontrados em células imunes, como neutrófilos e macrófagos, bem como em células epiteliais de mucosas (RIVAS-SANTIAGO *et al.*, 2006). Contém resíduos de cisteína unidos por pontes dissulfeto e sua ação antimicrobiana se baseia na interação eletrostática com a parede celular de bactérias, formando poros que levam ao extravasamento do conteúdo intracelular e conseqüentemente à sua destruição (BAREMBAUM; AZCURRA, 2019).

Os PAM também podem apresentar papel fundamental no desenvolvimento inicial do sistema imunológico após o nascimento. A Lactoferrina é um PAM presente em grande quantidade no leite materno, em especial no colostro, e é uma glicoproteína com alta afinidade aos íons de ferro (Fe^{3+}), que é essencial para o crescimento bacteriano. Esse PAM atua sequestrando este nutriente e privando as bactérias do ferro, o que impede seu crescimento e replicação. Além disso a lactoferrina também pode apresentar atividade antimicrobiana por interações diretas com glicoproteínas de membrana e lipopolissacarídeos presentes em bactérias gram-negativas (BAREMBAUM; AZCURRA, 2019).

As atividades de modulação de resposta imunológica também podem estar relacionadas a PAM. As catelicidinas são exemplos disso. São proteínas antimicrobianas encontradas em granulócitos e células epiteliais. Elas atuam danificando a membrana das bactérias e têm uma atividade antimicrobiana ampla contra bactérias, fungos e alguns vírus. Além disso, podem inibir a apoptose de neutrófilos e macrófagos, aumentando assim sua meia-vida e favorecendo o combate a patógenos (LÖFGREN, 2007).

Por fim, os PAM podem até mesmo ser produzidos por outras bactérias, conferindo vantagem competitiva entre populações de microrganismos que colonizam um mesmo ambiente. As Bacteriocinas possuem grande importância para a saúde humana uma vez que podem ser produzidas por bactérias que compõem a microbiota intestinal, inibindo o crescimento ou mesmo levando à morte de possíveis bactérias patogênicas que venham a tentar colonizar o trato intestinal (HOMENIUK *et al.*, 2022).

6. CONTAMINAÇÃO DE PESCADOS POR METAIS PESADOS

A contaminação de pescados por metais tóxicos é um problema ambiental grave em muitas regiões do mundo. Os metais pesados, como o mercúrio, o chumbo e o cádmio, são amplamente encontrados no meio ambiente devido à sua história de uso em várias atividades humanas e podem se acumular em moluscos e outros organismos aquáticos através da ingestão de água ou alimentos contaminados (JÄRUP, 2003).

Normalmente, metais e metalóides apresentam concentrações mais baixas em organismos herbívoros e mais elevadas em predadores. Alguns desses elementos químicos têm um alto potencial de biomagnificação, o que significa que suas concentrações aumentam ao longo da cadeia alimentar (FLEMING *et al.*, 2006; KITE-POWELL *et al.*, 2008). Quando os seres humanos consomem pescados contaminados, os metais tóxicos podem se acumular em seus corpos ao longo do tempo, causando uma série de problemas de saúde (SULTANA *et al.*, 2022).

O mercúrio é um dos metais tóxicos mais preocupantes em termos de contaminação alimentar. A Organização Mundial da Saúde define o limite tolerável de consumo de mercúrio por seres humanos em microgramas por quilo de peso corporal por semana (WHO, 2014). O mercúrio pode ser liberado na atmosfera a partir de fontes industriais e pode cair na água e ser convertido em metilmercúrio, que é absorvido pelos pescados através de suas dietas (FLEMING *et al.*, 2006).

O chumbo e o cádmio são que podem acumular-se nas cadeias alimentares aquáticas, o que pode comprometer a saúde humana e animal quando consumidos em grandes quantidades. Esses metais são especialmente perigosos para a saúde humana pela facilidade aos quais são absorvidos pelos organismos, causando efeitos prejudiciais no sistema nervoso, nos rins e nos ossos. O chumbo é muito utilizado na indústria como material de construção e revestimento de superfícies, além de ser usado na fabricação de baterias, tintas e outros produtos químicos. O cádmio, por sua vez, pode ser encontrado

em fontes naturais, como minas, mas também é produzido artificialmente em algumas indústrias, como na produção de fertilizantes, combustíveis fósseis e materiais de construção (JÄRUP, 2003).

6.1 Doenças associadas à contaminação por metais pesados

A exposição aos metais tóxicos pode levar a problemas a saúde humana, dependendo do metal, a quantidade presente no organismo, e a duração da exposição (SULTANA *et al.*, 2022). Algumas doenças causadas por metais tóxicos incluem:

Intoxicação por chumbo: A exposição crônica ao chumbo pode causar danos ao sistema nervoso, problemas de comportamento e desenvolvimento em crianças, anemia e problemas renais (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Intoxicação por mercúrio: A exposição a níveis mais altos de mercúrio pode levar a problemas neurológicos (como problemas de coordenação e equilíbrio, problemas de visão, audição, fala, tremores, perda de memória e dificuldade de aprendizagem), problemas renais e cardiovasculares. A exposição ao mercúrio também pode afetar o desenvolvimento do cérebro em crianças. (HA *et al.*, 2017). **A Intoxicação por cádmio:** A exposição crônica ao cádmio pode levar a danos nos rins e pulmões, osteoporose, anemia e câncer (JÄRUP, 2003).

Além dessas doenças, a contaminação por metais tóxicos também pode levar frequentemente a problemas respiratórios, cardiovasculares e imunológicos. Por isso, é importante evitar a exposição excessiva a esses elementos químicos e realizar o monitoramento da qualidade dos pescados acerca das concentrações de metais e metalóides ali presentes.

7. MOLUSCOS BIVALVES

Os moluscos bivalves são um grupo de moluscos (filo Mollusca) caracterizados por possuir duas valvas, conchas, que são unidas por uma charneira e que cobrem o corpo do animal. Os bivalves incluem uma variedade estimada de 30.000 espécies, que incluem sururu, ostras, mexilhões, vieiras e mariscos, possuem ampla distribuição geográfica ocorrendo tanto em habitats marinhos, água doce e estuarinas (RUPPERT; BARNES, 2005; BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018).

Os moluscos bivalves desempenham um importante papel no ecossistema como filtradores, alimentando-se de partículas de alimentos suspensas na água que são

capturadas por meio de um sifão inalante, enquanto água e detritos são expelidos pelo sifão exalante (BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018). Esses organismos têm uma importância ecológica significativa como alimentos para outros animais, além de grande importância econômica para seres humanos tanto como fonte de alimento quanto como fonte de recursos como pérolas, conchas e outros (OLIVIER *et al.*, 2018).

7.1 Gênero *Mytella*

Mytella (RIOS, 1994) é um gênero de moluscos bivalves da família Mytilidae, popularmente conhecidos como sururu ou mexilhão-do-mangue, que inclui várias espécies de mexilhões encontrados nas zonas costeiras do México ao Peru, no Oceano Pacífico, e da Venezuela ao Brasil, no Oceano Atlântico (RIOS, 2009). As espécies de *Mytella* são geralmente pequenas, com conchas ovais e achatadas, que variam em tamanho de cerca de 2 a 8 centímetros (VILLALOBOS, 1993). Eles são filtradores ativos, se alimentando de partículas de plâncton e detritos suspensos na água e podem ser encontrados em áreas de água salobra, como estuários e manguezais, bem como em áreas marinhas costeiras (RIOS, 1994).

Mytella é um importante recurso pesqueiro em muitas partes da América do Sul e Central, onde é comercializado tanto para consumo humano, como para alimentação animal, além de terem as conchas frequentemente usadas como material para confecção de joias e artesanato (SANTOS, 2016).

7.2 *Mytella charruana*

A espécie *Mytella charruana* (d'Orbigny, 1846) (Bivalvia: Mytilidae) é um molusco bivalve que habita ambientes lodosos em regiões estuarinas aderidos ao substrato de rocha ou lama e ali formando colônias (NARCHI; GALVÃO-BUENO, 1983; RIOS, 2009;). Esses moluscos medem por volta de 50 mm de comprimento por 22 mm de largura (NARCHI; GALVÃO-BUENO, 1983); Narchi e Galvão-Bueno (1983) descrevem a morfologia externa de *M. charruana*: “A concha é equivalve, mitiliforme, apresentando um ângulo suave no lado dorsal e o lado ventral côncavo. O umbro é anterior, quase terminal e a borda posterior é arredondada. O perióstraco fino tem coloração castanha-escura”.

A *M. charruana* é nativa da costa leste da América do Sul, da Venezuela à Argentina, e no Pacífico, do México a El Salvador, e invasora no sudeste dos EUA,

Filipinas, Cingapura, Tailândia e Índia (CALAZANS *et al.*, 2017). Esta espécie de molusco é muito valorizada na aquicultura, devido ao seu sabor delicado e sua carne de textura macia, apresentando grande importância socioeconômica em especial nas costas Norte e Nordeste do Brasil devido ao seu valor comercial por ser considerado uma importante fonte de proteína para a alimentação humana (CORREIA, 1996; RIOS, 2009).

A capacidade de rápido crescimento de *M. charruana* representa uma vantagem para a indústria pesqueira em todo o mundo. No entanto, esta característica tem impacto negativo em locais em que a espécie é invasora. A *M. charruana* é uma espécie invasora em muitas áreas onde foi introduzida, como na costa oeste dos Estados Unidos (USGS, 2009). Como resultado, esta espécie pode competir com outras espécies nativas de mexilhões, e afetar a biodiversidade do ecossistema (BOUDREAUX; WALTERS, 2006).

5.2.1 Reprodução de *Mytella charruana*

A *Mytella charruana* é um organismo com fertilização externa, processo em que os gametas masculinos e femininos são liberados na água (STENYAKINA *et al.*, 2009). Os espermatozoides dos machos, que são liberados na água, nadam até os ovócitos das fêmeas, onde ocorre a fecundação. Após a fertilização, os ovos se desenvolvem em larvas planctônicas que flutuam na coluna de água por algumas semanas (STENYAKINA *et al.*, 2009). Os estudos sobre o ciclo reprodutivo das espécies do gênero *Mytella* sp. sugerem que há uma reprodução contínua ao longo do ano, com dois picos de desova: (1) no final da primavera e início do verão; (2) no final do outono e início do inverno (CHRISTO; FERREIRA-JUNIOR; ABSHER, 2016).

As larvas passam por várias fases de desenvolvimento até atingirem o estágio adulto e se fixarem no substrato. O processo de fixação é chamado de "assentamento" e ocorre quando as larvas desenvolvem um pé adesivo que as prende a um substrato, geralmente rochas ou conchas de outros moluscos (STENYAKINA *et al.*, 2009). Uma vez fixados, os mexilhões crescem rapidamente, atingindo a maturidade sexual em cerca de 6 a 8 meses. Os mexilhões adultos têm fios bissais fortes que auxiliam na fixação a substratos duros (MEDIODIA *et al.*, 2017).

5.2.2 Alimentação de *M. charruana*

A alimentação de *M. charruana* se baseia na filtração de partículas orgânicas presentes na água, incluindo detritos orgânicos, plâncton, bactérias e algas. Esses

moluscos também são capazes de armazenar nutrientes, como gorduras e carboidratos, em seus tecidos para uso posterior (PALMEIRA *et al.*, 2018) e possuem uma estrutura chamada de sifão, que funciona como um filtro. A água é bombeada por meio desse sifão, e as partículas de alimento presentes na água são retidas por um órgão especializado. Esse processo é conhecido como filtração (RIOS, 1994; BRUSCA; MOORE; SHUSTER, 2018). A alimentação por filtração acaba sendo a principal característica responsável pela vulnerabilidade destes organismos à contaminação, uma vez que estes possuem a capacidade de absorver toxinas, poluentes químicos e biológicos, inclusive metais tóxicos e microrganismos presentes na água (LEAL, 2008; SILVA *et al.*, 2015).

5.2.3 Coleta e consumo de “sururu” *M. charruana*

Embora a nível mundial o volume de produção do sururu esteja concentrado principalmente nos países asiáticos, juntamente com o consumo e o investimento tecnológico - evidenciado pelo grande número de patentes depositadas - o Brasil apresenta um grande potencial para explorar todas as áreas relacionadas ao pescado (ASSIS, 2015). O consumo de moluscos bivalves marinhos tem se tornado cada vez mais comum em todas as regiões costeiras do Brasil, devido as riquezas abundantes dos recursos naturais do ecossistema aquático. A inclusão de frutos do mar na alimentação é incentivada como uma alternativa saudável, tanto por sua alta quantidade de proteína quanto por seu baixo teor de gordura (NISHIDA; NORDI; ALVES, 2004).

A atividade de mariscagem, coleta extrativista e beneficiamento de marisco, é realizada pelas comunidades pesqueiras costeiras no Brasil, tal como em outros países do mundo. Essa atividade é uma importante fonte de subsistência e renda, e é conduzida através da exploração dos manguezais (NOBREGA, 2013). A coleta do sururu é feita de maneira artesanal e familiar, e inclui tanto a catação do marisco, quanto o processamento artesanal (limpeza, cozimento e desconchamento). Trata-se de um trabalho extremamente cansativo, além de usualmente não ser realizado com o uso de nenhum tipo de equipamento de proteção individual (EPI), o que aumenta o risco de acidentes entre os catadores (TAMANO *et al.*, 2015).

A coleta do sururu se faz essencialmente em regiões estuarinas, onde a espécie habita. Além da importância econômica para as comunidades ribeirinhas locais, o sururu apresenta elevado valor nutricional, sendo rico em proteínas, ácidos graxos poliinsaturados e vitaminas (LIRA *et al.*, 2004). Contudo, por ocorrer em zonas de estuário tipicamente afetadas pela ocupação humana, o monitoramento microbiológico

de *M. charruanae* essencial, especialmente em áreas de comercialização, por ser considerado um alimento de alto risco à saúde do consumidor, em especial pela alimentação por filtração, frequentemente, associado a surtos de origem alimentares (PALMEIRA *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2011).

8. QUALIDADE DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE MOLUSCOS BIVALVES

Apesar das reconhecidas vantagens nutricionais ofertadas pelo consumo de moluscos bivalves, além do baixo custo de produção e instalação de áreas de cultivo, a criação destes animais é feita diretamente na água do mar. Diante disso, assegurar a qualidade constante dos moluscos cultivados para consumo e comércio depende diretamente da preservação da qualidade da água, da saúde das sementes e dos animais, bem como das condições dos ecossistemas costeiros nos quais eles estão inseridos (CORTES; WASSERMAN; AVELAR, 2009).

Alguns aspectos importantes a serem monitorados em sistemas de criação de moluscos bivalves incluem:

- a) Parâmetros físico-químicos: Fatores como temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez e nível de pH são parâmetros básicos a serem monitorados em um sistema de aquacultura pois variações extremas em qualquer um deles podem afetar negativamente o desempenho dos moluscos acerca de suas taxas de crescimento e reprodução, eficiência na captura de nutrientes e consequentemente na saúde dos animais diante de condições de estresse (AFRICA *et al.*, 2017).
- b) Poluentes e contaminantes: Poluentes orgânicos e inorgânicos, como produtos químicos agrícolas, metais pesados, substâncias tóxicas e poluentes microbiológicos, podem contaminar a água e representar riscos para a saúde dos moluscos bivalves e para os consumidores finais (JUSTINO *et al.*, 2016). A acumulação dessas substâncias nos moluscos pode levar à bioacumulação e, eventualmente, à exposição humana por meio do consumo de bivalves contaminados, ameaçando, portanto, a segurança alimentar de produtos da aquacultura (SU; SUTARLIE; LOH, 2020).
- c) Proliferação de algas: Algumas espécies de algas podem se proliferar em excesso, formando florações (blooms) que podem produzir toxinas frequentemente nocivas ao sistema nervoso humano (neurotoxinas), ao fígado (hepatotoxinas) e à pele

(dermatotoxinas), as quais podem ser filtradas pelos moluscos durante a alimentação, e acumular-se em seus tecidos, representando um risco à saúde humana caso sejam consumidos (BICKMAN; CAMPBELL; ELLIOTTETAL, 2018). O aumento da temperatura global devido às mudanças climáticas e a ocorrência de eventos de despejo de matéria orgânica próximo a regiões de fazendas de criação de moluscos pode acarretar na multiplicação exacerbada de tais cianobactérias (eutrofização) produtoras de cianotoxinas(SU; SUTARLIE; LOH, 2020).

- d) Sanidade e doenças: Moluscos bivalves podem ser suscetíveis a várias doenças, incluindo infecções bacterianas, virais e parasitárias. Esses organismos dependem, em grande parte, de mecanismos de defesa não específicos para se proteger de patógenos. Variações em parâmetros físico-químicos, exposição a contaminantes de origem orgânica e inorgânica, má nutrição e a própria presença demasiada de patógenos na água, por fontes de contaminação externas, podem contribuir para o enfraquecimento do sistema imunológico destes organismos e favorecer a ocorrência de doenças (SWEET; BATEMAN, 2015).

Desse modo, o monitoramento de tais fatores dever ser realizado regularmente para garantir a tomada de medidas corretivas apropriadas caso haja desvio nos parâmetros de qualidade da água (SU; SUTARLIE; LOH, 2020). Associado a isso, é importante que a conduta de monitoramento esteja alinhada com noções sobre zoneamento e gestão de áreas de cultivo (RAMOS, 2007). Diferentes regiões litorâneas apresentam diferentes influências ambientais como precipitação pluviométrica, amplitude de marés, ocorrência de frentes frias e variações climáticas sazonais, fluxo de pessoas na região e existência de áreas próximas com despejo de esgoto doméstico, portanto, é necessário conhecer a geografia do local e as correntes marítimas capazes de influenciar na dinâmica daquele ecossistema costeiro (LENOCH, 2003; RAMOS, 2007).

9. CADEIA PRODUTIVA DE MOLUSCOS NO MARANHÃO

CADEIA PRODUTIVA DE MOLUSCOS NO MARANHÃO

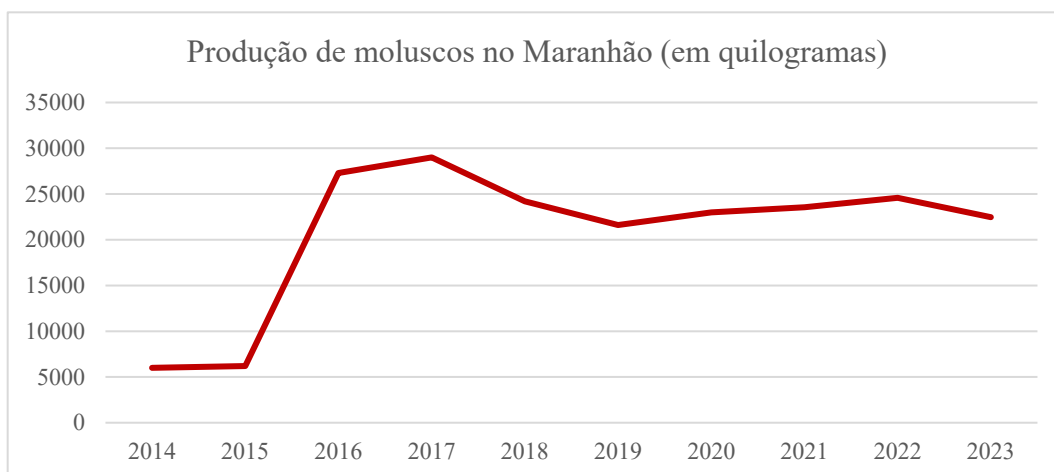
A exploração de moluscos bivalves é uma atividade econômica fundamental em diversas comunidades costeiras do Nordeste brasileiro, onde aproximadamente 50.000 pessoas dependem inteiramente da coleta de moluscos, tais como a ostra

(*Crassostreagasar*), o sarnambi (*Anomalocardia brasiliana*) e o sururu (*Mytella charruana* e *Mytella guyanensis*) nos ecossistemas de estuários e manguezais (CASTRO *et al.*, 2014).

Em âmbito socioeconômico, a cadeia produtiva de moluscos pode ser dividida em duas principais vertentes quanto à origem do produto: a produção em aquíferos e a coleta extrativa. Enquanto o extrativismo destina grande foco na obtenção de sururu e sarnambi, a produção em aquicultura volta-se especialmente para três espécies de bivalves, que novamente incluem as ostras (*Crassostreagasar*), as vieiras (*Pecten maximus*) e mexilhões (*Perna perna*) (SILVA *et al.*, 2021).

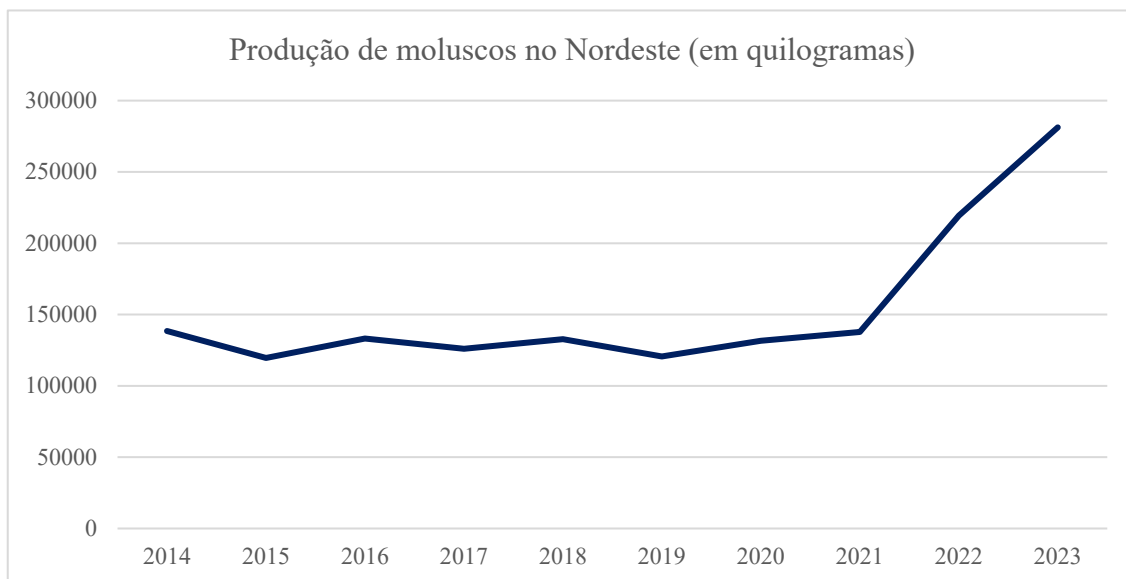
Os gráficos (Figura 2 e Figura 3) demonstram a evolução da produção de moluscos (ostras, vieiras e mexilhões) no Maranhão e do Nordeste, em quilogramas, entre 2014 e 2023 de acordo com dados obtidos da base SIDRA-IBGE.

Figura 2. Produção da aquicultura no Maranhão- ostras, vieiras e mexilhões (em quilogramas)



Evolução da produção de moluscos no Maranhão em quilogramas (2014 a 2023). **Fonte:** Sistema de Recuperação Automática – SIDRA – IBGE.

Figura 3. Produção da aquicultura no Nordeste- ostras, vieiras e mexilhões (em quilogramas)



Evolução da produção de moluscos no Nordeste em quilogramas (2014 a 2023). **Fonte:** Sistema de Recuperação Automática – SIDRA – IBGE.

O Maranhão registrou crescimento expressivo na produção da aquicultura entre 2014 e 2017 avançando de 6 toneladas anuais para 29 toneladas no período. Contudo, a partir de 2018 é possível observar estabilidade com pequenas flutuações na produção anual até 2023. No Nordeste, por sua vez, houve estabilidade na quantidade de toneladas produzidas até 2021, seguida por um aumento significativo a partir de 2022. Esse salto foi impulsionado pelo incremento expressivo na produção dos estados do Rio Grande do Norte e Pernambuco, que se inseriram no cenário produtivo como os dois maiores produtores da região (SIDRA – IBGE). Atualmente, o Rio Grande do Norte lidera a produção nordestina, atingindo a marca de 100 toneladas de moluscos em 2023 (SIDRA – IBGE).

O Maranhão, que ocupava a terceira posição entre os maiores produtores do nordeste em 2021, caiu para o quarto lugar em toneladas produzidas em 2022 e quinto lugar em 2023. O Valor Adicionado Bruto (VAB) do estado recuou de 175 mil reais em 2022 para 145 mil reais em 2023 (IBGE, 2023). Esses números revelam que, apesar de sua estabilidade produtiva, o Maranhão perdeu relevância na aquicultura nordestina, evidenciando uma diminuição de sua participação no contexto regional.

Apesar de sua enorme importância social e econômica, em especial para as comunidades situadas próximas aos manguezais, os dados exatos sobre a produção de moluscos via coleta extrativista são bastante limitados, dificultando um aprofundamento

da análise de suas cadeias produtivas. Mesmo diante da inexistência de dados sistematizados da produção anual via extrativismo, Pereira *et al.* (2018) realizou um estudo socioeconômico através de um levantamento de campo nas 4 cidades (São Luís, Paço do Lumiar, Raposa, São José de Ribamar) da Ilha do Maranhão, com uma amostra de 66 pescadores que demonstra um panorama que atua na contramão do modelo da aquicultura. Segundo tal levantamento os pescadores/marisqueiros não encontram na coleta de moluscos a principal fonte de renda, variando em uma produção mensal de R\$ 160,00e R\$1500,00, tendo uma média de R\$ 362,29com uma destinação focada à subsistência e consumo familiar.

Em suma, a cadeia produtiva de moluscos no Maranhão possui uma ramificação dividindo-se em uma produção familiar, focada em subsistência e baseada na extração de sururu e sarnambi, enquanto a produção controlada, com teor mercadológico se mantém estável nos últimos anos, porém perdeu importância participativa na produção da aquicultura no Nordeste.

REFERÊNCIAS

- ABRIOUEL, H., FRANZ, C. M., OMAR, N. B., & GÁLVEZ, A. (2011). Diversity and application of *Bacillus* bacteriocins. **FEMS Microbiology Reviews**, 35(3), 201-232.
- AB'SABER, A. (2002). Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados* 16(45): 7-30

AFRICA, A. D. M., Aguilar, J. C. C. A., Lim, C. M. S., Pacheco, P. A. A., & Rodrin, S. E. C. Automated aquaculture system that regulates Ph, temperature and ammonia. 2017. In *IEEE 9Th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication And Control, Environment And Management (Hnicem)*, [S.L.], p. 1-6, dez. 2017. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/hnicem.2017.8269494>.

ALTEKRUSE, S. F., BISHOP, R. D., BALDY, L. M., THOMPSON, S. G., WILSON, S. A., RAY, B. J., & GRIFFIN, P. M. (2000). Vibriogastroenteritis in the US Gulf of Mexico region: the role of raw oysters. **Epidemiol. Infect.** 124, 489–495. doi: 10.1017/s0950268899003714.

ALTERTHUM, F. **Microbiologia**. 6 ed. São Paulo: Atheneu, 2015. 888 p.

AIVES, A. R. F. Doenças alimentares de origem bacteriana. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2012.

ASSIS, S. S. Contribuição para o aproveitamento de sururu (*Mytella charruana*) e peixe Tainha (*Mugil cephalus*) para obtenção de hambúrgueres. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Faculdade de Farmácia. 2015 – Salvador, 2015. 83 f.

AUSTIN, B., AUSTIN, D., SUTHERLAND, R., THOMPSON, F., & SWINGS, J. (2005). Pathogenicity of vibrios to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) and Artemia nauplii. **Environ. Microbiol.** 7, 1488–1495. doi: 10.1111/j.1462-2920.2005.00847.x

BACHÈRE E, DESTOUMIEUX D, BULET P. Penaeidins, antimicrobial peptides of shrimp: a comparison with other effectors of innate immunity. **Aquaculture**, v.191, p.7188, 2000.

BAPTISTA, M. G. F.M. Mecanismos de Resistência aos Antibióticos, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Saúde. Lisboa, 2013, pp 01-28.

BAKER-AUSTIN, C. OLIVER, J. D., ALAM, M., ALI, A., WALDOR, M. K., QADRI, F., & MARTINEZ-URTAZA, J. *Vibrio* spp. infections. **Nature Reviews Disease Primers**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-19, 21 jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41572-018-0005-8>.

BAKER-AUSTIN, C., TRINANES, J., GONZALEZ-ESCALONA, N., & MARTINEZ-URTAZA, J. Non-Cholera Vibrios: the microbial barometer of climate change. **Trends In Microbiology**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 76-84, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tim.2016.09.008>.

BAREMBAUM, S.; AZCURRA, A. La saliva: una potencial herramienta en la Odontología. *Revista de La Facultad de Odontología, Córdoba*, v. 29, n. 2, p. 8-21, ago. 2019.

BICKMAN, S.R.; CAMPBELL, K.; ELLIOTT ET AL., C. Na innovative portable biosensor system for the rapid detection of fresh water Cyanobacterial algal bloom toxins. **Environmental Science and Technology**. vol.52, no.20, pp.11691–11698, 2018.

BLAIR, J. M. A. *et al.* Molecular mechanisms of antibiotic resistance. **Nature Reviews Microbiology**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 42-51, 1 dez. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro3380>.

BOUDREAUX, M. L.; WALTERS, L. J. 2006. *Mytella charruana* (Bivalvia: Mytilidae): a new, invasive bivalve in Mosquito Lagoon, Florida. **Nautilus**, Flórida, 120:34–36.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2019). Lista de Padrões Microbiológicos para Alimentos Prontos para Oferta ao Consumidor. Instrução Normativa N°. 60, de 26 de dezembro de 2019. Figura 5-Palestra sobre “Boas práticas de manipulação do pescado” aos comerciantes da feira da Panair, Manaus-AM.

BRASIL. Ministério da Saúde. Salmonella (Salmonelose). 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose#:~:text=Salmonella%20\(Salmonellose\)%20%C3%A9%20uma%20bact%C3%A9ria,%20enterica%20e%20S.%20bongori](https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella-salmonelose#:~:text=Salmonella%20(Salmonellose)%20%C3%A9%20uma%20bact%C3%A9ria,%20enterica%20e%20S.%20bongori). Acesso em: 20 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. 2011. Manual técnico de diagnóstico laboratorial de *Salmonella* spp.: diagnóstico laboratorial do gênero Salmonella / Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Laboratório de Referência Nacional de Enteroinfecções Bacterianas, Instituto Adolfo Lutz. – Brasília.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Manual integrado de vigilância, prevenção e controle de doenças transmitidas por alimentos / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil, 2018. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/maio/17/Apresentacao-SurtosDTHA-Maio-2019.pdf>. Acessado em 04 mar. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018, 220 p.

BRUSCA, R.C.; W. MOORE & S.M. SHUSTER, 2018. Invertebrados. 3a edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro. 1010pp.

Calazans, S. H. C., WALTERS, L. J., FERNANDES, F. C., FERREIRA, C. E., & HOFFMAN, E. A. 2017. Genetic structure provides insights into the geographic origins and temporal change in the invasive charrumussel (*sururu*) in the southeastern United States. **PLoS ONE** 12: e0180619.

CANGEMI, J.R. Food Poisoning and Diarrhea: Small Intestine Effects. **Curr Gastroenterol Rep** 13, 442–448 (2011). <https://doi.org/10.1007/s11894-011-0209-5>

CASTRO, A. C. L. Manual de Cultivo de Ostra. São Luís: Departamento de Oceanografia e Limnologia. Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado do Maranhão - FAPEMA, 2014.

CHEN, Z. Lin, Y., MA, X., GUO, L., QIU, B., CHEN, G., & LIN, Z. Multicolor biosensor for fish freshness assessment with the naked eye. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 252, p. 201–208, 2017.

CHRISTO, S. W.; FERREIRA-JUNIOR, A. L.; ABSHER, T. M. Aspectos reprodutivos de mexilhões (*Bivalvia*, *Mollusca*) no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil.

Boletim do Instituto de Pesca, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 924-936, 30 dez. 2016. **Boletim do Instituto de Pesca**. <http://dx.doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n4p924>.

CHUANG, H. C., HO, Y. H., LAY, C. J., WANG, L. S., TSAI, Y. S., & TSAI, C. C. Different Clinical Characteristics Among *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas veronii* biovars *sobria* and *Aeromonas caviae* Monomicrobial Bacteremia. **Journal of Korean Medical Science**, [S.L.], v. 26, n. 11, p. 1415, 2011. Korean Academy of Medical Sciences. <http://dx.doi.org/10.3346/jkms.2011.26.11.1415>.

CORREIA, M. D. Recrutamento e colonização de *Mytella charruana* e *Crassostrea rhizophorae* (Mollusca: Bivalvia) no complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas, Brasil. **Boletim de Estudos de Ciências do Mar**, v. 9, p. 105-117, 1996. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/revista8f2.pdf>. Acesso em: 30.mar.2023.

CORTES, M.B.V.; WASSERMAN, J.C.; AVELAR, J.C.L. Gestão da qualidade sanitária de moluscos bivalves de cultivos da baía da Ilha Grande (Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba). *V Congresso Nacional de excelência em gestão*. Niterói, RJ, Brasil, 2009.

COSTA, M.F., BARLETTA, M. Special challenges in the conservation of fishes and aquatic environments of South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, p. 4–11, 2016.

CRIBB, A. Y., DE SEIXAS FILHO, J. T., & MELLO, S. C. R. P. Manual técnico de manipulação e conservação de pescado – Brasília, DF: **Embrapa**, 2018.

DE SOUZA GAZAL, L. E., DE BRITO, K. C. T., CAVALLI, L. S., KOBAYASHI, R. K. T., NAKAZATO, G., OTUTUMI, L. K., & DE BRITO, B. G. Salmonella sp. em peixes – qual a importância para sanidade em pescado? **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 24, n. 1/2, p. 55-64, 2018.

DO ROSÁRIO, J. V. S., DE ALCÂNTARA, B. L., SANTA ROSA, R. M. S., DA SILVA, P. A., DA SILVA, F. E. R., & BICHARA, C. M. G. Adequações higiênicas-sanitárias e físico-estruturais dos boxes de comercialização de peixes no mercado do Ver-O-Peso, em Belém/PA / Hygienic-sanitary and physico-structural condition of fish marketing boxes in the Ver-O-Peso market, in Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 59153–59167, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-363. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/15155>. Acesso em: 28 sep. 2022.

DZIDIC, S., SUSKOVIC, J., KOS, B., (2008). Antibiotic resistance Mechanisms in Bacteria: Biochemical and Genetic Aspects. **Food Technology Biotechnology**. 46(11), 11-21.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. **Sustainability in action**. Rome. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofia/en/>. Acesso em: 04 mar. 2023.

FARRINGTON, J.W., TRIPP, B.W., TANABE, S., SUBRAMANIAN, A., SERICANO, J.L., WADE, T.L. Edward D. Goldberg's proposal of “the mussel watch”: reflections after 40 years. **Marine Pollution Bulletin**, v. 110, p. 501–510, 2016.

FEARNLEY, E.; RAUPACH, J. Salmonella and seafood: foodborne illness outbreaks in Australia, 2001-2010. **Food Control**, v. 61, p. 126-132, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.09.007>

- FLEMING A. Antibiotic therapy, an introductory article. **Med. Illus.** 1950; 10:477-478.
- FLEMING, L. E. BROAD, K., CLEMENT, A., DEWAILLY, E., ELMIR, S., KNAP, A., & WALSH, P. Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 53, n. 10–12, p. 545–560, 2006.
- FREIRES, M. S.; RODRIGUES JUNIOR, O. M. Resistência bacteriana pelo uso indiscriminado da azitromicina frente a Covid-19: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-10, 7 jan. 2022. **Research, Society and Development**. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25035>.
- GUIMARÃES, D. O.; MOMESSO, L. S.; PUPO, M. T. Antibióticos: Importância Terapêuticas e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes, v. 33, n. 3, Departamento de Ciências Farmacêuticas, Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Av. do Café, s/n, 14040-903 Ribeirão Preto – SP, Brasil, 2010.
- HA, E., BASU, N., BOSE-O'REILLY, S., DÓREA, J. G., MCSORLEY, E., SAKAMOTO, M., & CHAN, H. M. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. **Environmental Research**, [S.L.], v. 152, p. 419-433, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>.
- HOMENIUK, V. *et al.* BACTERIOCINAS: proteínas com atividades antimicrobianas. *Ciências da Saúde: desafios e potencialidades em pesquisa*, [S.L.], p. 76-81, 2022. **Editora Científica Digital**. <http://dx.doi.org/10.37885/220809733>.
- HUSS H.H., ABABOUC L. & GRAM L. Assessment and management of seafood safety and quality. *FAO Fish. Tech. Paper* 444, 2003. 230p
- IBGE. Amazônia Legal. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 04 mar. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário (vários anos). Disponível em sidra.ibge.gov.br.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2002. Limites da Amazônia Legal. Rio de Janeiro, Brasil.
- JÄRUP, L. Hazards of heavy metal contamination. **British Medical Bulletin**, v. 68, p. 167–182, 2003.
- JONES, M. K.; OLIVER, J. D. *Vibrio vulnificus*: disease and pathogenesis. *Infection and Immunity*, [S.L.], v. 77, n. 5, p. 1723-1733, maio 2009. **American Society for Microbiology**. <http://dx.doi.org/10.1128/iai.01046-08>.
- JUSTINO, C.I.L. DUARTE, K. R., FREITAS, A. C., PANTELEITCHOUK, T. S., DUARTE, A. C., & ROCHA-SANTOS, T. A. Contaminants in aquaculture: overview of analytical techniques for their determination, **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, vol.80, pp.293–310, 2016.
- KITE-POWELL, H. L. FLEMING, L. E., BACKER, L. C., FAUSTMAN, E. M., HOAGLAND, P., TSUCHIYA, A & GAST, R. J. Linking the ocean to public health: Current efforts and future directions. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 7, n. SUPPL. 2, p. 1–15, 2008.

- LA COLLA, N. S., NEGRIN, V. L., MARCOVECCHIO, J. E., BOTTÉ, S. E. Dissolved and particulate metals dynamics in a human impacted estuary from the SW Atlantic. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 166, p. 45-55, 2015.
- LANZARIN, M., ALMEIDA FILHO, E. S., RITTER, D. O., MELLO, C. A., CORRÊA, G. S. S., & IGNÁCIO, C. M. S. Ocorrência de *Aeromonas* sp. e microrganismos psicrotróficos e estimativa do prazo de validade comercial de filé de pintado (*Pseudoplatystomacorus cans*) mantidos sob refrigeração. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.6, p.1541-1546, 2011.
- LEAL, D. A. G. & FRANCO, R. Moluscos bivalves destinados ao consumo humano como vetores de protozoários patogênicos: Metodologia de detecção e normas de controle. Campinas, SP, Brasil. **Rev Panam Infectol**. 2008;10(4):48-57.
- LENOCH, R. Saúde pública e os moluscos marinhos cultivados. **Revista Conselho Federal de Medicina Veterinária**. Brasília/DF, n. 28/29, p. 65-70, 2003.
- LIMA, C. C.; BENJAMIM, S. C. C.; SANTOS, R. F. S. MECANISMO DE RESISTÊNCIA BACTERIANA FRENTE AOS FÁRMACOS: UMA REVISÃO. *Cuidarte Enfermagem*, [s. l], v. 1, n. 11, p. 105-113, jan-jun. 2017.
- LIRA, G.M. MANCINI FILHO, J., SANT'ANA, L. S., TORRES, R. P., OLIVEIRA, A. C. D., OMENA, C. M. B. D., & SILVA NETO, M. D. L. D. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-Al. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.40, n.4, p.529-537, 2004.
- LÖFGREN, S. E. ATIVIDADES ANTIMICROBIANA, ANTIPARASITÁRIA E HEMOLÍTICA DE PEPTÍDEOS ANTIMICROBIANOS ISOLADOS DE ANIMAIS AQUÁTICOS. 2007. 98 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- LOUREIRO, R. J. *et al.* O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 77-84, jan. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpsp.2015.11.003>.
- MARTINS, M. B & OLIVEIRA, T. G. *Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação*— Belém: MPEG, 2011. 328 p.: il. ISBN: 978-85-61377-52-6
- MEDIODIA, D. P. DE LEON, S. M. S., ANASCO, N. C., & BAYLON, C. C. Shell Morphology and Anatomy of the Philippine Charru Mussel *Mytella charruana* (d'Orbigny 1842). **Asian Fisheries Science**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 185-194, 30 set. 2017. *Asian Fisheries Society*. <http://dx.doi.org/10.33997/j.afs.2017.30.3.004>.
- MIRANDA, L.B. Princípios de Oceanografia física de estuários. São Paulo: Edusp, 2002.
- MOREIRA, F.R.; MOREIRA J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Publica**. 2004;15(2):119–29.
- MOREIRA, L. L. Caracterização da contaminação metálica e adequação da *Spartina alterniflora* como espécie bioindicadora de contaminação no estuário da lagoa dos patos: base para a gestão ambiental do estuário. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento Costeiro, Universidade Federal do Rio Grande., Rio Grande, 2012.

- MUSTAFA, S. & SHAPAWI, R. Aquaculture ecosystems: adaptability and sustainability. **Nova Jersey: John Wiley & Sons**, 2015. 372 p.
- NARCHI, Walter; GALVÃO-BUENO, Mario Sergio. Anatomia funcional de *Mytella charruana* (D'Orbigny, 1846) (Bivalvia: Mytilidae). **Boletim de Zoologia**, v. 6, n. 6, p. 113-145, 1983.
- NASCIMENTO, V.A. SANTOS, R. C. A., MITTARAQUIS, A. S. P., TRAVÁLIA, B. M., & DE AQUINO, L. C. L. Qualidade microbiológica de moluscos bivalves - sururu e ostras submetidos a tratamento térmico e estocagem congelada. **Scientia Plena**, v.7, n.4, p.1-5, 2011.
- NEVES, C. K.; GOLDANI, L. Z. Ciguatera fish poisoning in Brazilian travel to Caribbean. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 200-202, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjid.2019.06.004>.
- NISHIDA, A.K; NORDI, N; ALVES, R. R. Abordagem etnoecológica de coleta de moluscos no litoral paraibano. **Rev Trop Oceanogr**. 2004; 32(1): 53-68.
- NÓBREGA, Gabriela Silva da *et al.* Formação para marisqueiras em segurança de alimentos e saúde do trabalhador: uma experiência na comunidade de Ilha do Paty, Bahia, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 1561-1571, 2014.
- OLIVIER, A. S. *et al.* A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture. **Reviews In Aquaculture**, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 3-25, 12 nov. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/raq.12301>.
- PALMEIRA, K. R. CALIXTO, F. A. A., KELLER, L. A. M., HOLANDA, M. C. K. D., & DE MESQUITA, E. D. F. M. Qualidade microbiológica do sururu (*Mytella charruana*) comercializado por catadoras da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, [S.L.], v. 25, n. 03/04, p. 93-97, 2018. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2018.018>.
- PARK, J.; LEE, C. S. *Vibrio vulnificus* Infection. **New England Journal Of Medicine**, [S.L.], v. 379, n. 4, p. 375-375, 26 jul. 2018. **Massachusetts Medical Society**. <http://dx.doi.org/10.1056/nejmicm1716464>.
- PARKER, J. L. & SHAW, J. G. *Aeromonas* spp. clinical microbiology and disease. **Journal Of Infection**, [S.L.], v. 62, n. 2, p. 109-118, fev. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinf.2010.12.003>.
- PASTRO, D.C. MARIOTTO, S., SANTOS, E. C., FERREIRA, D. C., & CHITARRA, G. S. Use of molecular techniques for the analysis of the microbiological quality of fish marketed in the municipality of Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 39 (Suppl. 1), p. 146-151, 2019.
- PEREIRA, T. J. F. EXTRATIVISMO DE MARISCOS NA ILHA DO MARANHÃO (MA): implicações ecológicas e socioeconômicas. **Revista de Políticas Públicas**, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 831-853, 16 jan. 2018. Universidade Federal do Maranhão. <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2865.v21n2p831-854>.
- PRITCHARD, W.D. Observation of circulation in coastal plain estuaries. In: Lauff GH (ed) *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC, 1967.

- RAMOS, R. J. *Monitoramento bacteriológico de águas do mar e de ostras (Crassostrea gigas) em áreas de cultivo na baía sul da Ilha de Santa Catarina*. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- RIBEIRO, F. G. Modelagem da qualidade de água do sistema estuarino do rio Itanhaém (SP). Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/238635>>.
- RIOS, E. C. *CompediumofBrazilianSeaShells*. Rio Grande, Porto Alegre 668 p. 2009.
- RIOS, E. C. *SeashellsofBrazil*. Rio Grande, Porto Alegre, 492 P. 1994.
- RIVAS-SANTIAGO, B. *et al.* Péptidos antimicrobianos enlainmunidadinnata de enfermedades infecciosas. **Salud Pública de México**, v. 48, p. 62-71, 2006.
- ROCHA, R.E.; SOUSA, R.S.; LUZ, L.E. Pesquisa de *Staphylococcus aureus* em Tilápia do Nilo (*Oreochromisniloticus*) comercializada no semiárido piauiense. **Research, Society andDevelopment**, v. 9, n. 7, p. 1 - 11, 2020.
- RODRIGUES, K. L., MOREIRA, A. N., ALMEIDA, A. T. S., CHIOCHETTA, D., RODRIGUES, M. J., BROD, C. S. & ALEIXO, J. A. G. Intoxicação estafilocócica em restaurante institucional. **Ciência Rural**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 297-299, fev. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782004000100049>.
- RUBINI, S., GALLETI, G., INCAU, M. D., GOVONI, G., BOSCHETTI, L., BERARDELLI, C., GIACOMETTI, F. Occurrenceof Salmonella entericasubsp. enterica in bivalve molluscsandassociationswith Escherichia coli in molluscsandfaecalcoliforms in seawater. **Food Control**, 2018. 84, 429–435.
- RUPPERT, E.E., FOX, R.S. & BARNES, R.D. 2005. Zoologia dos Invertebrados. 7ª ed. Ed. Roca, São Paulo, 1145 p.
- SANTANA, L. M. B. M.; LOTUFO, L. V. C.; ABESSA, D. M. S. A contaminação antrópica e seus efeitos em três estuários do litoral do Ceará, nordeste do Brasil - Revisão. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 93-115. 2015.
- SANTANA, L. M. B. M.; LOTUFO, L. V. C.; ABESSA, D. M. S. A contaminação antrópica e seus efeitos em três estuários do litoral do Ceará, Nordeste do Brasil – Revisão. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 93-115, 2015.
- SANTOS, A. O. Análise microbiológica e química de *Mytella guyanensis* coletado em estoques naturais e comercializado no município de Cachoeira, Bahia. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Ba, 2016.
- SANTOS, C.A.M.L. Doenças Transmitidas Por Pescado No Brasil. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 32, p. 234-241, out/dez. 2010.
- SANTOS, G. M.; SANTOS, A. C. M. Sustentabilidade da pesca na Amazônia. *Estudos Avançados*, [S.L.], v. 19, n. 54, p. 165-182, ago. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142005000200010>.
- SANTOS, Rosa Maria dos. **Avaliação da qualidade higiênico-sanitária de peixes comercializados em mercados municipais da cidade de São Paulo, SP**. 2006.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.6.2006.tde-14042008-155158>. Acesso em: 09 nov. 2023.

SCALDAFERRI, Laura Gaspar *et al.* Formas de resistência microbiana e estratégias para minimizar sua ocorrência na terapia antimicrobiana: revisão. **Pubvet**, [S.L.], v. 14, n. 8, p. 1-10, ago. 2020. Editora MV Valero. <http://dx.doi.org/10.31533/pubvet.v14n8a621.1-10>.

SCHUETZ, A. N. Emerging agents of gastroenteritis: *Aeromonas*, *Plesiomonas*, and the diarrheagenic pathotypes of *Escherichia coli*. **Seminars in Diagnostic Pathology**. V. 36, n3, p. 187-192, 2019.

SETUR-MA. Polo Amazônia Maranhense. Disponível em: <https://turismo.ma.gov.br/programas-ou-campanhas/polo-amazonia-maranhense>. Acesso em: 04 mar. 2023.

SILVA, A. T. F., DA ROCHA, P. G. G., DA FONSECA FILHO, L. B., DA COSTA, C. A., DOS SANTOS NASCIMENTO, J. C., & DE CARVALHO NETO, P. M. Alterações microbianas dos produtos de pescado curados: Revisão. **Revista Pubvet**, v.11, n.7, p.658-661, 2017.

SILVA, A.A.V. DE MENEZES COSTA, A. F., FREITAS, R. M. S., DE VASCONCELOS SANTOS, M. B. S., LOURENÇO, A. L. N., MALTA, A. S., & ROCHA, T. J. M. Qualidade parasitológica e condições higiênico-sanitárias de sururu (*Mytella charruana*) e alface (*Lactuca sativa*) comercializados em um mercado público de Maceió-AL. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.36, n.4, p.525-529, 2015.

SILVA, J. F. M., FEITOSA, A. C., & RODRIGUES, R. M. (2017). *Staphylococcus aureus* em alimentos. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, 4 (4), 15-31.

SILVA, J. M. C. RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. **Conservation Biology**, [S.L.], v. 19, n. 3, p. 689-694, jun. 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00705.x>.

SILVA, N. B. A., MENDES, E. D. S., OLIVEIRA, W. R. R., CRUZ, T. D. S., VIANA, M. V., & DE ARAÚJO, C. P. M. Levantamento dos Riscos Ocupacionais das Marisqueiras no Município de Raposa-MA / Survey of Occupational Risks of Shellfish Collectors in the Municipality of Raposa-MA. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 7, p. 69628-69644, 9 jul. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n7-235>.

SOARES, K. M. de P.; GONÇALVES, A. A. Qualidade e segurança do pescado. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** (Impresso), v. 71, n.1, p. 1-10, 2012.

SOMBOON, M., PURIVIROJKUL, W., LIMSUWAN, C., & CHUCHIRD, N. Effect of *Vibrio* spp. in white feces infected shrimp in Chanthaburi, Thailand. **Kasetsart University Fisheries Research Bulletin**. Vol. 36 (1). Pp 7-15. 2012

SOUSA, F. A., RODRIGUES, R. A., ARRUDA, F. A., DOS SANTOS, W. L. M., & DOS SANTOS, T. M. Caracterização higiênico-sanitária e tecnológica dos pescadores e da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) comercializada no mercado municipal de Salinas-MG. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 197-200, 2017.

SOUZA, M. C.; DESTRO, M. T. Occurrence and behavior of Salmonella in fish processing environments: a review. **Journal of Food Protection**, v. 77, n. 12, p. 2172-2181, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-14-187>

SOUZA, M.E., DE OLIVEIRA CARDOSO, E., LEAL, L. A., DE LIMA, T. M. P., & TOLEDO, R. C. C. Anisakidose humana: zoonose com risco potencial para consumidores de pescado cru. **Vet. e Zootec.** 2016 mar.; 23(1): 25-37.

SOUZA, J. F.; DIAS, F. R.; ALVIM, H. G. O. RESISTÊNCIA BACTERIANA AOS ANTIBIÓTICOS. **Revista Jrg de Estudos Acadêmicos**, [s. l], v. 5, n. 10, p. 281-293, jan. 2022.

STENYAKINA, A., WALTERS, L. J., HOFFMAN, E. A., & CALESTANI, C. FOOD availability and sex reversal in Mytella charruana, an introduced bivalve in the southeastern United States. **Molecular Reproduction and Development**, [S.L.], p. 222-230, 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/mrd.21132>.

SU, X.; SUTARLIE, L.; LOH, X. J. Sensors, Biosensors, and Analytical Technologies for Aquaculture Water Quality. **Research**, [S.L.], v. 2020, p. 1-15, jan. 2020. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.34133/2020/8272705>.

SULTANA, S. HOSSAIN, M. B., CHOUDHURY, T. R., YU, J., RANA, M. S., NOMAN, M. A., & ARAI, T. Ecological and Human Health Risk Assessment of Heavy Metals in Cultured Shrimp and Aquaculture Sludge. **Toxics**. 2022, 10, 175. <https://doi.org/10.3390/toxics10040175>

SWEET, M. J.; BATEMAN, K. S. Diseases in marine invertebrates associated with mariculture and commercial fisheries. **Journal of Sea Research**, [S.L.], v. 104, p. 16-32, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2015.06.016>.

TAMANO, L.T.O. ARAUJO, D. D. M., LIMA, B. B. C. D., SILVA, F. N. F. D., & SILVA, J. D. 2015. Socioeconomia e saúde dos pescadores de Mytella falcata da Lagoa Mundaú, Maceió-AL. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, 10(3): 699-710.

USGS (2009) Collection information from all states for Mytella charruana. **US Geological Survey**. Disponível em: <http://nas.er.usgs.gov/queries/collectioninfo.aspx?SpeciesID=106>. Acesso em 28.03.2023.

VELIOĞLU, H. M.; TEMIZ, H. T; BOYACI, H. I. Differentiation of fresh and frozen thawed fish samples using Raman spectroscopy coupled with chemometric analysis. **Food Chemistry**, v. 172, p. 283-290, 2015.

VERONEZ JÚNIOR, P.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: baía de vitória, es. **Revista Brasileira de Geofísica**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 609-624, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-261x2009000400006>.

VIEIRA, P. N.; VIEIRA, S. L. V. Uso irracional e resistência a antimicrobianos em hospitais. **Arq. Cienc. Saúde UNIPAR**, Umuarama, v. 21, n. 3, p. 209-212, set./dez. 2017.

VILLALOBOS, C. R. Sellenghtat sexual maturity and spawning cycle of *Mytella guyanensis* (Bivalvia: Mytilidae) from Costa Rica. **Revista de Biologia Tropical**, v. 41, n. 1, p. 89-92, 1993.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Executive Board. 134th session. Agenda item 8.6, 23 January 2014. Public health impacts of exposure to mercury and mercury compounds: the role of WHO and ministries of public health in the implementation of the Minamata Convention. 8th meeting, 23 January 2014. EB134/SR/8. Disponível em: <http://renastonline.ensp.fiocruz.br/recursos/resolucao-oms-eb134r5-impactos-exposicao-mercurio-seus-compostos-papel-oms-ministerios>.

CAPÍTULO II

Perfil socioeconômico dos marisqueiros e condições higiênicas adotadas na cadeia produtiva de moluscos bivalves coletados na Ilha do Maranhão

Socioeconomic profile of shellfish gatherers and hygienic conditions adopted in the production chain of bivalve molluscs collected on the Island of Maranhão

Brito, D.J.C; Vieira, S.R.C.S; Costa, F.N.

Resumo

Este estudo está relacionado principalmente com o ODS 14, que trata da vida na água, visando conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, os mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Além disso, pode-se também considerar a conexão com o ODS 1 (erradicação da pobreza) e o ODS 8 (trabalho decente e crescimento econômico), uma vez que as condições socioeconômicas dos marisqueiros estão diretamente ligadas à melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento econômico sustentável nas comunidades pesqueiras. O objetivo deste estudo é caracterizar as condições higiênico-sanitárias e as práticas adotadas pelos marisqueiros da Ilha do Maranhão ao longo da cadeia produtiva dos moluscos bivalves, bem como

caracterizar o perfil socioeconômico desses trabalhadores. Para obtenção dessas informações, foram realizadas visitas técnicas e aplicação de 70 questionários nos municípios da Ilha do Maranhão, utilizando questionário semiestruturado de cunho qualitativo e quantitativo. Os resultados socioeconômicos indicaram que a atividade é predominantemente realizada por mulheres entre 36 e 45 anos, solteiras e com baixa escolaridade. Quase metade dos marisqueiros têm mais de 20 anos de experiência na atividade. A renda familiar é inferior a um salário-mínimo, sendo complementada por benefícios sociais. Nos resultados da qualidade higiênica e cadeia produtiva, constatou-se que o molusco bivalve nativo mais encontrado nas capturas é o sururu, que passa por uma pré-lavagem com água corrente após a coleta e normalmente são coletados em locais abertos sem a presença de animais domésticos e com poluição nos locais de captura. Os pescados são armazenados em caixa de isopor e comercializados por atravessadores ou em feiras locais. A análise dos dados dos questionários aplicados e as visitas *in loco* aos marisqueiros da ilha de São Luís revelaram que a atividade de mariscagem está em declínio constante, é desorganizada e carece de políticas públicas fundamentadas em ciência e com uma visão que aborde os aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Palavras-chave: Qualidade; higiênico-sanitário; mariscagem

Abstract

This study is mostly associated with SDG 14 (life below water), aiming for the conservation and sustainable use of oceans, seas, and marine resources in a sustainable development scenario. It is also associated with SDGs 1 (no poverty) and 8 (decent work and economic growth) since socioeconomic conditions of shellfish collectors are linked to improved quality of life and the sustainable economic development of fisheries communities. This study aims at assessing the hygiene and sanitary conditions and the practices adopted by shellfish collectors of Maranhão Island along the supply chain of bivalve mollusks, as well as assessing the socioeconomic profile of those working in this supply chain. To obtain these data, we conducted technical visits and administered 70 semi-structured qualitative and quantitative questionnaires in Maranhão Island. Socioeconomic data suggested that the activity is performed mostly by women between 36-45 years old, single, with low educational attainment. Nearly half of all shellfish collectors have over 20 years of experience in the activity. Family income is below the minimum wage, and is supplemented by social benefits. Hygiene quality and supply chain results showed that the most commonly caught native bivalve mollusk is the sururu, which undergoes a pre-cleaning process in running water after collection, and is usually collected in open spaces with no domestic animals present, at polluted collection sites. Fisheries products are stored in Styrofoam boxes and sold by middlemen or at local markets. Analyses of data collected through questionnaires and *in loco* visits to shellfish collectors of São Luís Island showed that shellfish collection is under constant decline,

disorganized, and lacks science-based public policies that address social, environmental, and economic aspects.

Keywords: Quality, Hygienic-sanitary, Shellfish collection;

Introdução

A zona costeira do Maranhão possui uma extensão de 640 Km, e com a presença de águas costeiras rasas e sob influência de descargas de numerosos rios, forma uma série de baías e estuários ligados por canais naturais através de manguezais. Conseqüentemente, esse complexo estuarino representa um potencial que deve ser considerado no desenvolvimento econômico do estado (RIBEIRO, 2016). Na atividade pesqueira, os recursos aquáticos devem ser processados de modo a garantir a segurança alimentar e a sanidade dos alimentos produzidos. Sobretudo, quando se trata de moluscos bivalves, cujo consumo de algumas espécies é feito de forma *in natura* (RIBEIRO, 2016). Existem aproximadamente 410 espécies de moluscos bivalves no Brasil entre eles são utilizados para consumo humano, principalmente, mariscos e ostras de diferentes formas: vivas, cruas, cozidos e congeladas por terem como características nutricionais baixo teor de gordura saturada e serem excelentes fontes de proteína de alto valor biológico, minerais (fósforo, cálcio, ferro, zinco, cobre e iodo) e vitamina B12 (SILVA *et al*, 2022).

Em vários Estados do Brasil, a extração desses moluscos garante a subsistência de parte da comunidade pesqueira, tanto em termos de consumo, como de comercialização (RIBEIRO, 2016). Dentre estes, encontra-se o Maranhão, onde esta atividade tem papel fundamental na complementação da renda de famílias de pescadores, considerando que grande maioria dessas pessoas optam por essa atividade dada a ausência de emprego nessas comunidades (POLI, 1996; PEREIRA, 2017). Desta maneira, parte dessas pessoas vivem exclusivamente da coleta destes moluscos em estuários e manguezais (CASTRO *et al.*, 2014), tornando-se dependente desses recursos naturais. Alguns elementos, como a pesca predatória e a degradação ambiental, podem ter como efeito a diminuição na renda dos pescadores artesanais, ameaçando sua atividade produtiva (OLIVEIRA *et al.*, 2018)

Os moluscos bivalves, devido ao processo de filtração, usado para sua alimentação, são considerados alimentos de risco tendo como consequência a retenção de bactérias e bioacumulação de metais tóxicos (MUSTAFA & SHAPAWI, 2015; RUBINI *et al.*, 2018). Estes últimos, são importantes contaminantes gerados pelas interferências antrópicas, podendo influenciar diretamente nos gêneros alimentícios marinhos, constituindo fonte de doença a seus consumidores (LA COLLA *et al.*, 2015).

A cadeia produtiva de alimentos, segue uma sequência de etapas e operações envolvidas na produção, como o processamento, distribuição, estocagem e manuseio do alimento e seus ingredientes, desde a aquisição da matéria-prima até o consumidor final (ABNT, 2019). A adoção das boas práticas ao longo das etapas de produção de um alimento, constitui-se em um conjunto de medidas para reduzir os riscos e os perigos de contaminação, minimizando assim a ocorrência de Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentare devido a comercialização e o processamento desses alimentos não serem submetido a fiscalizações como estabelecimentos “convencionais” e, por este motivo compromete a segurança do alimento pode representar grave ameaça à saúde do consumidor devido a fragilidade na adoção de boas práticas de fabricação e consequente segurança dos alimentos fornecidos, principalmente nos pontos de armazenamento de matéria-prima e preparação dos alimento (PANDOLFI; MOREIRA; TEIXEIRA, 2020)

Portanto, tendo em vista a importância da atividade marisqueira para a saúde pública e o abastecimento de um alimento seguro, aliado ao levantamento de estudos sobre a caracterização das condições e práticas adotadas pelos marisqueiros ao longo da cadeia produtiva, objetivou-se com este estudo caracterizar o perfil socioeconômico deste grupo,

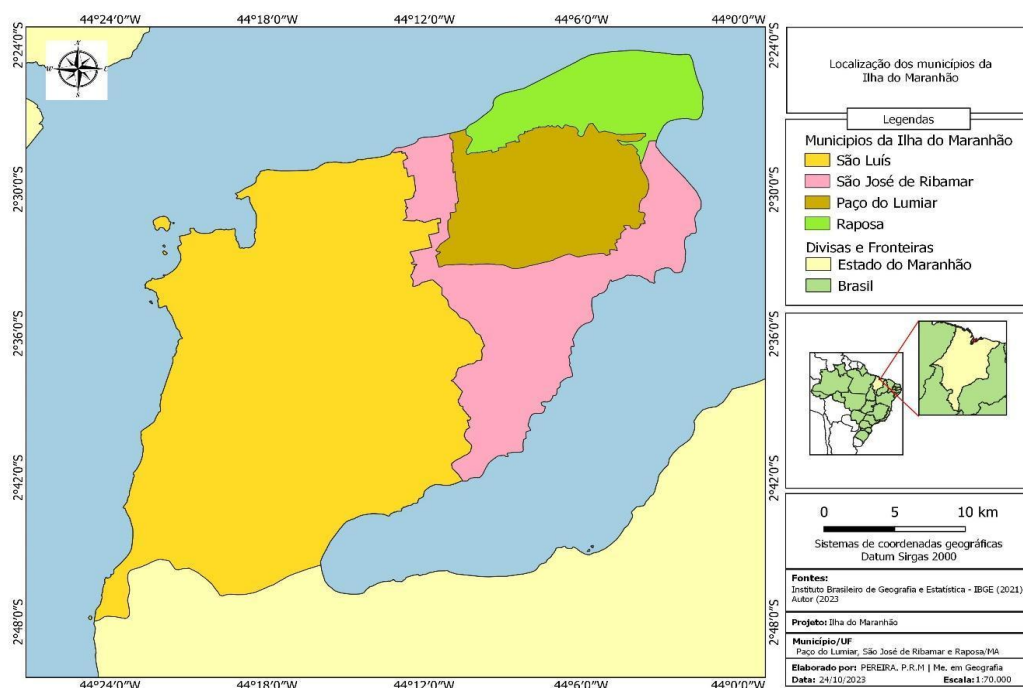
e as condições higiênico-sanitárias praticadas desde da extração até a comercialização de moluscos bivalves na Ilha do Maranhão.

Materiais e métodos

2.1 Área de Estudo

O Maranhão é um estado da região nordeste do Brasil com clima semi-úmido (TAVARES, 2022), constituída por feições fitogeográficas e climatológicas peculiares, com sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. Este estudo foi realizado na Costa amazônica maranhense, área que possui 81.208,40 km², representando 24,46% do território maranhense (MARTINS, 2011). Especificamente nos municípios de Paço do Lumiar, Raposa, São Luís e São José de Ribamar, Ilha do Maranhão (**Figura 1**).

Figura 1. Localização da área de estudo, Ilha do Maranhão, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

2.2 Visitas Técnicas e Aplicação de Questionários

As visitas foram realizadas a cada três meses nos locais na qual ocorrem as atividades de extração de mariscos, sendo feitas observações nas operações e

características que constituem a cadeia produtiva dos moluscos bivalves. Os dados foram obtidos de forma descritiva, em que foram entrevistados 70 marisqueiros durante evento realizado pela equipe de estudantes da Universidade Estadual do Maranhão denominado “I Encontro de Marisqueiros da Ilha do Maranhão”, utilizando-se questionário semiestruturado de cunho qualitativo e quantitativo, abordando questões sobre: os procedimentos realizados ao longo das etapas do processo de mariscagem até a sua primeira comercialização, percepções higiênicas e sanitárias e questões socioeconômicas. Para a aplicação dos questionários foi solicitada a autorização dos entrevistados por meio da leitura e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE).

Os participantes foram esclarecidos sobre os objetivos e métodos propostos para obtenção dos dados, sendo assegurado a eles o direito de acesso aos mesmos. O TCLE foi apresentado com o propósito de poder utilizar as informações, garantindo o sigilo da identidade dos participantes e a liberdade de recusar-se a participar da pesquisa. No questionário, foram estabelecidos critérios de inclusão para a participação, os quais incluem: a) a atuação como marisqueiro; b) a residência na região de coleta dos moluscos; c) a maioridade. Por outro lado, como critério de exclusão, foi estabelecida a não participação de menores de idade. Esses critérios foram definidos para garantir que os participantes atendam aos requisitos necessários para fornecer informações relevantes à pesquisa.

2.3 Caracterização da Cadeia Produtiva dos moluscos bivalves

Para caracterizar a cadeia produtiva dos moluscos bivalves, realizou-se ou um levantamento das práticas higiênicas utilizadas rotineiramente pelos marisqueiros, por meio de observações *in loco* na rotina de extração e beneficiamento, bem como pela aplicação de um questionário que foi elaborado utilizando como referência o Programa Nacional Moluscos Bivalves Seguros - MoluBiS (PORTARIA SDA/MAPA N°884 de 06/09/2023), com objetivo de obter informações sobre os procedimentos realizados para obtenção da carne dos moluscos bivalves.

Resultados e discussão

Perfil socioeconômico das marisqueiras

Os resultados revelam que a atividade de mariscagem é predominantemente praticada por mulheres, representando 78,6% dos participantes, enquanto apenas 21,4%

são do sexo masculino. A predominância de mulheres na mariscagem destaca a relevância da participação feminina nesse setor. Segundo Montelese *et al.* (2009), em seu estudo sobre percepção socioambiental no município de Raposa-MA, as marisqueiras representaram um percentual de 96% representadas principalmente por mães e filhas. Segundo Dias (2007), a presença feminina na mariscagem ocorre devido o tempo reduzido desta atividade e além de poderem ser realizada em áreas próximas às residências, o que caracteriza uma atividade de menor dinâmica comparada à pesca de peixes. A contribuição masculina, geralmente, se resume a sua experiência no mar e no carregamento de materiais pesados (Fig. 2).

Figura 2. Presença masculina na mariscagem



Fonte: Próprio autor, 2024

Quanto à faixa etária dos entrevistados, observa-se que a maioria está na faixa de 36 a 45 anos (27,1%), enquanto os mais jovens entre 18 a 24 anos, representam apenas (11,4 %), e marisqueiras com mais de 65 anos (1,4%). A concentração de participantes na faixa etária de 36 a 45 anos (30%) sugere uma contribuição ativa e produtiva da população economicamente ativa. Esse achado é consistente com a observação realizada por De MORAES *et al.* (2024) onde a maior parcela dos entrevistados possuem em média 37 anos. A faixa etária vista neste estudo, foi relatado em outras pesquisas realizadas no território brasileiro sobre mariscagem (Santos *et al.*, 2017; Pillett, 2017; Silva e Miller, 2019; Silva *et al.*, 2021; DE SOUSA SOUSA, 2024). Este achado também pode ser atribuído a novas oportunidades e possibilidades de atividades a serem realizadas pela juventude.

Em relação ao estado civil, a pesquisa revelou que 60% dos participantes são solteiros, enquanto 27,1% são casados e 10% em união estável, em sua maioria com média entre 2 a 3 filhos (42,9%). É recorrente, em grupos de pescadores, que os indivíduos mantenham uniões estáveis não formalizadas em cartório ou em igreja, embora se autodeclarem como casados, deste modo, são vistas por eles como uma forma de união estável por coabitarem na mesma residência (Santos *et al.*, 2017).

Além disso, a pesquisa indicou que a maioria dos praticantes de mariscagem está envolvida nessa atividade há mais de 20 anos (45,7%). O tempo de atuação na mariscagem corrobora ao mencionando por Freitas *et al.* (2012), onde relatam que o tempo médio verificado para todas as entrevistadas em seu estudo foi de 20 a 22 anos de atividade na mariscagem, que se inicia ainda quando criança, onde as mulheres levam seus filhos para ajudar na coleta de mariscos e conforme o avanço da idade, os anos de prática na mariscagem aumentam. A mariscagem, geralmente é realizada no seio familiar, com cerca de 4 a 7 pessoas residindo na mesma casa (55,7%). A maioria dessas famílias reside em áreas rurais (94,3%) e possui suas próprias residências (90%), enquanto 7,1% moram em casas cedidas e 2,9% casas alugadas.

No que diz respeito à escolaridade, a pesquisa destaca que a maioria dos entrevistados possui baixo grau de instrução, com mais de 60% com ensino médio incompleto e 47,1% não tendo concluído o ensino fundamental. A baixa escolaridade pode caracterizar a dificuldade dos marisqueiros em contextualizar e valorizar a sua atividade, o que traz vulnerabilidade socioeconômica e ambiental por falta de percepção sobre políticas públicas e direito constitucional (NOBREGA *et al.*, 2014). Além disso, o baixo índice de escolaridade presente entre marisqueiros pode estar relacionado a aspectos culturais e sociais da unidade familiar em questão, como a transmissão precoce da cultura dos pais para os filhos, direcionando-os para a realização desta atividade. É importante ressaltar as dificuldades de acesso e das condições financeiras que dificultam a permanência desses trabalhadores na escola, considerando que muitos destes precisam deixar o ambiente escolar para trabalhar e ajudar na renda familiar (NISHIDA, NORDI E ALVES, 2008; PEREIRA, 2017).

Tabela 1-Dados do perfil socioeconômico dos marisqueiros da ilha do Maranhão, Brasil.

Característica	Variável	%
Gênero biológico	Feminino	78,6

	Masculino	21,4
Estado civil	Casado	27,1
	Solteiro	60
	Divorciado	1,4
	Viúvo	1,4
	União estável	10
Quantidade de pessoas por casa	Mora sozinho	1,4
	1 a 3 pessoas	37,1
	4 a 7 pessoas	55,7
	8 a 10 pessoas	2,6
	Mais de 10 pessoas	2,9
Condição da casa	Própria	90
	Alugada	2,9
	Cedida	7,1
Localização da casa	Zona rural	94,3
	Zona urbana	4,3
	Comunidade quilombola	1,4
Renda familiar	Nenhuma renda	2,9
	Menos de 1 salário-mínimo	40
	Até 1 salário-mínimo	42,9
	De 1 a 3 salários-mínimos	14,3
Escolaridade	Não frequentou	4,3
	Entre a 1º e 3º ano do ensino	5,7
	Entre 4º e 6º ano do ensino	17,1
	Entre 7º e 9º ano do ensino	20
	Ensino médio incompleto	10
	Ensino médio completo	40
	Atualmente matriculado na escola	2,9
Benefício complementar	Aposentadoria	11,4
	Bolsa família	58,6
	Seguro defeso	11,4
	Nenhum benefício	18,6

Fonte:Elaborado pelos autores, 2024.

Deste modo, gera-se um ciclo no comportamento social deste grupo, em que a mariscagem os afastam do ambiente escolar, e o baixo grau de escolaridade condiciona ainda mais os marisqueiros a total dependência da atividade pesqueira, não apresentando qualificação adequada para realização em atividades diferenciadas. Sendo assim, o

questo escolaridade pode causar influência negativa sobre as possibilidades de emprego formal no mercado de trabalho (Pillet, 2017; Silva e Miller, 2019). Por consequência, esses marisqueiros apresentam seus recursos financeiros reduzidos, como também demonstrado por esta pesquisa, em que a maioria das famílias ganha menos de 1 salário mínimo por mês (42,9%), o que pode estar diretamente relacionado a qualidade de vida destes indivíduos, como no caso de residências pequenas e com um grande número de habitantes, como visto na tabela 1.

Desta maneira, é recorrente os marisqueiros que necessitam de renda complementada por benefícios sociais, como o Bolsa Família (58,6%), aposentadoria (11,4%) e seguro defeso (11,4%). Muitas famílias possuem apenas a mariscagem como trabalho (68,6%) e apenas 31,4% possuem outro trabalho além da mariscagem, o que contribuiu principalmente para ajudar nas despesas com a casa (28,6%). Todavia, a mariscagem representa uma importante fonte de renda para a comunidade pesqueira, contribuindo assim para a implementação da economia local (Pereira, 2017), sendo a principal fonte de renda dessas comunidades, cuja renda é complementada por auxílios governamentais, ou por outras atividades, como o comércio.

Perfil do extrativismo realizado pelas marisqueiras

As informações obtidas, quanto à cadeia produtiva dos moluscos bivalves, demonstram que a espécie nativa mais encontrada durante as capturas é o sururu (78,6%), e grande parte dos entrevistados (67,1%) associam a diminuição da produção desse bivalve à contaminação ou à poluição dos estuários onde são capturados (52,9%). A extração de moluscos, como ostras, sarnambis e sururus, está entre as atividades de maior destaque em áreas estuarinas e de manguezais, pois são recursos típicos desses ecossistemas (Nishida *et al.*, 2008). Segundo Goulart e Callisto (2003) o crescimento urbano nas últimas décadas têm intensificado a pressão das atividades humanas sobre os recursos naturais, não havendo um ecossistema que não tenham sido afetados, direta ou indiretamente, pelas ações humanas, como a contaminação de ambientes aquáticos, o desmatamento e a poluição dos lençóis freáticos, o que pode justificar o desaparecimento destas espécies, por serem bioindicadores da qualidade da água do ambiente em que vivem.

Tabela 2. Perfil da cadeia produtiva dos marisqueiros da ilha do Maranhão, Brasil.

Característica	Variável	%
----------------	----------	---

	Sururu	78,6
Espécies nativas mais encontradas nas pescas	Sarnambi	12,9
	Outros	8,6
Percepção de desaparecimento, morte ou escassez de alguma dessas espécies	Sim	67,1
	Não	32,9
fator que levou esse desaparecimento	Não há desaparecimento	30
	Contaminação/poluição	52,9
	Pesca excessiva	17,1
	Poço	57,1
Forma de abastecimento de água na comunidade	Campos (rios, lagos e maré)	5,7
	Sistema de rede pública	37,1
	Filtra	65,7
Tipo de tratamento realizado na água antes do consumo	Ferve	8,6
	Não faz nada	25,7
Destino do lixo doméstico da comunidade	Queima	38,6
	Coleta pública	61,4
Tipo de comércio utilizado para venda dos pescados	Atravessadores	54,3
	Feira local	45,7
Local de extração/coleta dos moluscos	Aberto: Local em que não há controle	87,1
	Semiaberto: Local que há controle do	8,6
	Fechado: sistema em que há controle	4,3
	Mesmo corpo de captação dos	31,4
Local onde é feito o descarte da água utilizada na casa	Outros corpos d'água	51,4
	Rede de esgoto	17,1
Presença de animais terrestres (domésticos ou de criação) no local de retirada dos moluscos	Sim	22,9
	Não	77,1
Exclusividade dos equipamentos para coleta e tratamento dos mariscos	Sim	90
	Não	10
Após a captura, os pescados passam por algum processo de lavagem	Sim	94,3
	Não	5,7
Como é feita a limpeza dos pescados	Água corrente de torneira	72,9
	Água do local de extração (praia)	20
	Reservatório com água parada	7,1
	Recipientes plásticos	91,4
Transporte dos pescados	Recipientes metálicos	1,4
	No chão da própria embarcação	7,1

Fonte:Elaborado pelos autores, 2024

Os dados obtidos mostram que nas comunidades, a captura dos sarnambis e sururus é realizada em locais abertos (87,1%) sem o controle da movimentação de animais e fluxo da água, ou seja, predomina o extrativismo com pouca ou nenhuma inclusão de técnicas de cultivo desses moluscos. Embora exista a dependência da renovação dos estoques naturais, a pesquisa mostrou alguns hábitos que podem afetar a qualidade da água nesses pontos de extração como a presença de animais de criação próximo aos locais de captura (22,9%), bem como descarte inadequado, da água residual usada nas atividades domésticas que acaba voltando para os locais de captura dos moluscos (31,4%) ou para outros corpos d'água próximos (51,4), o que acaba trazendo graves problemas para esse ecossistema e para as comunidades que dependem da mariscagem. Segundo Vasconcelos *et al.* (2012), a degradação ambiental dos manguezais impõe muitos obstáculos ao trabalho e à vida das marisqueiras e dos pescadores, já que afeta o meio de subsistência familiar. Essa degradação reduz o espaço geográfico para extração, prejudica a qualidade do pescado e contribui para a diminuição dos estoques pesqueiros.

O abastecimento de água é fornecido em parte das comunidades por meio de poços (57,1%), outras por rede de abastecimento pública (37,1%). Dentre os tratamentos aplicados à água antes do consumo familiar, foram mencionados a filtração (65,7%) e a fervura (8,6%), porém 25,7% dos entrevistados afirmaram que não realizam nenhum tipo de tratamento, consumindo a água diretamente da torneira ou comprando água mineral. O destino do lixo doméstico nas comunidades é realizado por coleta pública (61,4%), apesar de que, parte dos entrevistados, ainda utilizam o método de queima (38,6%).

Após a captura, grande parte dos moluscos bivalves passa por algum processo de lavagem (94,3%), sendo que 72,9% são feitas com água corrente; 20% com a própria água da praia e 7,1% com água armazenada em reservatórios. Quanto aos equipamentos para coleta e tratamento dos mariscos, 90% dos entrevistados afirmaram que estes são de uso exclusivo da atividade. O processo extrativo realizado pelos marisqueiros é feito manualmente, de forma individual ou coletiva, utilizando ferramentas como redes, facas e outros objetos perfil cortantes e aparatos como baldes e sacos para armazenamento dos produtos extraídos para posterior seleção dos organismos de interesse, em casa (Dias *et al.*, 2007; Jesus e Prost, 2011; Ipiranga *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021).

Segundo os dados obtidos, o transporte dos pescados assim que capturados são armazenados em caixas de isopor ou recipientes plásticos (91,4%). No que se refere à comercialização do produto final, 54,3% dos entrevistados afirmaram ocorrer por meio

de atravessadores que aparecem nas praias, enquanto 45,7% em feiras locais. O que se assemelha com encontrados por De Lima e Lopes (2016), em que o processo de comercialização do produto, também é realizado por meio da venda em casa, além dos atravessadores que adquirem a produção dos marisqueiros mediante a compra e revendem a preços superiores na capital e, até mesmo, em outros estados.

No que se refere às visitas *in loco* para observação da rotina de extração e beneficiamento para compor a caracterização da cadeia produtiva dos moluscos bivalves, verificou-se que o processo de captura e de beneficiamento dos moluscos é realizado de forma artesanal com o uso de equipamentos e instrumentos rudimentares (Figura 3). Além disso, em todo o processo, os pescadores não utilizam nenhum tipo de equipamento de proteção individual (EPI), ficando totalmente expostos ao risco de acidentes. Dados estes que corroboram aos observados no trabalho de De Lima e Lopes (2016), que destacaram os impactos sobre a saúde dos pescadores no processo de captura e de beneficiamento.

Figura 3. Retirada de concha da carne do molusco bivalve realizada por marisqueiras



Fonte: Próprio autor, 2024

Durante as visitas também foi possível verificar que os resíduos gerados a partir da extração, representam um grande problema ambiental, pois após o beneficiamento do molusco, os pescadores eliminam as conchas no próprio local, às margens do manguezal, sendo aproveitada somente a carne que é comercializada, gerando grande quantidade de resíduos. Chieringhini *et al.* (2011) destacaram a necessidade de adotar uma abordagem diferente para o manejo dos resíduos de conchas, visando tornar a mariscagem uma atividade mais sustentável para o meio ambiente e para os marisqueiros.

Os autores também mencionaram que as conchas podem ser usadas como fonte de carbonato de cálcio em diversos produtos, como cal virgem, cal hidratada, carga para polímeros, blocos, adubos, pesticidas, rações, entre outros.

A análise do conjunto dos resultados mostra de forma clara a situação da cadeia produtiva da mariscagem na Ilha do Maranhão, evidenciando de forma abrangente o perfil dos marisqueiros e das condições em que essa atividade é desenvolvida, disponibilizando subsídios para os gestores públicos na elaboração de políticas públicas e incentivo a produção para o desenvolvimento desse setor, como previsto pelo objetivo de desenvolvimento sustentável 8 das nações unidade, que visa atingir níveis mais elevados de produtividade das economias por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e dos setores intensivos em mão de obra, por meio de políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros, através da melhoria na eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, de forma a dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental.

Conclusões

Diante dos dados obtidos é possível inferir que a atividade da mariscagem na Ilha do Maranhão é predominantemente realizada por mulheres e de forma manual, o que aumenta a seletividade do pescado;

Essa atividade é importante para as comunidades estudadas, no entanto está em declínio constante, é desorganização e falta políticas públicas com base científica e visão multidimensional que considere os aspectos sociais, ambientais e econômicos;

As condições higiênicas adotadas na cadeia produtiva, somadas às condições socioeconômicas dos marisqueiros, pode caracterizar risco ao estoque de mariscos, caso não sejam adotadas medidas de manejo adequadas.

Dessa forma, faz-se necessário realizar ações voltadas à capacitação dos marisqueiros, no que se refere ao aprimoramento do beneficiamento dos mariscos e para assegurar a qualidade e a segurança desse alimento.

Referências

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 22000: Sistema de gestão da segurança de alimentos – requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos. Rio de Janeiro, 2ª edição. 35p, 2019.
- BRCast. Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Comitê Brasileiro de Testes de Sensibilidade aos Antimicrobianos. Acesso em 28 abril 2021. Disponível em: <http://brcast.org.br/>.
- CASTRO, A. C. L. *et al.* Manual de Cultivo de Ostra. São Luís: Departamento de Oceanografia e Limnologia. Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado do Maranhão - FAPEMA, 2014.
- CAVALCANTE, A. L. *et al.* A arte da pesca: análise socioeconômica da Reserva Extrativista de Canavieiras, Bahia. **Informe Gepec**, v. 17, n. 2, p. 81-99, 2013.
- CHIERINGHINI, D.; BRIDI, R.; DA ROCHA, A. A.; LAPA, K. R. Possibilidades do Uso das Conchas de Moluscos. São Paulo, Brasil, p. 5, 2011
- DE LIMA, Gilberto Feliciano; LOPES, Régia Lúcia. Impactos ambientais dos resíduos gerados na pesca artesanal de moluscos bivalve no distrito de patané/areaz-rn. **Holos**, v. 4, p. 206-216, 2016.
- DE MORAES CÂMARA, A. M., de Jesus, P. P., Pereira, L. F., Moraes, M. H. B., Monteles, J. S., Neto, A. I. P., & Funo, I. C. D. S. A. (2024). O EXTRATIVISMO DO SURURU *Mytellastrigata* (Hanley, 1843) E A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DE COMUNIDADES TRADICIONAIS EM ESTUÁRIOS AMAZÔNICOS DO BRASIL. **Revista Unimar Ciências**, 1(32).
- DE SOUSA SOUSA, Maryane; CALDEIRA, Rossela Damasceno. Marisqueiras da cidade de Curuçá, Estado do Pará: uma abordagem socioeconômica, produtiva e ambiental. **Mundo Amazônico**, v. 15, n. 1, p. e101491-e101491, 2024.
- DIAS, T.L.P., DE SOUZA ROSA, R., E DAMASCENO, L.C.P. Aspectos socioeconômicos, percepção ambiental e perspectivas das mulheres marisqueiras da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (Rio Grande do Norte, Brasil). **Gaia Scientia**, 1(1): 25-35, 2007.
- EVANGELISTA-BARRETO, N.S., DALTRO, A.C.S., SILVA, I.P., E DE SOUSA BERNARDES, F. Indicadores socioeconômicos e percepção ambiental de pescadores em São Francisco do Conde, Bahia. **Boletim do Instituto de Pesca**, 40(3), 459-470, 2014.
- FREITAS, S.T. *et al.* (2012). Conhecimento tradicional das marisqueiras de Barra Grande, área de proteção ambiental do delta do Rio Parnaíba, Piauí, Brasil. **Ambiente & Sociedade**, 15(2), 91-112. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2012000200006>
- Goulart, M. D., & Callisto, M. (2003). Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, 2(1), 156-164.

IPIRANGA, J.Á. *et al.* (2020). Riscos ambientais e ergonômicos nas atividades de coleta e extração de mariscos no nordeste paraense. **Natural Resources**, 10(2), 5567. <https://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2020.002.0008>.

JESUS, R.S., e PROST, C. (2011). Importância da atividade artesanal de mariscação para as populações nos municípios de Madre de Deus e Saubara, Bahia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, 15(3), 123-137. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2011.74236>

LA COLLA, N. S., NEGRIN, V. L., MARCOVECCHIO, J. E., BOTTÉ, S. E. Dissolved and particulate metals dynamics in a human impacted estuary from the SW Atlantic. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 166, p. 45-55, 2015.

MANESCHY, M. C. Pescadores nos manguezais: estratégias técnicas e relações sociais de produção na captura do caranguejo. In: FURTADO, L. G.; LEITÃO, W.; FIÚZA, A. (ed). *Povos das Águas: realidade e perspectivas na Amazônia*. Belém, Brasil: MCT/CNPQ, 1993. p. 19-62.

MARTINS, M. B & OLIVEIRA, T. G. **Amazônia Maranhense: Diversidade e Conservação** – Belém: MPEG, 2011. 328 p.: il. ISBN: 978-85-61377-52-6

MONTELES, J. S. *et al.* Percepção sócio-ambiental das marisqueiras no município de Raposa, Maranhão, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 4, n. 1, p. 34-45, 2009.

MUSTAFA, S. & SHAPAWI, R. *Aquaculture ecosystems: adaptability and sustainability*. Nova Jersey: **John Wiley & Sons**, 2015. 372 p.

NISHIDA, A. K.; NORDI, N.; ALVES, R. R. N. Aspectos socioeconômicos dos catadores de moluscos do litoral paraibano, Nordeste do Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, p. 207-215, 2008.

Nóbrega, G. S. D., Cardoso, R. D. C. V., Furtunato, D. M. D. N., Góes, J. Â. W., Ferreira, T. C. B., Santos, M. D. F., & Santos, S. M. G. (2014). Formação para marisqueiras em segurança de alimentos e saúde do trabalhador: uma experiência na comunidade de Ilha do Paty, Bahia, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, 19, 1561-1571.

OLIVEIRA DA SILVA, E. *et al.* DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO MANGUEZAL: ANÁLISE A PARTIR DA RELAÇÃO HOMEM-NATUREZA. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 6: Congestas 2018*.

PANDOLFI, I. A.; MOREIRA, L. Q.; TEIXEIRA, E. M. B. Segurança alimentar e serviços de alimentação-revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 42237-42246, 2020.

PEREIRA, F. *et al.* EXTRATIVISMO DE MARISCOS NA ILHA DO MARANHÃO (MA): implicações ecológicas e socioeconômicas. **Revista de Políticas Públicas** [online]. 2017, 21(2), 831-853 [fecha de Consulta 22 de Noviembre de 2021]. ISSN. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321154298015>

PILLETT, E.A. A Participação das Mulheres na Reserva Extrativista Caeté/Taperaçu na Comunidade de Taquandéua-Bragança/PA. *Amazônica-Revista de Antropologia*, 9(1), 388-412. <https://doi.org/10.18542/amazonica.v9i1.5496>, 2018.

POLI, C. R. Cultivo de *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) no sul do Brasil. Florianópolis: UFSC, 1996. Trabalho de Defesa de Exame para Professor Titular.

RIBEIRO, E. B.; BASTOS, L. da S.; ALMEIDA, Z. da S. de.; CARVALHO NETA, R. N. F.; COSTA, F. N. **Perfil socioeconômico dos marisqueiros e condições higiênicas adotadas na cadeia produtiva de ostra (Mollusca, Bivalvia)**. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 19, n. 4, p. 209-214, out./dez. 2016. Acesso em 28 abril 2023. Disponível em: <https://ojs.revistasunipar.com.br/index.php/veterinaria/article/view/6098/3416>

RIBEIRO, I. & CASTRO, L. C. A. Pescadores artesanais e a expansão portuária na praia do boqueirão, ilha do Maranhã. **Revista de Políticas Públicas**, vol. 20, núm. 2, pp. 863-884, 2016. Acesso em 28 abril 2023. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/3211/321149853024/movil/>.

SANTOS, P. V. C. J. *et al.* Perfil socioeconômico de pescadores do município da Raposa, Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2011.

SANTOS, S.S., BARRETO, N.S.E., E BARRETO, L.M. Cadeia produtiva de ostras no Baixo Sul da Bahia: um olhar socioeconômico, de saúde pública, ambiental e produtivo. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, 5, 10-21, 2017.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 1999. Relatório Técnico.

Silva, L.K.T., e Souza Miller, F. (2019). Pesca artesanal no litoral sul potiguar: Perfil socioeconômico, dificuldades e perspectivas. *Vivência: Revista de Antropologia*, 1(53). <https://doi.org/10.21680/2238-6009.2019v1n53ID20595>.

SILVA, L.K.T., E SOUZA MILLER, F. **Pesca artesanal no litoral sul potiguar: Perfil socioeconômico, dificuldades e perspectivas**. *Vivência: Revista de Antropologia*, 1(53). <https://doi.org/10.21680/2238-6009.2019v1n53ID20595>. 2019.

SILVA, N.B.A. *et al.* Survey of Occupational Risks of Shellfish Collectors in the Municipality of Raposa-MA. **Brazilian Journal of Development**, 7(7), 69628-69644. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-235>, 2021.

SILVA, W. B. T. *et al.* Patologias parasitárias em moluscos bivalves de ambiente natural e de cultivo no território brasileiro: Uma revisão sistemática. **Engenharia de Pesca: aspectos teóricos e práticos** - Volume 3, p. 173–185, 2022

VASCONCELOS, L. C., ARANHA, M. L. M., and LIMA, S. V. N., 2012. “Trabalho, Meio Ambiente e Saúde Em Comunidades Marisqueiros de Sergipe.” In *Anais Do VI Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade,”* 1–14. São Cristóvão.

VERGARA-FILHO, W.L.; VILLA BOAS, M.S. Introdução ao saber dos povos da lama. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE MANGUEZAIS, 4., Nova Almeida, 1996. Resumo. Nova Almeida: Universidade Federal do Espírito Santo, 1996. p 22-29.

CAPÍTULO III

Caracterização microbiológica e físico-química do molusco bivalve (*Mytella charruana*) *in natura*, coletados na costa amazônica maranhense.

Microbiological and physical-chemical characterization of the bivalve mollusk (Mytella charruana) in natura collected on the Amazonian coast of Maranhão.

Brito, D.J.C; Jovita, G; França, H.S; Paula, L.R.; Costa, N.S; Costa, F. N.

RESUMO

O Estado do Maranhão, localizado na região Nordeste do Brasil e integrante da Amazônia Legal, enfrenta desafios em relação à qualidade ambiental de sua costa amazônica, devido à ocupação humana, atividades econômicas e pressões antrópicas. A contaminação microbiológica representa riscos para os organismos marinhos, especialmente os moluscos bivalves como o *Mytella charruana* (sururu), que são importantes na culinária regional e têm relevância socioeconômica. Dessa maneira, este trabalho teve como objetivo caracterizar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos (umidade, lipídios, proteínas, cinzas e pH) do molusco bivalve (*M. charruana*) coletados na costa amazônica maranhense. As coletas de *Mytella charruana* (Sururu) foram realizadas em diferentes pontos da Ilha do Maranhão nos meses de abril a julho de 2022 (período de chuva) e novembro de 2022 a janeiro de 2023 (período de seca). As análises seguiram a metodologia da Instrução Normativa nº 30 de 26 de junho de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sendo estes: Coliformes a 35°, *E. coli*, *Salmonella* sp, *Vibrio* sp, *Aeromonas* sp, *Staphylococcus* coagulase positivo (CP). Em relação às análises dos parâmetros microbiológicos as médias dos coliformes totais foram de 606,06 NMP/g, variando entre 23 a >1100 NMP/g no período chuvoso, e de 228,62 NMP/g, com variação entre 3,6 a > 1100 NMP/g no período seco. Em 100% das 32 amostras analisadas foram detectados coliformes totais. Nos testes bioquímicos das cepas isoladas, foram confirmados os seguintes microrganismos: *Salmonella* sp., 2 (6,25%), *Staphylococcus* CP 9 (28,12%), *Escherichia coli* 8 (25%), *Vibrio* sp 2 (6,25%) e *Aeromonas* sp 5 (15,62%). Os parâmetros físico-químicos obtiveram-se as seguintes médias nos períodos chuvoso e seco, respectivamente: pH do sururu de 6,2±0,2 e 5,7±0,4, teor de cinzas de 25,1±11,2 e 21,6±10,2, teores de umidade de 63,6±7,5 e 54,9±9,8, teores de lipídios de 5,8±2,6 e 5,7±1,9. Assim, concluiu-se que a qualidade microbiológica do sururu *in natura* coletado na Ilha do Maranhão pode ser influenciada pelos períodos chuvoso e seco e por ações antrópicas, demonstrando uma necessidade de monitoramento constante do ambiente de crescimento dos moluscos visando a melhoria na qualidade da carne.

Palavra-chave: bioindicadores de poluição, DTHA, segurança alimentar, sururu.

ABSTRACT

Maranhao state, located in Northeastern Brazil and part of the Legal Amazon, faces challenges associated with environmental quality in its Amazon coast, which arise from human occupation, commercial activities, and anthropogenic pressures. Microbiological contamination poses risks to marine organisms, especially bivalve mollusks such as *Mytella charruana* (sururu), which are important for local cuisine and relevant from a socioeconomic perspective. This study aims to assess the microbiological and physicochemical properties (humidity, lipids, proteins, ashes, and pH) of the bivalve mollusk *M. charruana* collected along the Amazon coast of Maranhao state. Sampling of *Mytella charruana* (Sururu) was done at different sites in Maranhao Island, from April to July, 2022 (rainy season), and from November 2022 to January 2023 (dry season). Analyses were based on the method described in Normative Ordinance No. 30, of June 26, 2018, from the Ministry of Agriculture, Livestock, and Food Supply. This includes tests for Coliforms at 35°, and *E. coli*, *Salmonella* sp., *Vibrio* sp., *Aeromonas* sp., and positive coagulase (PC) *Staphylococcus*. Results for microbiological properties showed a mean total coliform measurement of 606.06 MPN/g, ranging from 23 to >1100 MPN/g in the rainy season, and of 228.62 MPN/g, ranging from 3.6 to > 1100 MPN/g, in the dry season. Total coliforms were found in all 32 samples analyzed. In biochemical tests of isolated strains, the following microorganisms were found: *Salmonella* sp. 2 (6.25%), *Staphylococcus* PC 9 (28.12%), *Escherichia coli* 8 (25%), *Vibrio* sp. 2 (6.25%), and *Aeromonas* sp. 5 (15.62%). The following mean values were found for physicochemical properties in the rainy and dry seasons, respectively: sururu pH – 6.2±0.2 and 5.7±0.4, ashes content – 25.1±11.2 and 21.6±10.2, humidity content – 63.6±7.5 and 54.9±9.8, lipid content – 5.8±2.6 and 5.7±1.9. In summary, we found that the microbiological quality of *in natura* sururu sampled in Maranhao Island can be influenced by anthropogenic activities in the rainy and dry seasons, evidencing a need for constant monitoring in the environment where mollusks grow, aiming for a higher quality among fisheries products.

Keywords: DTHA, food safety, sururu, pollution bioindicators.

INTRODUÇÃO

O Estado do Maranhão está inserido na região Nordeste do Brasil, oficialmente considerado um estado da Amazônia Legal. A sua costa amazônica é peculiar em sua forma, caracterizada por dezenas de baías, estuários e reentrâncias (MARTINS; OLIVEIRA, 2011), características que favorecem a ocupação humana e o estabelecimento de atividades econômicas, pressões antrópicas e mudanças aos ambientes estuarinos (SANTANA *et al.*, 2015; COSTA; BARLETTA, 2016). Além da contaminação oriunda dos centros urbanos, essas regiões podem sofrer modificações devido às instalações portuárias e industriais, das atividades pesqueiras e das atividades turísticas (SOUZA *et al.*, 2015), depreciando a qualidade da água e dos organismos coletados e cultivados para consumo humano. A ODS 8, prevê a melhoria, até 2030, da eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, e empenhar-se para dissociar o crescimento econômico da degradação ambiental, o que fortalece a importância deste trabalho.

Os moluscos bivalves são especiarias importantes na culinária regional, além de apresentarem um papel socioeconômico para as comunidades ribeirinhas. No entanto, esses organismos podem ser considerados alimentos de risco, pois estes nutrem-se através do processo de filtração, tendo como consequência a retenção de bactérias (MUSTAFA; SHAPAWI, 2015; RUBINI *et al.*, 2018). Dessa maneira, torna-se necessário o monitoramento microbiológico da água, e matrizes biológicas, com a finalidade de fornecer uma avaliação do risco de prováveis ocorrências de patógenos alimentares, considerando que os moluscos bivalves, como *Mytella charruana* (sururu), são organismos estimados para o monitoramento ambiental (KRISHNAKUMAR, *et al.* 2018), sendo utilizados como biomonitores de poluição em águas costeiras (FARRINGTON *et al.*, 2016), o que está alinhado ao ODS 14, que tem como objetivo prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente aquela originada de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e poluição por nutrientes.

A qualidade sanitária dos moluscos bivalves torna-se relevante, considerando que a ingestão de alimentos contaminados por microrganismos patogênicos causa ao

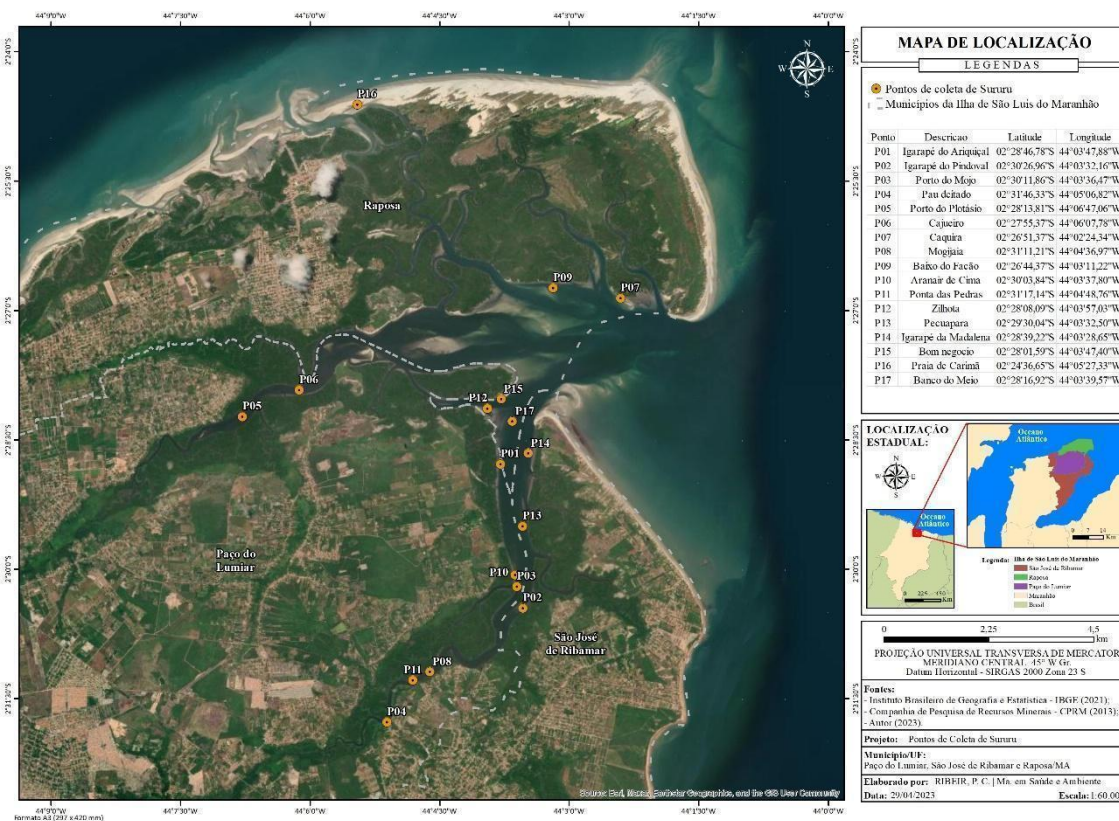
consumidor diversas complicações (GOMES *et al.*, 2017). No Brasil, o Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelecem níveis microbiológicos permitidos para os moluscos bivalves vivos ou congelados, conforme a RDC nº 331/19 e a Instrução Normativa nº 60 (BRASIL, 2019). Portanto, a caracterização microbiológica do molusco bivalve *Mytella charruana* é necessária para garantir a segurança alimentar e proteger a saúde dos consumidores. Diante das considerações apresentadas, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar os parâmetros microbiológicos e físico-químicos do molusco bivalve (*M. charruana*) coletados e comercializados na costa amazônica maranhense.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Costa Amazônica Maranhense, nos municípios de Raposa, Paço do Lumiar e São José de Ribamar, que juntos constituem a Ilha do Maranhão (02°24'09"S 02°46'13"S e 44°01'20"W - 44°29'47"W) (**Figura 1**). A Ilha possui um clima do tipo Tropical Úmido com duas "estações" bem distintas ao longo do ano: uma estação chuvosa, de janeiro a junho, e uma estação seca, de julho a dezembro. As médias anuais de precipitação variam entre 1.800mm e 2.000mm. As temperaturas são elevadas durante todo o ano, com média variando entre 23°C e 30°C (SANTOS, 2020).

Figura 1. Localização da área de estudo e distribuição dos pontos de coleta de sururu, Ilha do Maranhão, 2023.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.2 Coletas das amostras

As coletas foram realizadas em pontos distintos de extração de *Mytella charruana* (Sururu) localizados na Ilha do Maranhão, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, como ilustrado na figura 1, entre abril e julho de 2022 (período de chuva) e novembro de 2022 e janeiro de 2023 (período de seca). Os pontos de coletas foram (**Figura 1**): (P1) Igarapé do Ariquiçal; (P2) Igarapé do Pindoal; (P3) Porto do Mojó; (P4) Pau Deitado; (P5) Porto do Plotásio; (P6) Cajueiro; (P7) Caquira; (P8) Mogijaia; (P9) Baixo do Facão; (P10) Aranair de Cima; (P11) Ponta das Pedras; (P12) Zilhota; (P13) Pecuapara; (P14) Igarapé da Madalena; (P15) Bom Negócio; (P16) Praia do Carimã; (P17) Banco do Meio. O material coletado foi acondicionado em caixas isotérmicas e transportado aos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos e Água e de físico-química de água e alimentos da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, onde foi analisado.

Um estudo paralelo foi realizado com amostras de água coletadas de marés (águas salobras) nas proximidades de bancos e igarapés em que são realizadas a atividade de mariscagem.

2.3 Análises microbiológicas

Para a análise microbiológica, foram separados aproximadamente 500 g de sururu *in natura* de cada ponto de coleta. Os moluscos foram abertos com auxílio de espátula, logo após a coleta, sem processo de cocção. As análises foram realizadas segundo a metodologia prescrita pela Instrução Normativa nº 30 de 26 de junho de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018). Os moluscos foram desenconchados com auxílio de pinças estéreis. Posteriormente, foram pesados 25 g dos moluscos de cada ponto coletado, adicionando-se 225 mL de água peptonada a 0,1% para obtenção da primeira diluição (10^{-1}). A partir desta primeira diluição, foi obtida a diluição 10^{-2} e transferindo 1 mL da diluição anterior e inoculado em 9mL de água peptonada a 0,1%. A diluição 10^{-3} de igual maneira foi obtida a partir da diluição 10^{-2} .

2.4 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *E. coli*

A contagem de coliformes a 35°C e coliformes a 45°C, seguiu o método do Número Mais Provável (NMP). A partir das diluições obtidas (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), uma alíquota de cada diluição foi inoculada em uma série de três tubos contendo Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) contendo tubos de Durham, incubados em estufa bacteriológica a 35°C, por 24-48h. Para a confirmação, foi feita a inoculação do cultivo para o Caldo Verde Brilhante Bile 2% (VB), incubado em estufa a 35°C por 48 horas, sendo considerados positivos os cultivos que apresentaram turvação e formação de gás. Para confirmação dos testes de coliformes a 45°C, alíquotas das culturas positivas em caldo VB foram transferidas para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (EC). Incubados em banho maria a 45°C \pm 1°C por 24 horas. Os cultivos com produção de gás e turvação foram semeados no meio ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) e MacConkey para isolamento de *Escherichia coli*, as quais foram submetidos ao sistema de identificação bioquímica (Bactray 1). A determinação foi realizada utilizando a tabela de NMP segundo *Bacteriological Analytical Manual* (Blodgett, 2010).

2.5 Pesquisa de *Staphylococcus* sp.

A partir das diluições decimais (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}), alíquotas de 0,1mL de cada diluição foram semeadas sobre a superfície de placas contendo Ágar Baird-Parker (BP), adicionado de telurito de potássio e gema de ovo, distribuído em toda a placa com auxílio

de alça de Drigalsky e incubadas em estufa bacteriológica a 35°C durante 48 horas, para realização da contagem do número de colônias que apresentaram características típicas do gênero. As colônias típicas de *Staphylococcus* spp. foram submetidas à prova de catalase, quando positivas foram transferidas para caldo o cérebro-coração (BHI) e incubadas a 37°C por 24 horas, para realização do teste de coagulase utilizando o plasma de coelho liofilizado. Os cálculos dos resultados foram segundo a ISO 7218:2007/Amd 1:2013.

2.6 Pesquisa de *Salmonella* sp.

Para a pesquisa de *Salmonella* sp. foram pesados 25 g de cada uma das amostras de sururu e adicionada à 225mL de água peptonada incubada a 36°C por 24 horas, em seguida foi realizado o enriquecimento seletivo utilizando caldo rappaport e selenito cistina, sendo que o caldo selenitofoi incubado a 35°C e o caldo rappaport a 42°C por 24 horas. Após o período de incubação, foi realizado o plaqueamento em meios seletivos (Ágar Hektöen– HE e Ágar xilose lisina desoxicolato – XLD) incubadas a 36°C por 24-48 horas. Após o período de incubação, foram realizados os testes bioquímicos utilizando os meios TSI e LIA. Os cultivos TSI e Lisina positivos foram submetidos ao sistema de identificação bioquímica (Bactray 1).

2.7 Pesquisa de *Vibrio* sp

Para a pesquisa do *Vibrio* sp, usou-se as diluições em triplicata (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}). O enriquecimento foi feito homogeneizando-se 25 g de amostra do sururu em 225 mL de Água Peptonada Salina Alcalina (APWA), e incubado em estufa bacteriológica de 42°C/18-24h. A partir do crescimento bacteriano em APWA, as colônias foram semeadas em placas contendo Ágar Tiosulfato Citrato Bile Sacarose (TCBS), incubadas a 42°C/18-24h. As colônias características (verdes e amarelas) foram submetidas aos testes bioquímicos para confirmação.

2.8 Pesquisa de *Aeromonas* sp.

Foram pesados 25 gramas da amostra e adicionados em 225 mL do Caldo Trypticase Soja (TSB), com ampicilina (30 mg/L) e incubadas a 28°C por 24 h. Após este período, foram semeadas alíquotas do crescimento bacteriano em placas contendo Ágar

Glutamato Amido Fenol (GSP) (seletivo para pseudomonas-aeromonas) e incubadas a 28°C por 24 horas. Para o isolamento das colônias típicas e identificação presuntiva do gênero foram selecionadas colônias, em cada um dos meios utilizados e inoculadas em Tripticase Soja (TSA), inclinado e incubados a 28°C por 24 h. Estas foram replicadas em Ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) e incubadas a 28°C por 24 h, sendo consideradas positivas as culturas que apresentaram reação ácida na base e bisel. As culturas positivas foram submetidas às provas bioquímicas, oxidação de carboidratos, catalase, indol, motilidade.

2.9 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físico-químicos foram realizados por meio da composição centesimal dos pescados, com a determinação de umidade, lipídios, e cinzas, além do pH.

2.9.1 Determinação da Umidade

Uma amostra de 15g foi triturada e homogeneizada em placas de Petri em estufa a 105°C por 16 horas. Posteriormente, as placas foram transferidas para o dessecador e submetida novamente à pesagem com amostra seca, seguindo o método de gravimétrico descrito pela *Association of Official Analytical Chemists- A.O.A.C.* (2000).

2.9.2 Lipídios totais

A extração de lipídio foi realizada pelo método de Bligh-Dyer adaptado, em que foi pesado 1g da amostra seca e homogeneizado em 20 mL de solução de Clorofórmio metanol 2:1. Após repouso de 2 horas vedado com plástico filme, a mistura foi filtrada em papel filtro e adicionando 6 mL de KCl a 0,74%, para separação das fases. Para fim de evaporação da fase aquosa, usou-se chapa aquecedora a 80° C e estufa a 90°C.

2.9.3 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada de acordo com a metodologia descrita pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL, 2008). As amostras foram moídas, pesadas e incineradas na mufla calibrada em 550° C, até a eliminação completa do carvão.

Considerou-se finalizado o processo quando as amostras apresentaram coloração brancas ou ligeiramente acinzentadas.

2.9.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Foi pesado 10 g da amostra, adicionado 40 ml de água destilada e homogeneizada. Inserida o eletrodo de leitura do pHmetro na amostra.

2.9.5 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram reunidos em planilhas do software Microsoft Excel. Para as análises das médias dos parâmetros obtidos com o padrão da legislação usou-se o Teste t-Student para uma amostra. Para avaliação da normalidade fez-se uso do teste Shapiro-Wilk. Para verificar possíveis diferenças entre as médias dos parâmetros avaliados nos diferentes períodos, utilizou-se o teste não paramétrico Wilcoxon. E para apurar a prevalência de qualidade e presença nas diferentes estações, aplicou-se o Teste do Qui-quadrado com correção de Yates. Para isso, utilizaram-se os programas GraphpadPrism 8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros microbiológicos

O plano de amostragem utilizado neste estudo foi o de duas classes, que categoriza as amostras em "Qualidade Aceitável" ou "Qualidade Inaceitável", considerando o limite microbiológico (m) estabelecido na Instrução Normativa nº 60 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

Conforme a Tabela 2, as médias dos Coliformes totais foram de 606,06 NMP/g, variando entre 23 a >1100 NMP/g no período chuvoso, e de 228,62 NMP/g, com variação entre 3,6 a > 1100 NMP/g no período seco, havendo diferença estatística entre os dois período, com valor de $P < 0,05$. Achados semelhantes a estes foram relatados por Newman (2021), em que os mariscos apresentaram maior frequência de ocorrência por coliformes totais no período chuvoso (67%) em relação ao período de estiagem. Em todas 32 amostras analisadas foram encontrados coliformes totais. A Legislação Brasileira não inclui valores máximos permitidos para os coliformes totais, contudo faz-se necessário à sua identificação e contagem, considerando que estes microrganismos são indicadores de condições higiênico-sanitárias insatisfatórias (DE SOUSA, 2023). Portanto, os altos valores de CT nas amostras de sururu analisados neste estudo demonstram inadequação desses produtos.

Os pontos que apresentaram valores de coliformes totais acima de 1100 NMP/g formam (P5) Porto do Plotásio; (P6) Cajueiro; (P7) Caquira; (P11) Ponta das Pedras; (P12) Zilhota; (P14) Igarapé da Madalena; (P15) Bom Negócio. A contagem de coliformes em sururu está em consonância com a pesquisa realizada por SALDANHA, *et al.* (2022), em São Luís/MA, em que as médias foram elevadas, variando de 2,36 ($3,6 \times 10^8$) a 6,71 (5×10^9) log NMP/g para coliformes totais, com maiores populações no período chuvoso. Segundo Ribeiro *et al.* (2016), altas concentrações de CT no período chuvoso estão associadas ao maior escoamento de dejetos contaminantes de lugares poluídos para os mangues, uma vez que esses organismos absorvem compostos destes ambientes, além da relação com níveis mais baixos de salinidade da água. O aumento da temperatura também é considerado um fator preponderante nas flutuações de concentração de coliformes na água, devido ao aumento de seu metabolismo. Áreas estuarinas podem apresentar elevadas temperaturas, mantendo maiores concentrações de coliformes (DOI *et al.*, 2015). Quantidades elevadas de coliformes totais indicam carência no controle higiênico-sanitário no beneficiamento e podem acelerar a deterioração do produto comprometendo suas propriedades, oferecendo, assim, risco à saúde do consumidor (SALDANHA *et al.*, 2022). Dessa forma, embora não haja limites estabelecidos pela legislação, o estudo de coliformes totais é fundamental para acompanhamento da qualidade destes produtos.

Os testes bioquímicos confirmaram que 34,37% das cepas sugestivas eram de *Escherichia coli*. Resultado semelhante foi visto no trabalho de Leôncio (2020), realizado em São Luís-MA, em que as provas bioquímicas confirmaram a presença de *E. coli* em 50% das amostras de sururu comercializados em feiras. Mafra (2016) verificou em estudo com espécies de moluscos processados na Cidade de Maragogibe, BA, que 30,8% das amostras foram positivas para *E. coli*. Nas amostras analisadas, neste estudo, foram identificadas 2 sorovares de *E. coli* abrangidos pelo sistema Bactray I. Sendo detectadas nos pontos P1, P4, P6, P11, P14, P15, (*Escherichia coli ser.1*) P2, P8, P9, P13 (*Escherichia coli ser.2*). No P6 houve a ocorrência do sorovar *Escherichia coli ser.1* no período de chuva e seca, o que demonstra persistência desta cepa, que pode estar relacionada a fontes contínuas de contaminação nessa região.

Tabela 1. Contagem de coliformes totais (NMP/g) e *Escherichia coli* (UFC/g) em carne de sururu *in natura* coletados na Costa amazônica maranhense nos períodos seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, Brasil.

Parâmetros microbiológico				
Amostras	Período de Chuva		Período de seca	
	CT NMP/g	<i>E.coli</i> UFC/g	CT NMP/g	<i>E.coli</i> UFC/g
Média	606,06 A	381,94 ^a	228,62B	12,56b
VMP*	-	5 x10 ¹	-	5 x10 ¹

VMP= Valor máximo permitido. Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Referente a contagem de *E. coli*, a média foi 381,94 UFC/g com variação entre 0 a $1,2 \times 10^3$ UFC /g em período chuvoso, enquanto no período seco a média foi 12,56 UFC /g com variação entre 0 a $2,1 \times 10^2$ UFC /g (Tabela 2). Os dados encontrados evidenciaram diferenças significativas entre a prevalência de *E.coli* no período de chuva e de seca. Das 32 amostras analisadas, 8 (25%) amostras apresentaram contagem de *E. coli* acima dos limites estabelecidos pela RDC nº 331 e a Instrução Normativa nº 60, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Tabela 1). Dentre estas, 7 (sete) foram em período de chuva, o que demonstra uma diferença sazonal referente a contaminação por *E. coli*. Diferentemente, foi visto no trabalho de Newman (2021), que demonstrou maior contaminação do patógeno no período de estiagem e praticamente ausência no período de chuvas. Os pontos que apresentaram maior índice de contaminação foram: P6, P11, P14 e P15. No estudo realizado por Barbosa (2018) com sururu (*Mytella guyanensis*) foram obtidos 24 isolados de *E. coli*, com ocorrência do gene *elt*, correspondente a *E. coli* enterotoxigênica, em 75% dos isolados.

A presença de *E. coli* aponta para uma contaminação proveniente de fezes, considerando que esta é a única representante do grupo coliformes termotolerantes de origem exclusivamente fecal, possivelmente oriunda do descarte inadequado de resíduos domésticos nos estuários próximos aos locais de extração dos moluscos bivalves (FIGUEIREDO *et al.*, 2015; DE SOUSA, 2023). A alimentação dos moluscos bivalves por meio da filtração da água, propicia o acúmulo de substâncias nocivas aos bivalves e seus consumidores, estando associadas a surtos alimentares. Dessa forma, as altas taxas de coliformes totais e *E.coli* presentes no sururu *in natura* podem ser reflexo da água de má qualidade do seu habitat (SANTOS, 2018; GRISE *et al.*, 2020; BRITO, 2023). Além disso, a presença de *E. coli* no sururu (*Mytella charruana*) é preocupante, considerando a patogenicidade desta bactéria e graves infecções intestinais geradas por esta (CHAI *et al.*, 2019). Cepas patogênicas de *E. coli* apresentam diferentes formas de virulência relacionada a moléculas como às adesinas, toxinas e invasinas, estas são classificadas em

enteropatogênica, enterotoxigênica, enteroinvasivaenterohemorrágicaenteroagregativa, enteroagregativa produtora da toxina de Shiga, e de adesão difusa (SOUZA *et al.*, 2016).

Por microrganismos que causam doenças de veiculação hídrica ainda é considerada um problema comum de saúde pública em países em desenvolvimento. Estes dados demonstram inadequação destes alimentos, além de indicarem a má qualidade da água. Havendo, desta forma, relação direta entre os serviços de saneamento básico, principalmente da rede coletora de esgotos, com a qualidade dos moluscos bivalves, e saúde pública, o que gera implicações indiretas sobre toda a sociedade (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

Tabela 2. Classificação microbiológica das amostras de *Mytella charruana* coletadas na Ilha do Maranhão, Brasil.

Espécie	Categoria	Período de chuva	Período de seca	Total
<i>Escherichia coli</i>	Aceitável	8	16	24 (75%)
	Inaceitável	7	1	8 (25%)
Total		15	17	32
<i>Staphylococcus</i> CP	Aceitável	10	13	23 (71,87%)
	Inaceitável	5	4	9 (28,12%)
Total		15	17	32
<i>Salmonella sp</i>	Aceitável	13	17	30 (93,75%)
	Inaceitável	2	0	2 (6,25%)
Total		15	17	32

Segundo a Instrução Normativa nº 60 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2023.

De acordo com a legislação vigente, os moluscos bivalves devem estar livres de *Salmonella sp*. No entanto, em 32 amostras analisadas, 2 (6,25%) apresentaram características que sugerem a presença do gênero. O trabalho realizado por Silva (2021) corrobora com os dados apresentados, logo que foi detectada a presença de *Salmonella sp* em diferentes meses de coleta de mexilhão *Perna perna*. De Sousa (2023), também demonstrou em seu estudo realizado com moluscos bivalves na Ilha do Maranhão, a presença de *Salmonella sp* em quatro amostras. Diferente foi relatado por Leôncio (2020) com sururu, na Cidade de São Luis-MA, em que nenhuma amostra apresentou contaminação por *Salmonella sp*. Os pontos (P1 e P2) que apresentaram contaminação por *Salmonella sp*, também demonstraram presença de *E.coli*, afirmando a inadequação dos moluscos coletados nestes pontos, representando risco à saúde dos consumidores, visto que uma pequena população é capaz causar doenças (BARRETO, 2012).

De modo frequente o gênero *Salmonella sp* tem sido relatado em moluscos bivalves associado à veiculação de gastroenterites e toxinfecções (SILVA *et al.*, 2016).

Este gênero pertencente à família Enterobacteriaceae, são bastonetes, Gram-negativos, entéricos e anaeróbios facultativos, podendo ser móveis ou imóveis (FÀBREGA 2013; JARONI, 2014; FANG *et al.*, 2015; CABRAL *et al.*, 2017). O Gênero está entre os principais patógeno responsável por Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA), relacionados geralmente com consumo de alimentos crus ou mal cozidos (FREIRE, 2018). Estudos estimam números anuais de 200 milhões a mais de 1 bilhão casos de Salmonelose, com 85% desses casos relacionados à alimentação, com uma taxa de mortalidade mundial de até 150 mil (EVANGELOPOULOU *et al* 2015; HUNG *et al* 2017; BIRSCHENK *et al* 2017).

Em relação a contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva nas amostras de carne de sururu, foi constatada em 9 pontos dos 32 analisados, com variação entre $1,7 \times 10^3$ e 29×10^3 , em que todas estavam acima do permitido pela legislação vigente ($1,02 \times 10^2$ UFC/g). Esse dado é preocupante para a saúde pública, considerando que esta bactéria possui a capacidade de produzir a enzima coagulase, causadora de intoxicações alimentares (DE SOUSA, 2023). No trabalho realizado por Silva (2021), a densidade de *S. aureus* nos moluscos estudados variou de $1,28 \times 10^2$ a $4,35 \times 10^3$ UFC/g. No estudo realizado com pescados por Do Nascimento (2019), os dados demonstraram uma variação de $2,5 \times 10^3$ a $5,6 \times 10^3$ UFC/g de *Staphylococcus* coagulase positivo. Leôncio (2020), por sua vez, não verificou a presença *Staphylococcus* coagulase positiva nas amostras de sururu analisadas, em São Luís-MA. No entanto, todas as amostras apresentaram contagens de *Staphylococcus* spp. acima de $2,4 \times 10^5$ UFC/g.

Esta bactéria encontra-se amplamente distribuída no ambiente, mais facilmente detectada no corpo humano, principalmente na pele, membranas mucosas e no trato intestinal, podendo ser transferida ao alimento por pessoas com maus hábitos de higiene. Desta maneira, a presença desses microrganismos pode indicar inadequação nas condições de manipulação no beneficiamento dos moluscos (KOMATSU *et al.*, 2010). Freitas (2015) em sua pesquisa com marisqueiras demonstrou que a mãos de todas as manipuladoras apresentou *Staphylococcus* coagulase positivo em altas quantidades, confirmando que a contaminação dos mariscos advinha da ineficácia higiênico-sanitária destas marisqueiras, geralmente relacionada a lesões nas mãos decorrentes da captação e desconchamento dos mariscos. Somado a isso, as análises do sururu obtidos do desconchamento também apresentaram valores insatisfatórios para *Staphylococcus* coagulase positivo.

Gomes (2021) em estudo realizado com sururu *in natura* comercializados em feiras de São Luís - MA, relatou dados divergentes dos apresentados neste trabalho, em que os 288 isolados do gênero *Estafilococos* testados foram todos classificados como coagulase-negativo. Este fato pode se dá devido a cocção, tratamento térmico, realizada neste alimento. Em comparativo com nossos dados realizados com moluscos adquiridos ainda enconchados e analisados pré-cocção, os valores altos de *Staphylococcus* coagulase positivo demonstrou que este gênero não está relacionado somente com o beneficiamento, pode ser indicativa qualidade insatisfatória da água do ecossistema aquático estudado. O tipo de armazenamento também pode auxiliar na qualidade microbiológica dessa carne, evitando a proliferação de *Staphylococcus* coagulase positivo e proporcionar comercialização de alimentos dentro das condições adequadas (DO NASCIMENTO, 2019).

Tabela 3. Categorização microbiológica das amostras de *Mytella charruana* coletadas na Ilha do Maranhão, Brasil.

Espécie	Categoria	Período de chuva	Período de seca	Total
<i>Vibriosp</i>	Presente	2	0	2 (6,25%)
	Ausente	13	17	30
Total		15	17	32
<i>Aeromonassp</i>	Presente	3	2	5 (15,62%)
	Ausente	12	15	27 (84,38%)
Total		15	17	32

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

Em relação à pesquisa de *Vibrio* sp. duas amostras foram identificadas no período chuvoso, nos pontos 6 e 12. Ainda assim, não houve diferença significativa entre os achados no período de chuva e seca. A presença de *Vibrio* sp em amostras de moluscos bivalves também foi relatado por GiráldezFernández (2023), que detectou a presença de *Vibrio* spp. em todos os pontos em que realizou coleta, em 544 das 2.129 amostras analisadas. Dados diferentes foram encontrados na pesquisa para *Vibrio* sp. realizada por De Sousa (2023), em ostras da Ilha do Maranhão, nenhum isolado característico foi identificado. Esta bactéria é recorrentemente associada a pescados como vieiras, ostras, bacalhau, sardinha e mexilhões, principalmente quando crus ou não cozidos. Alimentos contaminados por esse agente podem causar após a ingestão gastroenterite, infecções com erupções cutâneas, cólica abdominal, náusea, vômito, febre, calafrio e cefaleia. (SANTIAGO *et al.*, 2013; SILVEIRA, 2018; LOPES, 2020).

Neste estudo, os dois isolados desse gênero foram da espécie *Vibrio furnissii*, essa espécie é halofílica, móvel, Gram-negativa, oxidase-positiva, isolada de fontes diarreicas e ambientais. Essa espécie é considerada uma das 11 espécies de *Vibrio* não-cólera patogênicas em humanos, causando a gastroenterite humana e manifestações extraintestinais (BALLAL *et al.*, 2017). Muito semelhante a espécie *Vibrio fluvialis* em suas características fenotípicas, sendo estas diferenciadas pela produção de gás a partir da fermentação de carboidratos e pelos genes *toxR* e *rpoB* (SCHIRMEISTER, 2014). Diferentes espécies pertencem a esse gênero, no entanto *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* e *V. vulnificus*, são as consideradas patógenos de maior importância para humanos (LOPES, 2020; SILVEIRA, 2018).

Das 32 (100%) amostras de sururu analisadas, 5 (15,62%) demonstraram contaminação por *Aeromonas* spp. Assim como *Vibrio* sp, esse gênero tem habitat aquático, isolado tanto em água doce quanto em água marinha e salobra. Os resultados desta pesquisa estão de acordo com os de Leôncio (2020), em sua pesquisa sobre aspectos higiênico-sanitários e químicos do Sururu (*Mytella falcata*) desconchado comercializado em feiras e mercados públicos de São Luís-MA, em que a contaminação por *Aeromonas* spp. foi detectada em 75% das amostras analisadas. Ainda em São Luís Ribeiro *et al.* (2020) verificou a presença de *A. hydrophila* em amostras de ostras. Figueras *et al.* (2017) e Ribeiro *et al.* (2020) atribuem a alta ocorrência desse gênero em moluscos bivalves ao seu habitat aquático. Neste estudo, as espécies isoladas foram de *Aeromonas hydrophila* e *Aeromonas caviae*, assemelhando-se ao demonstrado no trabalho de De Sousa (2023) realizado com ostras na Ilha do Maranhão, no qual as espécies isoladas foram *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas caviae* e *Aeromonas trota*.

Ainda que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária não preconize valores máximos permitidos para o gênero *Aeromonas* spp., a sua presença no sururu (*Mytella charruana*) requer atenção, logo que as espécies encontradas neste estudo são recorrentemente relacionadas a casos de gastroenterites causadas pela ingestão de pescados (ZHANG *et al.*, 2012; LOPES *et al.*, 2015).

O sururu, assim como demais pescados, é considerado um alimento susceptível ao desenvolvimento microbiano em função do teor de gorduras insaturadas oxidáveis e de sua elevada atividade de água. Outros fatores preponderantes com relação a contaminação microbiana em sururu, consiste neste molusco ser consumido não-eviscerado e parcialmente cozido, considerando que o tempo de cozimento prolongado

provoca a consistência endurecida e por consequência desagradáveis ao paladar, elevando o risco de contágio por microrganismos patogênicos aos seus consumidores (CABRAL, 2015).

Além dos microrganismos alvos deste estudo, outras espécies foram identificadas ao decorrer das análises, sendo estas *Proteus mirabilis*, *Serratia marcescens*, *Edwardsiella*, *Klebsiella ozaenae*, sendo estas identificadas através do sistema Bactray I. Este achado ratifica o relatado por Nuernberg (2021) em sua pesquisa com ostras, em que as bactérias mais prevalentes foram *Escherichia coli*, *Citrobacter koseri*, *Klebsiella pneumoniae* e *Proteus mirabilis*. Essas bactérias fazem parte da microbiota de animais de sangue quente, e são causadoras de diferentes acometimentos em humanos. Esses resultados, apontam, mais uma vez, para a deficiência no saneamento básico em algumas das áreas estudadas.

Os pontos de coleta estão distribuídos nos estuários sob influência dos rios Santo Antônio e Paciência. A bacia do Rio Santo Antônio encontra-se nas proximidades do Município de São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar, com maior área no Município de Paço do Lumiar. A maioria da população desse município reside na zona rural, em que tradicionalmente são construídas fossas sépticas e esses dejetos são direcionados para o Rio Santo Antônio, logo que este município carece de tratamento de esgoto (CAEMA, 2017; SILVA, 2019). Pontos como P1 (Ariquical), P2 (Pindoval), P11 (Ponta das Pedras), P14 (Madalena) e P15 (Bom Negócio), estão localizados em bancos sob a influência do Rio Santo Antônio, demonstraram através das análises realizadas nesta pesquisa inadequação dos moluscos coletados e por consequência da água em que estão inseridos.

Segundo Silva (2019) esgoto *in natura* é lançado no rio Santo Antônio proveniente de vários empreendimentos e conjuntos residenciais, além de empreendimentos como condomínio residencial Pitangueiras, Condomínio Plaza das Flores, Residencial Portal do Paço, Residencial Cidade Verde, Conjunto habitacional Novo Horizonte conjunto de casas, projetos do Minha Casa, Minha Vida, que possuem ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) e seus efluentes tratados são direcionados ao Rio Santo Antônio, porém, segundo o autor, não há nenhuma garantia que ocorra realmente este tratamento, o que pode aumentar, significativamente, a carga orgânica direcionada na bacia do rio Santo Antônio. Estes empreendimentos também foram citados pelos moradores da região em visitas *in loco*.

O Rio Paciência abrange toda Ilha do Maranhão, deslocando-se pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, sua nascente está na chapada do Tirirical e desemboca na Baía de São José, próximo à Ilha de Cururupu (RANGEL, 2013). Segundo a CAEMA (2017), a desativação da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) Lima Verde e da ETE Mocajituba, teve como consequência o lançamento de esgoto sem tratamento no rio Paciência e no rio Santo Antônio. Além disso, vários conjuntos residenciais nestes municípios coletam e lançam esgoto sem tratamento nos riachos e rios da região (SILAVA, 2019). Neste trabalho, sobretudo, no ponto 6 (Cajueiro), as análises realizadas expõem o relatado pelos autores anteriores, visto que este ponto sob influência do Rio Paciência apresentou maiores índices de coliformes totais e presença de *E.coli* nos 2 períodos coletados. As contaminações evidenciadas nesta pesquisa podem estar relacionadas à localização dos pontos, considerando que estes estão próximos aos ambientes urbanos que afetam os ecossistemas aquáticos e, à vista disso, a qualidade microbiológica do sururu (*Mytella charruana*). Assim, ressaltamos a necessidade de ações governamentais em relação a implementação de políticas públicas, sobretudo relativo ao saneamento básico dessas comunidades.

Parâmetros físico-químicos

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 4. Para o pH do sururu foi observada uma média de $6,2 \pm 0,2$ no período chuvoso e $5,7 \pm 0,4$ no período seco, não havendo diferença significativa nas médias das amostras nas diferentes estações do ano. Ainda assim, essas variações podem estar associadas às condições climáticas, características ambientais, ou à contaminação microbiana. No trabalho realizado por De Rosa (2020) com produtos do pescado pirarucu obteve resultados semelhantes para pH, sendo para o hambúrguer ($6,53 \pm 0,04$) e a linguiça ($6,29 \pm 0,035$). Salles *et al.* (2017) ao analisarem o sarnambi encontraram o pH 7. De acordo com a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o padrão aceitável do pH da carne dos moluscos deve ser inferior a 6,85, para que haja a recomendação destes alimentos para o consumo humano. Desta forma, percebe-se que os achados desta pesquisa estão em conformidade com a legislação (BRASIL, 2017). No entanto, segundo Galvão e Oetterer (2014), esses valores de pH próximos da neutralidade influenciam diretamente na ação de microrganismos deteriorantes e patogênicos, o que requer cuidados especiais quanto ao acondicionamento desses alimentos (DE ROSA, 2020).

O teor de cinzas da carne de sururu apresentou médias próximas nas diferentes estações de coleta, porém com alta variabilidade entre os locais de extração, para os períodos chuvoso e seco, sendo $25,1 \pm 11,2$ e $21,6 \pm 10,2$, respectivamente, não havendo diferença significativa entre os períodos de coleta, indicando que a composição mineral provavelmente não foi afetada pelas condições climáticas. O teor de cinzas mensurado na pesquisa é superior ao encontrado por De Rosa (2020), que obtiveram em suas análises de produtos oriundos da carne do pirarucu 2,1 % (hambúrguer) e 2,66% (linguiça). Além dos trabalhos de Mata (2017) e Cruz (2019) com pescados, ao qual os valores foram de 3,69% e 2,34%, respectivamente. De Moura (2022) e Pessoa (2015) também realizaram análises com moluscos bivalves, e os resultados de cinza também foram consideravelmente menores quando comparados aos obtidos neste trabalho, sendo eles 1,74%, e 1,54%, respectivamente.

A carne de sururu apresentou teores médios de umidade de $63,6 \pm 7,5$ % para as amostras coletadas no período chuvoso, e no período seco os valores foram de $54,9 \pm 9,8$ %, em que as médias das amostras foram significativamente diferentes no período de seca e chuva. Dados obtidos no trabalho realizado por Cruz (2019) com sarnambi, foram semelhantes ao do nosso estudo, em que a umidade foi de 66,97(%). Outros valores foram encontrados na pesquisa realizada por De Rosa (2020), em que os percentuais foram de 71,64% e 62,76%, para hambúrguer e linguiça de pirarucu, respectivamente. Em relação aos moluscos bivalves *in natura*, os valores de umidade foram maiores. Na pesquisa de Salles *et al.* (2017), que analisaram o sarnambi o valor foi de 79%, já no estudo realizado por De Moura (2022), ao analisar duas espécies de moluscos bivalves os dados obtidos fora de *Prisodonobliquus* (78,80 %) e *Prisodoncorrugatus* (82,86 %).

Segundo Koblitz (2014) essa variação entre os valores de umidade ocorre devido a composição nutricional dos pescados que pode ser modificada conforme o local de coleta e diferentes nutrientes da água, que são diferentes de acordo com a região. A umidade é considerada uma das medidas fundamentais no controle de qualidade dos alimentos, considerando sua capacidade de influir na estabilidade, qualidade e composição destes. O percentual de umidade em pescados está entre 60 a 85%, e pode variar conforme a espécie, local e disposição de nutrientes para alimentação desses animais. Esse parâmetro físico-químico indica o potencial de vida útil e integridade alimentar, neste sentido, quanto maior a umidade da carne do molusco, mais precível

esta será, havendo assim a necessidade maiores estratégias de conservação (DE MOURA, 2022).

Tabela 4. Características físico-químicas de sururu *in natura* coletados na Costa amazônica maranhense, em porcentagem, nos períodos seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, Brasil.

Parâmetros físico-químicos								
Amostras	Período de Chuva				Período de seca			
	pH	Lipídeos	Umidade	Cinzas	pH	Lipídeos	Umidade	Cinzas
Médias	6,2±0,2 _a	5,8±2,6 a	63,6±7,5a	25,1±11,2 _a	5,7±0,4a	5,7±1,9a	54,9±9,8b	21,6±10,2a

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

O teor de lipídios encontrado foi inferior ao obtido por De Rosa (2020), em que seus produtos derivados de pescados foram de 4,53% ± 1,14 (hambúrguer) e 8,06 %± 6,9803 (linguiça). Esses valores podem estar mais elevados por serem composições e apresentam aditivos (GONÇALVES, 2011). Neste estudo, não houve diferença significativa entre os períodos de chuva e de seca, considerando que a média no período de chuva foi de 5,8±2,6% e no período de seca de 5,7±1,9 %, para lipídeo. Salles *et al.* (2017), em sua pesquisa com sarnambi verificou o teor de lipídios entre 3% e 2,68%, segundo o autor esses valores são característicos de alimentos à base de pescado. A composição lipídica está associada à alimentação desses organismos, assim, essa diferença nutricional pode ser devida ao local de captura, temperatura da água, estação do ano e especialmente a qualidade e quantidade do fitoplâncton disponível no habitat do organismo (ORBAN *et al.*, 2006). Segundo De Moura (2022), os valores de lipídios em moluscos são comumente baixos, logo que estes têm baixo valor calórico (DE MOURA, 2020)

Conclusões

Os dados obtidos evidenciam que a qualidade microbiológica da carne de sururu é em sua maioria satisfatória, no entanto em alguns pontos mostrou-se inadequada devido a presença de microrganismos patogênicos, evidenciando riscos para a saúde pública. Referente a qualidade físico-química do sururu *in natura* coletados em diversos pontos da Ilha do Maranhão é satisfatória, com umidade dentro dos padrões estabelecidos e baixo teor de lipídeos.

Referências

- ARAGÃO, Breno Bezerra; TRAJANO, Sabrina Cândido. Principais bactérias patogênicas veiculadas por pescado e derivados. Livro: Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas – v. 3, p. 208-225. CAP. 16. 2022.
- BALLAL, M., SHETTY, V., RODNEY, S., PRABHU, M., AND UMAKANTH, S. *Vibrio furnissii*, an emerging pathogen causing acute gastroenteritis: a case report. **JMM case reports**. 4. 2017.
- BANDEIRA, IRIS CELESTE NASCIMENTO (Org.). (2013). Geodiversidade do Estado do Maranhão. Teresina: CPRM. 294 p.
- BARBOSA, C. A. CONCEIÇÃO, T. A., BALIZA, M. D., CAMILO, V. M. A., JUIZ, P. J. L., & SILVA, I. M. M. Presença de genes de virulência em isolados de *Escherichia coli* provenientes de sururu *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819) comercializado. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, p. 625-628, 2018.
- BIERSCHENK, D. BOUCHER, D., & SCHRODER, K. Salmonella-induced inflammation activation in humans. **Mol. Immunol.** 2017, 86, 38–43. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2016.11.009>. Acesso em 27 out. 2023.
- BRASIL. Decreto Nº 9.013, de 29 de março de 2017. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 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 a Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Brasília: Ministério da Agricultura. 2017.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2012). Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB), estabelece os procedimentos para a sua execução e dá outras providências (Instrução normativa interministerial MPA/MAPA nº 7, de 8 de maio de 2012). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.
- BRITO, D.J.C. Risco à qualidade do pescado da Costa Amazônica Maranhense. **Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas- RESMA**, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.
- CABRAL, D.S.; BARBIRATO, J.O.; ARPINI, C.M.; BARCELLOS, B.D.; RUAS, K.F.; DOBBSS, L.B. Microbiological monitoring of water and *Crassostrea* rhizophorae in a mangrove ecosystem in Brazil. **African Journal of Microbiology Research**, v. 11, n. 30, p. 1211-1217, 2017. DOI: 10.5897/ajmr2017.8592.
- CABRAL, M.L. 2015 Avaliação da contaminação microbiológica e da resposta ao stress ambiental em moluscos bivalves da Ria Formosa. Faro. 57 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve. Disponível em: ><https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/7689/1/Tese%20Marina%20Cabral.pdf>>. Acesso em: 13 de out/2023.
- CAEMA (2017). Comissão Central Permanente De Licitação – CCL. Edital RDC Presencial nº 005/2017-CCL/MA – Processo Administrativo nº 51220/2017
- CHAI, S. J.; GU, W.; O'CONNOR, K. A.; GU, W., O'CONNOR, K. A., RICHARDSON, L. C., & TAUXE, R. V. Incubation periods of enteric illnesses in foodborne outbreaks, United States, 1998–2013. **Epidemiology and Infection**, v. 147, p. 1-7, 2019.

CRUZ, A. A. Elaboração e composição físico-química de patê de marisco (*Anomalocardia brasiliana*). 2019.

DE MOURA, J. L.; DOS SANTOS, I. I., DE OLIVEIRA, L. F. A., DE OLIVEIRA, L. L., & GUIMARÃES, A. K. V. Análise bromatológica dos moluscos *Prisodoncorrugatus* e *Prisodonobliquus*. **Conjecturas**, v. 22, n. 5, p. 632-639, 2022.

DE ROSA, K. R., DA SILVA, A. A., FERREIRA, R. X., STELATTO, D. S., CARDOSO, D. A., SCABORA, M. H., & CASSOL, L. A. Elaboração, caracterização físico-química e microbiológica de produtos do Pirarucu. **BrazilianJournalofDevelopment**, v. 6, n. 3, p. 10566-10585, 2020.

DE SOUSA, C. B., COSTA, F. N., DA SILVA ALMEIDA FUNO, I. C., FREITAS, A. S., & BARROS, T. M. Qualidade microbiológica de ostras e de águas em manguezais de macromaré da costa amazônica (ilha do Maranhão, MA), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 28, p. e20220051, 2023.

DO NASCIMENTO, A. V. R., DOS SANTOS TEIXEIRA, R., DA SILVA SANTOS, N., DOS ANJOS SOUZA, W. R., & FIGUEIREDO, E. L. Avaliação microbiológica de carne de mexilhão (*pernaperna*) comercializadas em feiras livres nas cidades de Belém e Castanhal-Pará. 2019.

DOI, S. A.; OLIVEIRA, A. J. F. C.; BARBIERI, E. Determinação de coliformes na água e no tecido mole das ostras extraídas em Cananéia, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 111-118, 2015.

EVANGELOPOULOU, G., KRITAS, S., CHRISTODOULOPOULOS, G., & BURRIEL, A. R. The commercial impact of pig *Salmonella* spp. infections in border-free markets during an economic recession. **Vet. World**, 2015, 8, 257–272.

FEITOSA, A.C., RODRIGUES, R.M., TORRES, E.A.T., SILVA, J.F.M. *Staphylococcus aureus* em alimentos. **Revista Desafios**, v. 4, n. 4, p. 15-31, 2017. DOI: 10.20873/ufv.2359-3652.2017v4n4p15.

FIGUEIREDO, J.F.; RIBEIRO, S.C.A.; PAULA, M.T.; PONTES, A.N. Determinação da concentração de coliformes totais e termotolerantes na água de cultivo de ostras do mangue (*Crassostrea rhizophorae*) em região estuarina. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 3488-3498, 2015.

FIGUERAS, M.J.; LATIF-EUGENIN, F.; BALLESTER, F.; PUJOL, I.; TENA, D.; BERG, K.; HOSSAIN, M.J.; BEAZ-HIDALGO, R.; LILES, M.R. 'Aeromonas intestinalis' and 'Aeromonas enterica' isolated from human faeces, 'Aeromonas crassostreae' from oyster and 'Aeromonas aquatilis' isolated from lake water represent novel species. **New Microbes and New Infections**, v. 15, p. 74-76, 2017. DOI: 10.1016/j.nmni.2016.11.019.

FOGAÇA, F. D. S.; LEGAT, A. P.; PEREIRA, A. M. L.; LEGAT, J. F. A. **Métodos para análise de pescados**. Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E), 2009.

FREIRE, D. F. L. Doenças transmitidas por alimentos, tendo como agente causal a Salmonella SPP: uma revisão. Cuité-PB, CES-UFCG, 2018. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/6792/DAYANNE%20FEITOSA%20LEAL%20FREIRE%20TCC%20BACHARELADO%20EM%20FAR>>

M%c3%81CIA%20CES%20%202018.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 27 out 2023.

FREITAS, F., DOS SANTOS, M. L., NEIVA, G. S., DA SILVA, I. D. M. M., & AMOR, A. L. M. Qualidade sanitária de sururu (*Mytella aguanensis*) beneficiado por comunidade quilombola. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, n. 2, 2015.

GALVÃO, J.A.; OETTTERER, M. **Qualidade e Processamento do Pescado**. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 237p.

GIRÁLDEZ FERNÁNDEZ, J. **Evaluación de la incidencia de tetrodotoxina en moluscos bivalvos asociada a la presencia de Vibrio spp. en las Rías Gallegas**. 2023. Tese de Doutorado. Dpto. Externo.

GOMES, K. S., Saldanha, G. K. M. S., Silva, R. M. L., Lima, R. P., Soares, A. C. B., & da Silva Soares, V. Microbiological quality of Sururu meat (*Mytella falcata*) commercialized in the City of São Luís-MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 9041-9049, 2021.

GOMES, L.O.; MATOS, H.J.; SILVA, M.C.M.; LOUREIRO, E.C.B.; MACARENHAS, J.D.P.; GABBAY, Y.B.; ROCHA, D.C.C. Aspectos epidemiológicos das enteroinfecções bacterianas em menores de 5 anos de idade em Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, v. 8, n. 4, p. 35-43, 2017. <https://doi.org/10.5123/s2176-62232017000400008>.

GONÇALVES, A.A.; Tecnologia do Pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Ed. Atheneu, 2011. 624p.

GRISE, N.M.F.; DUARTE, E.A.A.; OLIVEIRA, T.A.S.; LEAL, V.C.; BARRETO, N.S.E. Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from oysters from two estuaries in Baixo Sul, Bahia, Brazil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13300-13313, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-264>.

HAMID, S. A.; HALIM, N. R. A.; SARBON, N. M. Optimization of enzymatic hydrolysis conditions of Golden Apple snail (*Pomacea canaliculata*) protein by Alcalase. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 4, p. 1615, 2015.

HUNG, Y. T., LAY, C. J., WANG, C. L., & KOO, M. Characteristics of nontyphoidal gastroenteritis in Taiwanese children: A 9-year period retrospective medical record review. **J. Infect. Public Health** 2017, 10, 518–521. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.09.018>>. Acesso em: 27 out. 2023.

IGBINOSA I, IGUMBOR E, AGHDASI F, TOM M, OKOH A. Emerging *aeromonas* species infections and their significance in public health. *Sci World J* 2012, <http://dx.doi.org/10.1100/2012/625023>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos para Análise de Alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JARONI, D. Salmonella typhi. **Encyclopedia of Food Microbiology**, v. 3, p. 349- 352, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00296-2>.

KOBLITZ, M.G.B. Matérias-primas alimentícias: composição e controle de qualidade. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.314p.

KOMATSU, R. S.; RODRIGUES, M. A. M.; LORENO, W. B. N.; SANTOS, K. A. OCORRÊNCIA DE *Staphylococcus coagulase positiva* EM QUEIJOS MINAS FRESCAL PRODUZIDOS EM UBERLÂNDIA-MG. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, p. 316-321, 2010.

LEÔNICIO, G. G., FERREIRA, E. M., DA SILVA LOPES, I., PEREIRA, L. E. C., ARECO, A. E. T., BARBOSA, K. F. D., & ALVES, L. M. C. Aspectos higiênico-sanitários e químicos do Sururu (*Mytella falcata*) desconchado comercializado em feiras e mercados públicos de São Luís-MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5848-5858, 2020.

LINTZMAIA, D. J. H., DA SILVA REBELATTO, I., DOS SANTOS, A. D. R., COSTA, S. B. D., RITTER, D. O., & LANZARIN, M. Bactérias emergentes na qualidade nutricional do pescado. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, p. 95657-95662 oct. 2021.

LOPES, A. C. A., MARTINS, L. M., GATTI, M. S. V., FALAVINA DOS REIS, C. M., HOFER, E., & YANO, T. O surto de diarreia em Pernambuco, Brasil é associado com uma enterotoxina citotóxica termo-estável produzida por *Aeromonas caviae*. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 57, p. 349-351, 2015.

LOPES, A.C.A.; MARTINS, L.M.; GATTI, M.S.V.; FALAVINA DOS REIS, C.M.; HOFER, E.; YANO, T. Diarrhea outbreak in Pernambuco, Brazil, associated with a heat-stable cytotoxic enterotoxin produced by *Aeromonas caviae*. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 57, n. 4, p. 349-351, 2015. <https://doi.org/10.1590/s0036-46652015000400013>.

LOPES, B. C. Análises bacteriológicas de vibrios e exame presuntivo no camarão (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema semi-intensivo de baixa salinidade. MOSSORÓ/RN-BRASIL, março 2020.

MAFRA JF, MARQUES VF, CARNEIRO CS, OLIVEIRA TAS, EVANGELISTA-BARRETO NS. Avaliação da qualidade microbiológica de moluscos bivalves processados e comercializados em Maragogipe, Estado da Bahia, Brasil. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**. 2016; 4 (2): 39-43.

MARKOV, G., KIROV, G., LYUTSKANOV, V. and KONDAREV, M., 2007. Necrotizing Fasciitis and Myonecrosis due to *Aeromonas hydrophila*. **Wounds: a Compendium of Clinical Research and Practice**, vol. 19, no. 8, pp. 223-226. PMID:26110366.

MATA, E.R. Elaboração de linguiça fresca de carne da tilápia (*Oreochromis niloticus*), análise microbiológica e físico-química. 34f. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia de Alimentos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí-Campus Teresina Central, Piauí, 2017.

NASCIMENTO, V. F. S.; ARAÚJO, M. F. F. 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.

NEWMAN, L.; BARBOSA, A. C., LEITE, A. M. O.; Souza, M. D. P.; Molisani, M. M. Caracterização Química E Microbiológica De Moluscos Bivalves Coletados, Cultivados

E Comercializados Na Costa Do Estado Do Rio De Janeiro. **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, 2021, 54 (1): 122 – 134.

NEYTS K, HUYS G, UYTENDAELE M, SWINGS J, DEBEVERE J. Incidence and identification of mesophilic *Aeromonas* spp. from retail foods. **Lett Appl Microbiol** 2000;31:359—63.

NUERNBERG, S. S., DE QUADROS, R. M., MARQUES, S. M. T., DE AGUIAR BOFF, L., & DE LIMA MIGUEL, R. Análise microbiológica em ostras (bivalvia, ostreidae) de ambiente natural em laguna, Santa Catarina, Brasil. **Science And Animal Health**, v. 9, n. 3, p. 200-215, 2021.

PESSÔA, H. de L. F.; CONCEIÇÃO, M. L. da; PAZ, A. M. R. da; SILVA, A., B. A. da; COSTA, M. J. de C. Assessment of Nutrient Value and Microbiological Safety of *Pomacea lineata*. **Journal of medicinal food**, v. 18, n. 7, p. 824-829, 2015.

RANGEL, M.E.S.; PEREIRA, C.R.P.; SOUZA, U.D.V. Dinâmica socioambiental da área da Baía do Rio Paciência, porção nordeste da Ilha do Maranhão/MA. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4884-4891.

RIBEIRO, E.B.; BASTOS, L.S.; GALENO, L.S.; MENDES, R.S.; GARINO JR., F.; CARVALHO-NETA, R.N.F.; COSTA, F.N. Integrated assessment of biomarker responses and microbiological analysis of oysters from São Luís Island, Brazil. **Mar. Pollut. Bull.**, v. 113, p. 182-186, 2016.

RIBEIRO, E.B.; NOLETO, K.S.; OLIVEIRA, S.R.S.; JESUS, W.B.; SERRA, I.M.R.S.; ALMEIDA, Z.S.; ANDRADE, T.S.O.M.; SOARES, R.A.; ANTONIO, Í.G.; SANTOS, D.M.S.; JORGE, M.B.; NETA, R.N.F.C. Biomarkers (glutathione S-transferase and catalase) and microorganisms in soft tissues of *Crassostrea rhizophora* to assess contamination of seafood in Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 158, p. 1-10, 2020. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111348.

SALDANHA, G. K. M. S., GOMES, K. S., SILVA, R. M. L., LIMA, R. P., & SOARES, A. C. B. Coliformes e Enterococcus sp. em carne de Sururu (*Mytella* sp.) comercializada em Feiras de São Luís-MA. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 6, p. 46760-46779, 2022.

SALLES PBD, MACEDO YB, FIGUEIREDO E L. Caracterização físico-química e microbiológica da carne do molusco Bivalve Sarnambi (*Phacoidespectinitus*) coletado nas praias em Algodual e Salinópolis, no Pará. **bras. Tecnol. Agroindustr Rev.** 2017 Jun; 2245-2261, doi: 10.3895/rbta.v11n1.2907.

SALLES, P.; MACEDO, Y.; FIGUEIREDO, E. Caracterização físico-química e microbiológica da carne do molusco Bivalve Sarnambi (*Phacoidespectinitus*) coletado nas praias em Algodual e Salinópolis, no Pará. **R. bras. Tecnol. Agroindustr.** Ponta Grossa, v. 11, n. 1: p. 2245-2261, jan./jun. 2017.

SANDE D, MELO TA, OLIVEIRA GSA, BARRETO L, TALBOT T, BOEHS G, ANDRIOLI JL. Prospecção de moluscos bivalves no estado da poluição dos rios Cachoeira e Santana em Ilhéus, Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science Rev.** 2010 Jun; 47(3), 190-196, doi: 10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2010.26854.

- SANTIAGO, J. A. S. **Pathogenic bacteriarelatedtoingestionoffish – A review**. Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2013, 46(2): 92 – 103.
- SANTOS, T. P., *et al.* Presenceof*Staphylococcus aureus*andenterotoxigenic*Staphylococcus*in fishandseafoodmarketed in Brazil. **Food Control**, 84, 196-200, 2018.
- SCHIRMEISTER F, WIECZOREK A, DIECKMANN R, TAURECK K, STRAUCH E. Evaluationof molecular methodstodiscriminatethecloselyrelatedspecies *Vibriofluvialis* and *Vibriofurnissii*. **Int J Med Microbiol**. 2014;304:851–857. doi: 10.1016/j.ijmm.2014.09.001.
- SHAO, J.Z., LIU, J. and XIANG, L.X., 2004. *Aeromonashydrophilainducedapoptosis* in *Carassiusauratus*lymphocytes in vitro. **Aquaculture**, vol. 229, no. 1-4, pp. 11-23. [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00364-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00364-8).
- SILVA JUNIOR, E. A. Manual de Controle Higiênico-Sanitário em Serviços de Alimentação. 6. ed. São Paulo: Varela, 2012.
- SILVA, B.R.; MENEGARDO, S.B.; ARIDE, P.H.R.; LAVANDER, H. D.; SPAGO, F.R.; SOUZA, T. B. Qualidade microbiológica da água e dos mexilhões Perna perna (Linnaeus, 1758) cultivados em Piúma, Espírito Santo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n 1, p. 89-95, 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220180169.
- SILVA, H.S.; MEDEIROS, K.; MIOTTO, M.; BARRETA, C.; VIEIRA, C.R.W. Occurrenceof*Vibrioparaahaemolyticus* in oysters (*Crassostrea gigas*) andmussels (Perna perna) oftheseacoastof Santa Catarina, Brazil. **AfricanJournalofMicrobiologyResearch**, v. 10, n. 33, p. 1322-1327, 2016. <https://doi.org/10.5897/AJMR2015.7873>.
- SILVA, Isael Gomes; VIANA, Michael Barbosa. Implantação de sistema de esgotamento sanitário no bairro Vila Epitácio Cafeteira–trecho da Bacia do rio Santo Antônio–no município de Paço do LUMIAR/MA. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales (RCCS)**, n. 7, p. 122, 2019.
- SILVEIRA, D. R., MILAN, C., ROSA, J. V. D., & TIMM, C. D. Fatores de patogenicidade de *Vibrio* spp. de importância em doenças transmitidas por alimentos. **Arq. Inst. Biol.**, v.83, 1-7, e1252013, 2016.
- SOARES, Karoline Mikaelle de Paiva; GONÇALVES, Alex Augusto. Qualidade e segurança do pescado. **RevInst Adolfo Lutz**. São Paulo, 2012; v.71, n.1, p. 1-10.
- SOUZA, C. O.; MELO, T. R. B.; MELO, C. S. B.; *et al.* *Escherichia coli*enteropatogênica: uma categoria diarreioigênica versátil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 2, p. 79-91, 2016.
- SOUZA, R.V.; PETCOV, H.F.D.; NOVAES, A.L.T. O Programa Nacional Higiênico Sanitário de Moluscos Bivalves e os caminhos para a regularização. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 1, p. 44-47, 2015.
- TEIXEIRA, J. C., OLIVEIRA, G.S., VIALI, A. M., MUNIZ, S. S.; Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Eng. sanit. Ambient.** v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014.
- ZHANG, Q.; SHI, G.; TANG, G.; ZOU, Z.; YAOC, G.; ZENG, G. A foodborneoutbreakof*Aeromonashydrophilain* a college, Xingyi City, Guizhou, China.

Western Pacific Surveillance and Response Journal, v. 3, n. 4, p. 39-43, 2012.
<https://doi.org/10.5365/wpsar.2012.3.4.018>

CAPÍTULO IV

**Susceptibilidade antimicrobiana de microrganismos isolados de carne de sururu
(*Mytella charruana*) na Ilha do Maranhão, Costa Amazônica do Maranhão.**

Antimicrobial susceptibility of microorganisms isolated from sururu (Mytella charruana) on the Island of Maranhao, Amazon Coast of Maranhão.

Brito, D.J.C; Chagas, M.L.S; Vieira, S.R.C.S; Silva, R. L; Costa, F.N.

Resumo

A pesca extrativa de moluscos bivalves, como o sururu, é uma atividade econômica crucial para comunidades ribeirinhas. No entanto, o descarte inadequado de água residual e poluentes na bacia hidrográfica litorânea da Ilha de São Luís, se apresenta como uma ameaça. Isso favorece o desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus* coagulase positiva. A seleção de cepas de bactérias resistentes e multirresistentes, devido a poluição e principalmente ao uso indiscriminado de antibióticos na medicina humana e na medicina veterinária, na produção animal e na agricultura, tem sido cada vez mais freqüente, tornando-se um grave problema de saúde pública. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a suscetibilidade antimicrobiana das cepas bacterianas isoladas de amostras de carne de sururu (*Mytella charruana*), frente a diferentes antimicrobianos de uso clínico. Os isolados de *Escherichia coli* (11), *Salmonella* spp (2), *Staphylococcus* coagulase positiva (9), *Aeromonas* sp (5) e *Vibrios* sp (2) foram avaliados quanto a sua suscetibilidade antimicrobiana, por meio do teste de disco-difusão. Foram utilizados dez antimicrobianos para *Escherichia coli*, sete para *Salmonella* spp. e oito para *Staphylococcus* coagulase positiva. Esses antimicrobianos pertencem as classes de fluoroquinolonas, tetraciclina, macrolídeos e lincosamidas, penicilinas, cefalosporinas, aminoglicosídeos e carbapenêmicos. Os resultados demonstraram que 72,72% (8) dos isolados de *E.coli* apresentaram resistência e dentre estes, 75% foram multirresistentes aos antibióticos testados. Enquanto que os isolados de *Staphylococcus* coagulase positiva também apresentaram resistência e 66,66% apresentaram multirresistência aos princípios ativos testados. Já a *Salmonella* spp. não apresentou resistência a nenhum dos antimicrobianos testados. Dessa forma, este trabalho mostrou que esses microrganismos representam risco à saúde pública, destacando o saneamento básico e o descarte adequado de resíduos antimicrobianos como pontos-chave para prevenir a contaminação de ambientes aquáticos e a disseminação de bactérias resistentes, considerando que a poluição se configura um dos principais fatores para a pressão seletiva e aparecimento de bactérias multirresistentes. A luta contra a resistência antimicrobiana requer colaboração entre governos, instituições de pesquisa, organizações da saúde e o setor privado. Integrar a pesquisa sobre resistência antimicrobiana com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS promoverá uma abordagem holística para enfrentar os desafios relacionados à saúde pública e a segurança alimentar.

Palavra-chave: Bioindicadores, Bivalves, Enterobactérias, Resistência.

Abstract

The extraction of bivalve mollusks, such as sururu, is an essential commercial activity for riverine communities. However, improper disposal of wastewater and pollutants in the coastal hydrographic basin of Sao Luis Island represents a threat by favoring the growth of pathogenic microorganisms such as *Escherichia coli*, *Salmonella*

spp., and positive coagulase *Staphylococcus* sp. The selection of resistant and multi-resistant strains due to pollution and the widespread use of antibiotics in medical practice, veterinary practice, animal production, and agriculture has become increasingly common and a significant public health issue. This study aims to evaluate the susceptibility of bacteria strains isolated from sururu meat (*Mytella charruana*) to antimicrobial agents used in clinical practice. The antimicrobial susceptibility of isolated strains of *Escherichia coli* (11), *Salmonella* spp. (2), positive coagulase *Staphylococcus* (9), *Aeromonas* sp. (5), and *Vibrios* sp. (2) was tested through the disk diffusion test. Ten antimicrobial agents were used for *Escherichia coli*, seven for *Salmonella* spp., and eight for positive coagulase *Staphylococcus*. These antimicrobial agents belong to the classes of Fluoroquinolones, Tetracyclines, Macrolides and Lincosamides, Penicillin, Cephalosporins, Aminoglycosides, and Carbapenems. Results showed that 72.72% (8) of the isolated *E.coli* strains showed resistance, and that 75% (6) of those were multi-resistant to the antibiotics tested. Positive coagulase *Staphylococcus* strains also showed resistance, and 66.66% showed multi-resistance to the active principles tested. *Salmonella* spp. strains did not show resistance to any of the antimicrobial agents tested. This study shows that these microorganisms are a risk to public health. We highlight basic sanitation and proper antimicrobial waste disposal as key measures to prevent the contamination of aquatic environments and the spread of resistant bacteria, considering that pollution is one of the main processes behind the selective pressure and emergence of multi-resistant bacteria. The fight against antimicrobial resistance requires collaboration between governments, research institutions, health organizations, and private entities. Integrating research on antimicrobial resistance with Sustainable Development Goals can represent a holistic approach to face public health and food safety challenges.

Keywords: Bioindicators, Bivalve, Enterobacteria, Resistance.

1. INTRODUÇÃO

O Maranhão, segundo maior estado da região Nordeste e com o segundo maior litoral do Brasil, apresenta uma grande diversidade de ecossistemas, incluindo a floresta amazônica e as praias ao longo do oceano Atlântico (MASULLO, 2018). Essas

características favorecem o extrativismo de moluscos bivalves, uma importante atividade econômica para várias comunidades locais.

No litoral maranhense, a extração de moluscos desempenha um papel fundamental na complementação da renda das famílias de pescadores (PEREIRA *et al.*, 2017). Entre as principais espécies consumidas na região, destaca-se o sururu (*Mytella charruana*), amplamente apreciado em pratos típicos. Por serem animais filtradores, os moluscos bivalves são também importantes bioindicadores de qualidade ambiental (WANG, 2017). Assim, o descarte irregular de água residual, esgoto e poluentes na bacia hidrográfica litorânea representa um risco para as características naturais e para a qualidade dos habitats de estuários, áreas costeiras e manguezais. Essa contaminação pode afetar os gêneros alimentícios marinhos, especialmente os bivalves, favorecendo a proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos, que podem causar intoxicações e infecções alimentares (MUSTAFA & SHAPAWI, 2015; RUBINI *et al.*, 2018).

Neste sentido, destaca-se como bactérias patogênicas mais preocupantes, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp., frequentemente associadas a surtos alimentares (FINGER *et al.*, 2019). A *Escherichia coli* é um dos contaminantes microbiológicos mais comuns em alimentos e um dos principais parâmetros para avaliar as condições higiênico-sanitárias dos produtos de origem animal. Sua presença indica contaminação fecal durante o manuseio do alimento (FORSYTHE, 2013). Já *Salmonella* sp. está relacionada a diversas complicações, sendo comumente encontrada na água, no solo e em animais, tanto humanos quanto não humanos, incluindo pescados (CDC, 2013).

Outras bactérias de relevância na microbiologia dos pescados incluem os *Staphylococcus* sp., cuja presença em pescados indicam manuseio inadequado e está diretamente relacionada à higiene dos manipuladores e dos utensílios, visto que esses microrganismos são naturalmente encontrados na pele e mucosas de humanos e animais (ROCHA *et al.*, 2013). As bactérias do gênero *Vibrio*, Gram-negativas e frequentemente presentes em ambientes marinhos, também podem ser encontradas em moluscos bivalves e crustáceos. Algumas espécies de *Vibrio* são capazes de causar gastroenterite e sepse em humanos (BAKER-AUSTIN, 2017; BRITO, 2023). Quanto as bactérias pertencentes ao gênero *Aeromonas* spp., estas também são comuns em ambientes aquáticos e podem causar infecções veiculadas por pescados, destacando-se as espécies, *Aeromonas hydrophila* e *Aeromonas veronii biovar sobria* como as mais frequentes (SCHUETZ, 2019).

Os antimicrobianos, incluem compostos sintéticos, quimioterápicos, naturais ou semissintéticos, antibióticos e outros produtos com atividade antibacteriana, antifúngica, antiviral e antilástica, desempenham papel crucial no combate a infecções (ALTERTHUM, 2015). A introdução de novos fármacos tem trazido melhorias significativas nos tratamentos de infecções, com uma redução expressiva nas taxas de mortalidade e morbidade associadas a várias doenças (BEZERRA *et al.*, 2017). No entanto, o uso indiscriminado de antibióticos na medicina, na produção de alimentos para animais e na agricultura tem contribuído para o surgimento de bactérias multirresistentes (PINTO *et al.*, 2018).

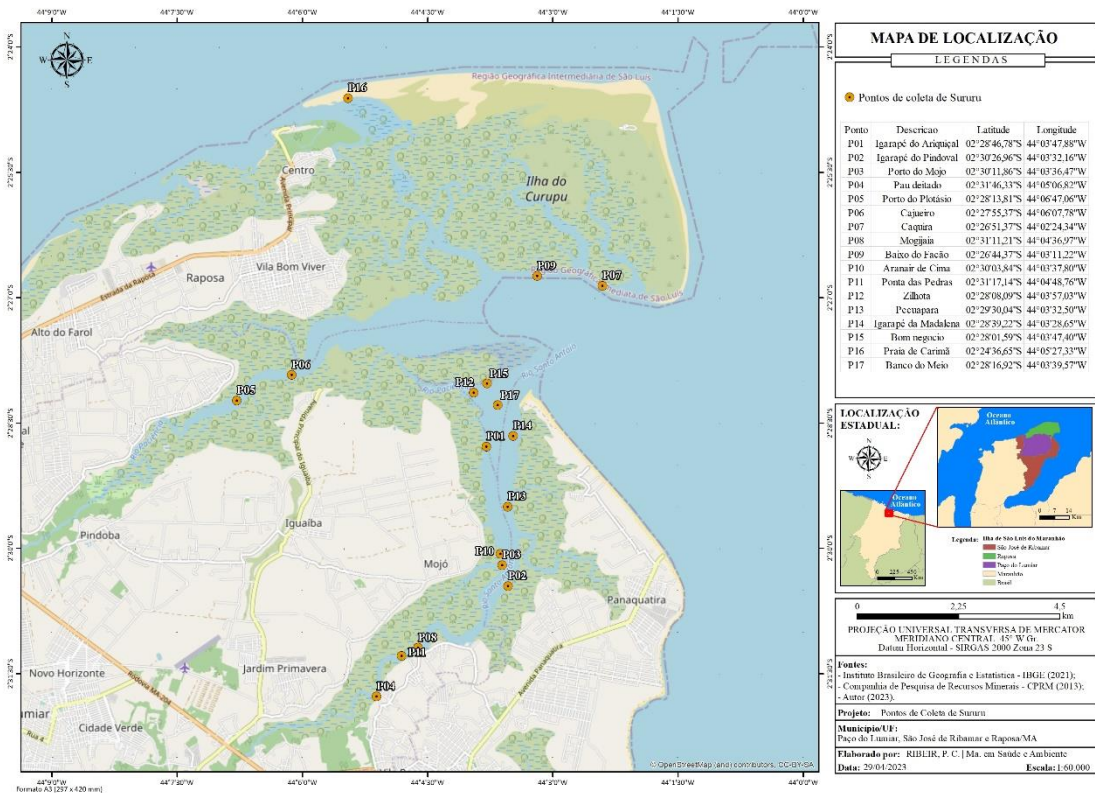
A Organização Mundial da Saúde (OMS) considera a resistência antimicrobiana (RAM) uma das 10 maiores ameaças à saúde pública mundial. A RAM é um problema global que afeta humanos, animais e o ambiente. Ela ocorre quando os microrganismos evoluem e se tornam resistentes aos antibióticos, antifúngicos e antivirais, o que dificulta o tratamento de infecções. A resistência antimicrobiana tornou-se, assim, um dos principais problemas de saúde pública da atualidade. Nesse contexto, a realização de testes de susceptibilidade antimicrobiana é fundamental para identificar a resistência bacteriana e os riscos que ela representa, especialmente em infecções alimentares. Com base nessas considerações, o objetivo desta pesquisa foi verificar a susceptibilidade antimicrobiana de cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Staphylococcus* sp., *Vibrio* sp. e *Aeromonas* sp., isoladas de carne de sururu (*Mytella charruana*), frente a diferentes antimicrobianos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras bacterianas

As cepas utilizadas neste estudo foram previamente isoladas, segundo a metodologia prescrita pela Instrução Normativa nº 30 de 26 de junho de 2018, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018), do sururu *in natura* (*Mytella charruana*), oriundos de 17 bancos e igarapés de extração de moluscos bivalves da Ilha do Maranhão (**Figura 1**), Costa Amazônica Maranhense, em período de chuva e período de seca. O estudo foi conduzido com 11 isolados de *Escherichia coli*, 2 isolados de *Salmonella* sp., 5 isolados de *Aeromonas* sp., 9 isolados de *Staphylococcus* sp. positivo e 2 isolados de *Vibrio* sp.

Figura 1. Pontos de coleta de sururu “*in natura*” na Ilha do Maranhão, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

2.2 Teste de difusão

Para as análises de susceptibilidade das bactérias isoladas do sururu *in natura* a diferentes antimicrobianos, foi realizada a técnica de disco-difusão seguindo as normas do Instituto de Padronização Clínica e Laboratorial (BRCAST, 2017). O teste consistiu na inoculação das bactérias de cultivo utilizando a turvação correspondente ao tubo 0,5 da escala de Mac Farland em placas contendo Ágar Mueller Hinton (MHA) e posterior adição dos discos de antibiograma.

2.2.1 Adição dos discos de antibióticos

Logo após a semeadura foi feita a adição de discos de antibióticos contendo:

Para *E. coli*: **Penicilinas**: amoxicilina (10 µg), ampicilina (10µg); **Cefalosporinas**: cefalexina (30 µg), cefoxitina (30 µg), cefotaxamina (30 µg), cefepime (30 µg); **Quinolonas**: ciprofloxacina (5µg); **Carbapenêmico**: meropenem (10µg), Imipenem (10 µg); **Aminoglicosídeos**: gentamicina (10µg).

Para *Salmonella* spp: **Penicilinas**: Ampicilina (10µg); **Quinolonas**: ciprofloxacina (5µg), norfloxacina (10µg), ácido nalidíxico (30µg); **Cefalosporinas**: ceftriaxona (30µg); **Tetraciclina**: tetraciclina (30µg); **Anfenicóis**: cloranfenicol (30µg).

Para *Staphylococcus* sp: **Cefalosporinas:** Ceftriaxona (30 µg), cefoxitina (30 µg), **Tetraciclina:** tetraciclina (30µg); **Lincosamidas:** clindamicina (2 µg), **Sulfamidas:** sulfametoxazol/trimetoprima (25 µg); **Macrólidos:** eritromicina (15 µg); **Quinolonas:** ciprofloxacina (5µg).

Para *Aeromonas* sp: **Sulfamidas:** Sulfametoxazol/trimetoprima (25 µg), **Quinolonas:** ciprofloxacina (5µg), **Cefalosporinas:** cefepime (30 µg);

Para *Vibrio* sp: **Carbapenêmico:** Meropenem (10µg), **Quinolonas:** ciprofloxacina (5µg), **Sulfamidas:** sulfametoxazol/trimetoprima (25 µg).

2.2.2 Caracterização de Resistência ou Sensibilidade

Após a adição dos discos, as placas foram incubadas a 37 °C por 24 h. Em seguida, medidos em milímetros os halos de inibição e os resultados foram interpretados em sensíveis, intermediários ou resistentes, de acordo com critérios estabelecidos nas tabelas de ponto de corte presentes nas normas do Instituto de Padronização Clínica e Laboratorial (BRCAST, 2017) e a classificação em microrganismos multirresistentes (MDR) conforme a definição da ANVISA (2021), em que microrganismo resistente a três ou mais classes de antimicrobianos é considerado multirresistente. Para calcular o índice MAR (múltipla resistência a antimicrobianos), foi utilizada a relação N/n, em que ‘N’ é o número de antimicrobianos a que o isolado foi resistente e ‘n’ número de antimicrobianos a que o isolado foi exposto. Os valores maiores que 0,17 (17%) indicam multirresistência (KRUMPERMAN, 1983).

2.3 Análise estatística

Para verificar o percentual de ocorrência de resistência e sensibilidade no período seco e chuvoso nos diferentes municípios, aplicou-se o Teste do Qui-quadrado com correção Yates. Para tal, utilizaram-se os programas Graph padPrism 8.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Do total de 29 cepas bacterianas submetidas ao teste de sensibilidade antimicrobiana, sendo 11 isolados de *Escherichia coli*, 2 isolados de *Salmonella* sp, 5 isolados de *Aeromonas* sp, 9 isolados de *Staphylococcus* coagulase positivo e 2 isolados de *Vibrio* sp. 22 (75,86%) apresentaram resistência a pelo menos um antibiótico, não havendo diferença significativa na proporcionalidade de resistência e sensibilidade entre os municípios e as estações estudadas, logo que o $P > 0,05$.

3.1 *Escherichia coli*

Dos 11 (100%) isolados de *Escherichia coli*, identificou-se 2 sorovares distintos abrangidos pelo sistema Bactray I. Dentre estes, 3 (27, 27%) foram sensíveis a todos os antimicrobianos, indicando alta probabilidade de sucesso terapêutico, quando utilizado na dosagem recomendada e 8 (72,73%) apresentaram resistência a pelo menos a um antibiótico (**Tabela 1**). Conforme pesquisa realizada por Sampaio (2013), em que 17 cepas de *E. coli* isoladas do sururu *in natura* foram resistentes a tetraciclina, a ampicilina e ao sulfametoxazol-trimetropin.

Tabela 1. Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *E. coli* isolada de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

Classe	Antimicrobianos	Número de isolados(N)			Total
		Resistente	Intermediário	Sensível	
Penicilina	Amoxicilina	4 (36,36%)	0 (0%)	7 (63,63%)	11
	Ampicilina	5 (45,45%)	0 (0%)	6(54,54%)	11
Cefalosporina	Cefalexina	2 (18,18%)	0 (0%)	9 (81,81%)	11
	Cefepime	1 (9,09%)	0 (0%)	10 (90,90%)	11
	Cefotaxima	0 (0%)	1 (9,09%)	10(90,90%)	11
	Cefoxitina	0(0%)	0(0%)	11(100%)	11
Quinolona	Ciprofloxacina	5(45,45%)	2 (18,18%)	4(36,36%)	11
Aminoglicosídeos	Gentamicina	3 (27,27%)	0 (0%)	8 (72,72%)	11
Carbapenêmicos	Imipenem	3 (27,27%)	0 (0%)	8 (72,72%)	11
	Meropenem	0(0%)	0(0%)	11(100%)	11

N(%):Número de bactérias que apresentam resistência ou sensibilidade e respectiva porcentagem.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

As classes de antimicrobianos dos quais a *E. coli* foi multirresistente, foram carbapenêmicos, penicilinas, fluoroquinolonas, cefalosporinas e aminoglicosídeos (BRCAS, 2017). A resistência a estes antibióticos pode prejudicar o tratamento de infecções, reduzir as opções terapêuticas, aumento dos custos de saúde e riscos para a saúde pública (MARKEY *et al.*, 2013). Sabe-se que os tratamentos antibacterianos afetam substancialmente a microbiota intestinal normal, favorecendo o surgimento de cepas resistentes. A ocorrência de *E. coli* resistente na microbiota intestinal humana mostra-se fortemente correlacionada com o uso de agentes antibacterianos (GREVSKOTT *et al.*, 2017).

Ademais, na medicina veterinária, o uso indevido de antimicrobianos no tratamento de doenças é notório, sem a prescrição adequada de profissionais da área, podendo favorecer a seleção de microrganismos resistentes, que podem ser transmitidos

aos seres humanos devido à estreita relação entre as espécies (MARQUES, 2023). Além disso, observa-se a falta de informação por parte dos tutores de animais de companhia e dos criadores de animais de produção sobre a multirresistência bacteriana, juntamente com a fiscalização inadequada da comercialização de antimicrobianos (MARQUES, 2023; AQUINO, 2008).

As classes das cefalosporinas, carbapenêmicos são considerados β -lactâmicos, os quais têm como alvo principal a enzima transpeptidase dos microrganismos, inibindo a formação de ligação cruzada entre cadeias de peptidoglicano, impossibilitando a construção da parede celular bacteriana de forma correta (DOS SANTOS, 2017). As fluoroquinolonas, por sua vez, agem inibindo a enzima DNA girase, bloqueando a replicação e reparo do DNA bacteriano. Antibióticos como aminoglicosídeos, atuam na subunidade 30S ribossômica, inibindo a síntese proteica microbiana (MARKEY *et al.*, 2013).

Observou-se também que 3 (27,27%) dos isolados de *Escherichia coli* apresentaram perfil de resistência intermediária à ciprofloxacina e 1 (9,09) à cefotaxima (**Tabela 1**). Esses resultados corroboram com os dados de Puig Peña (2019), os quais identificaram essa mesma espécie em pescados apresentando resistência a ciprofloxacina. A cefotaxima é um antibiótico de terceira geração da classe das Cefalosporinas, que exerce sua ação antibacteriana inibindo a síntese da parede celular bacteriana, ligando-se às proteínas que participam da construção da parede celular, consequentemente levando a morte da bactéria (MARKEY *et al.*, 2013).

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é frequentemente usada como indicador de higiene, pois sua presença sugere a possível existência de outros microrganismos patogênicos. Além disso, essa bactéria está presente nas fezes humanas e não se desenvolve naturalmente em ambientes aquáticos, o que indica contaminação recente quando encontrada em recursos hídricos (ANDERSEN *et al.*, 2015; DRUMOND *et al.*, 2018). Sua sobrevivência em ambientes aquáticos é influenciada por fatores abióticos e bióticos, como disponibilidade de nutrientes, estresse osmótico, variações de temperatura e pH, e predação. Vale ressaltar que a *E. coli* possui uma notável flexibilidade genética, o que permite sua persistência nesses habitats aquáticos (GREVSKOTT *et al.*, 2017).

Nesse contexto, os serviços de saneamento básico desempenham um papel crucial na redução de doenças veiculadas pela água e na disseminação de cepas resistentes de *E. coli*, um problema de saúde pública recorrente em países em desenvolvimento (LEIVAS *et al.*, 2015). Segundo Kumar e Vollmer (2013), o saneamento básico é uma das

intervenções de saúde pública mais eficazes e de baixo custo no combate às doenças de transmissão fecal-oral associadas à água.

3.2 *Salmonella* sp

Em relação as cepas de salmonelas, os isolados de *Salmonella* sp apresentaram sensibilidade frente a todos os antibióticos testados. Dentre os microrganismos patogênicos envolvidos na contaminação ambiental, a *Salmonella* spp. destaca-se pela ampla distribuição na natureza, podendo ser inserida no meio aquático através do descarte inadequado de resíduos sólidos de origem humana e/ou animal (SILVEIRA *et al.*, 2016). Segundo Fernandes *et al.* (2018), há um aumento nos fenótipos multirresistentes entre os sorotipos de *Salmonella* sp, em particular com resistência a quinolonas, fluoroquinolonas e cefalosporinas. No entanto, os isolados testados neste estudo não apresentaram resistência, o que indica que o mecanismo de ação destes antimicrobianos são eficazes no controle deste patógeno. Estes dados são diferentes dos encontrados em relatório da Anvisa (2012), em que cerca de 76,8% das cepas de *Salmonella* spp. isoladas de carcaças de frango foram resistentes a pelo menos um antimicrobiano testado.

Igualmente ao visto no relatório da Anvisa, outros trabalhos realizados com pescados demonstraram a presença de cepas de *Salmonella* spp., resistentes a antimicrobianos. Na pesquisa realizada por Yang *et al.* (2015), em que foram estudadas 103 cepas de *Salmonella* spp., 66% apresentaram resistência a pelo menos um antimicrobiano e 34% foram multirresistentes, em que apresentaram maior resistência tetraciclina (35,9%), ampicilina (28,2%), ácido nalidíxico (26,2%), trimetoprim-sulfametoxazol (25,2%), cloranfenicol (20,4%) e estreptomicina (18,4%). Este microrganismo não pertence à microbiota dos pescados, contudo pode ser encontrado neste produto, decorrente a contaminação dos ambientes aquáticos (FERNANDES *et al.*, 2018; DANTAS FILHO *et al.*, 2020). É importante ressaltar que existem poucos estudos na literatura sobre a ocorrência e o perfil de resistência antimicrobiana de cepas de *Salmonella* isoladas de moluscos bivalves.

3.3 *Staphylococcus* coagulase positivo

Quanto aos isolados de *Staphylococcus* coagulase positivo, todos apresentaram resistência intermediária ao antimicrobiano ciprofloxacino e 6 (66, 66%) apresentaram resistência a pelo menos um dos demais antibióticos (**Tabela 2**). Dados semelhantes foram encontrados no estudo de Puig Peña (2019) realizado com isolados de pescados e

mariscos, em que um dos maiores percentuais de resistência (67,9%) foram observados em *Staphylococcus* coagulase positiva.

Tabela 2. Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de *Staphylococcus* coagulase positiva isolado de carne de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

Classe	Antimicrobiano	Número de isolados (N)			Total
		Resistente	Intermediária	Susceptível	
Cefalosporina	Ceftriaxona	1 (11,11%)	0 (0%)	8(88,88%)	9
	Cefoxitina	0(0%)	0(0%)	9(100%)	9
Quinolona	Ciprofloxacina	1 (11,11%)	8 (88,88%)	0 (0%)	9
Linconsamidas	Clindamicina	3(33,33%)	0(0%)	6(66,66%)	9
Macrolídeos	Eritromicina	5(55,55%)	0(0%)	4(44,44%)	9
Penicilina	Penicilina	1(11,11%)	0(0%)	8(88,88%)	9
Sulfamidas	Sulfametoxazol	0(0%)	0(0%)	9(100%)	9
Tetraciclina	Tetraciclina	5(55,55%)	0 (0%)	4 (44,44%)	9

N(%):Número de bactérias que apresentam resistência ou sensibilidade e respectiva porcentagem. **Fonte:** Elaborados pelos autores, 2024.

No estudo realizado por Almeida (2019), com cepas de *Staphylococcus* coagulase positiva isolados de sushis na Cidade de Teresina-PI, os resultados do antibiograma evidenciaram cepas resistentes a clindamicina e tetraciclina. Sánchez *et al.*, (2012), relataram em seu estudo com isolados de produtos derivados da pesca cerca 80,0% de cepas com resistência a tetraciclina em produtos prontos, 76,0% em produtos frescos e 64,3% em produtos congelados. Estes dados corroboram com nossos achados, considerando que as cepas isoladas apresentaram resistência a esses dois antibióticos. O *Staphylococcus* sp é um patógeno humano oportunista de grande importância em diferentes setores, em função da sua capacidade de produzir toxinas. Além do frequente envolvimento em casos e surtos de intoxicação alimentar (ANDRE, 2015).

A ciprofloxacino é considerada uma fluoroquinolona de segunda geração, sendo sintetizado a partir do ácido nalidíxico. Atua na inibição das topoisomerasas bacterianas do tipo II, ocasiona a quebra da fita de DNA, tornando impossível sua replicação (MARKEY *et al.*, 2013; PEREIRA E OLIVEIRA, 2016). Este antibiótico apresentou maior índice de resistência intermediária, evidenciando que apresenta probabilidade de sucesso terapêutico sob estas bactérias, no entanto deverá haver ajuste da dosagem padrão ou aumento na concentração. Neste sentido, é necessária precaução no uso de antibióticos, uma vez que as bactérias podem se tornar mais resistentes a estes ao longo do tempo (SCHROPFER *et al.*, 2016; SANTOS, 2015). As classes de antimicrobianos

dos quais *Staphylococcus coagulase* positivo foi multirresistente, foram os macrolídeos, lincosamidas, tetraciclina, fluoroquinolonas, cefalosporinas e penicilinas (BRCAST, 2017).

A classe das penicilinas foi mais citada como resistente, seguida das cefalosporinas e macrolídeos. Araújo (2020), em seu estudo de simulações de docagem molecular, identificou que as penicilinas e as cefalosporinas apresentaram maior afinidade no sítio catalítico da enzima β -lactamases, que são enzimas capazes de hidrolisar o anel beta-lactâmico desses antibióticos. Estas enzimas são produzidas por bactérias e codificadas pelos plasmídeos, transpósons e íntegrons, moléculas capazes de transportar e transmitir o gene de resistência (LIMA, 2017). Deste modo, essas enzimas são eficazes no processo de inativação dos antibióticos β -lactâmicos, como penicilinas e cefalosporinas, o que confere a resistência às bactérias. Ainda que apresente relatos recorrentes sobre a resistência bacteriana, estes antibióticos são ativos contra cocos Gram-positivos, e continua sendo fundamental no tratamento de infecções, apresentando um bom histórico e avaliação na eficácia de tratamentos, apesar da reatividade cruzada entre os medicamentos (LTEIF, 2019, CHOI, 2019).

3.4 *Aeromonas* sp

Quanto aos isolados de *Aeromonas* sp, as duas espécies, identificadas na pesquisa, *A. hydrophila* e *A. caviae*, apresentaram resistência em 4 (80%) dos 5 (100%) isolados aos antibióticos, sulfametoxazol, cefepime e resistência intermediária a ciprofloxacina (**Tabela 3**). Diferentemente do que foi encontrado por Cordeiro (2020), que descreve cepas de *A. hydrophila* isoladas de pescados resistentes a ampicilina (97%), a cefuroxima (90,9%), a amicacina (77,3%) e cefoxitina (74,24%) e sensíveis a cefepime. O sulfametoxazol-trimetoprima faz parte do grupo de antibióticos das sulfonamidas, enquanto o cefepime faz parte da classe das cefalosporinas, que são antibióticos beta-lactâmicos (MARKEY *et al.*, 2013).

Tabela 3. Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *Aeromonas hydrophila* e *Aeromonas caviae* isoladas de carne de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

Classe	Antimicrobiano	Número de isolados (N)			Total
		Resistente	Intermediária	Susceptível	
Quinolona	Ciprofloxacina	0(0%)	1(20%)	4(80%)	5
Sulfamida	Sulfametoxazol	4(80%)	0(0%)	1(20%)	5

Cefalosporina	Cefepime	2(40%)	0 (0%)	3(60%)	5
---------------	----------	--------	--------	--------	---

N(%):Número de bactérias que apresentam resistência ou sensibilidade e respectiva porcentagem.

Fonte: Elaborados pelos autores, 2024.

A espécie *Aeromonas hydrophila* é considerada a mais relevante do gênero, heterotrófica, encontrada principalmente em climas quentes. É uma espécie resistente ao cloro e a refrigeração. Segundo estudos, há recorrência de cepas de *A. caviae* resistentes aos antibióticos comumente usados em hospitais, rotina clínica veterinária e na agricultura (NOWROTEK, 2021). Além disso, são amplamente distribuídas em ambientes aquáticos e facilmente isoladas em pescados (PEREIRA *et al.*, 2022).

A disseminação de genes relacionados à resistência, ocorrem de formas distintas, como no caso da transmissão de conteúdo genético extra cromossômico de uma bactéria para outra, ocorrendo por meio de plasmídeos devido a sua mobilidade. Deste modo, bactérias podem adquirir resistência a inúmeros antibióticos, sem necessariamente entrar em contato com estes (LIMA; BENJAMIM; SANTOS, 2017). Genes como *mcr* que apresentam funções de defesa contra bacteriófagos ou peptídeos antimicrobianos, estão estritamente relacionadas a bactérias presentes em ambientes aquáticos como *Aeromonas* spp., já havendo relatos em países como Espanha, Portugal, China, Japão, América do Norte, Brasil e África Oriental em diferentes organismos, incluindo moluscos. (SUN, 2018; DAHANAYAKE *et al.*, 2019; VILLA *et al.*, 2019; KHEDHER *et al.*, 2020).

3.5 *Vibrio* sp

Os dois espécimes isoladas de *Vibrio* sp, foram da espécie *Vibrio furnissii*. Essa bactéria é considerada um patógeno emergente facultativo, recorrentemente associado a consumo de frutos do mar crus ou mal cozidos, principalmente em locais com precariedade na infra-estrutura para a gestão de águas residuais (RAMAMURTHY, 2014). Esta bactéria apresenta genes de virulência *toxR* e *rpoB*, relacionado a patogênese (BALLAL *et al.*, 2017). Apenas um dos isolados apresentou perfil de resistência ao antibiótico meropenem, da classe dos carbapenemos, considerado um β -lactâmico. No trabalho de De Carvalho (2021), foram observadas semelhanças, pois as cepas de *V. parahaemolyticus* apresentaram maior resistência aos antimicrobianos β -lactâmicos. Esta resistência pode ocorrer, pois esses antimicrobianos são amplamente utilizados no controle de doenças infecciosas em humanos e na aquicultura (ROCHA *et al.*, 2016).

Tabela 4. Perfil de suscetibilidade a antimicrobianos de isolados de *Vibrios furnissii* isolados de carne de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

Classe	Antimicrobiano	Número de isolados (N)			Total
		Resistente	Intermediária	Susceptível	
Quinolona	Ciprofloxacina	0 (0%)	0(0%)	5(100%)	5
Sulfamida	Sulfametoxazol	0(0%)	0(0%)	5(100%)	5
Carbapenêmicos	Meropenem	1(20%)	0 (0%)	4(80%)	5

N(%):Número de bactérias que apresentam resistência ou sensibilidade e respectiva porcentagem.

Fonte: Elaborados pelos autores, 2024.

Outro desafio que ameaça à saúde coletiva referente a essa bactéria está em cepas encontradas em ambientes aquáticos liberam exoenzimas que podem aumentar a capacidade de infecção pelo microrganismo (MALA *et al.*, 2016), além de ter a troca de materiais genéticos favorecida nestes ambientes (ASHRAFUDOULLA *et al.*, 2021). Assim como as bactérias do gênero *Aeromonas*, o gênero *Vibrio* é recorrente em ambientes aquáticos, se tornando um risco a aquicultura de moluscos bivalves. Esse segmento tem se destacado ao longo do tempo, devido à necessidade crescente de fontes alimentares mais sustentáveis, como a de produtos marinhos (FAO, 2018). A indevida utilização e descarte de antibióticos na medicina humana, veterinária e na agricultura propiciou a transformação dos ambientes aquáticos, por serem agentes seletivos, aumentando a capacidade de resistência das bactérias, bem como a difusão destes genes, capazes de causar danos à saúde animal e humana (DUBERT *et al.*, 2016; FAO, 2019).

Nesse sentido, os animais aquáticos filtradores, como os bivalves marinhos, em contato com ambientes contaminados, podem abrigar bactérias multirresistentes. Além disso, segundo Seow (2021) genes relacionados a resistência antimicrobiana toleram alta temperatura de cozimento do alimento, o que possibilita a introdução no genoma de bactérias da microbiota intestinal do indivíduo. Neste trabalho, o gênero *Vibrio* spp evidenciou ser reservatório de genes de resistência a β -lactâmicos, os quais têm sido relatados em ambientes marinhos de modo habitual em bactérias da família Vibrionaceae presentes em moluscos bivalves, como amêijoas e ostras (DAHANAYAKE *et al.*, 2019).

Dos dois isolados de *Salmonella* spp., nenhum apresentou resistência aos antimicrobianos utilizados neste estudo. Apesar desse resultado de sensibilidade aos antibióticos testados, a *Salmonella* é uma bactéria de alta patogenicidade, muito comum por causar intoxicações alimentares graves, e vários estudos têm alertado para

o surgimento de cepas resistentes a diversos antimicrobianos comerciais que se espalham pela cadeia alimentar.

Alguns sorotipos de *Salmonella* podem apresentar genes de resistência inseridos em seu genoma, conferido resistência e multirresistência aos antibióticos. O surgimento dessas têm sido associados ao uso nem sempre racional ou criterioso de antimicrobianos por parte dos profissionais de saúde, bem como ao uso desses medicamentos na aquicultura e na pecuária (SILVEIRA *et al.*, 2016). Desta forma, ressalta-se a prudência por parte da população quanto ao uso de agentes antimicrobianos e a implementação de políticas de saúde pública como um pré-requisito para a minimizar o surgimento de microrganismos resistentes. Como por exemplo, promover o uso racional de antibióticos tanto em humanos quanto em animais, onde as prescrições devem ser baseadas em evidências clínicas e diretrizes estabelecidas para evitar o uso excessivo ou inadequado de antibióticos, e treinamento contínuo para profissionais de saúde sobre a prescrição adequada de antibióticos e a importância de seguir diretrizes de tratamento como um pré-requisito para a minimizar o surgimento de microrganismos resistentes.

Tabela 5. Número de cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus sp*, *Salmonella sp*, *Vibrio sp* e *aeromonas sp* resistentes e sensíveis a diferentes antimicrobianos no período seco e chuvoso, Ilha do Maranhão, Brasil.

Espécie	Categoria	Chuva	Seca	Total
<i>Escherichia coli</i>	Resistente	6	2	8 (72,72%)
	Susceptível	3	0	3 (27,28%)
Total		9	2	11 (100%)
<i>Staphylococcus sp</i>	Resistente	5	4	9 (100%)
	Susceptível	0	0	0
Total		5	4	9 (100%)
<i>Salmonella sp</i>	Resistente	0	0	0
	Susceptível	2	0	2 (100%)
Total		2	0	2 (100%)
<i>Vibrio sp</i>	Resistente	1	0	1 (50%)
	Susceptível	1	0	1 (50%)
Total		2	0	2 (100%)
<i>Aeromonas sp</i>	Resistente	3	1	4 (80%)
	Susceptível	0	1	1 (20%)
Total		3	2	5 (100%)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Os antibióticos são considerados os fármacos mais prescritos na rede hospitalar. Em contrapartida, aproximadamente 50% das prescrições são inadequadas, quanto a dose,

via de administração, duração do tratamento, e/ou fármaco prescrito (VIEIRA; VIEIRA, 2017). Um dos principais fatores sobre o aumento da problemática que envolve o uso indiscriminado desses fármacos, está no desconhecimento dos seus efeitos prejudiciais, como a resistência bacteriana e a criação de superbactérias (OLIVEIRA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2017). A resistência aos antibióticos gera consequências econômicas e clínicas, relacionadas ao crescimento da morbidade e mortalidade, devido à delonga na administração de tratamentos hospitalização prolongada e a administração de diferentes antibióticos, que aumentam significativamente os gastos relacionados à saúde, tornando-se um desafio, considerando os recursos limitados que sustentam os sistemas de saúde (LOUREIRO *et al.*, 2016).

A ODS 14 da ONU, busca prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes, pois ambientes marinhos contaminados, afetam a sanidade dos animais que ali habitam, e podem ser consumidos pela população, principalmente em regiões com grande consumo de alimentos oriundos da pesca (MCEWEN; COLLIGNON, 2018). De acordo com Pereira *et al* (2019), a diversidade de microrganismos nos ambientes aquáticos e a poluição por antibióticos provenientes de esgotos hospitalares, industriais ou domésticos, sem tratamento adequado, podem transformar esses ambientes em depósitos de bactérias multirresistentes. Essa condição favorece a pressão seletiva e a troca de genes plasmidiais entre diferentes bactérias.

Tabela 6. Índice de Múltipla Resistência aos Antimicrobianos (MAR) de isolados bacterianos, oriundos de sururu (*Mytella charruana*) proveniente de diferentes pontos de extração na Ilha do Maranhão, Brasil.

<i>E. coli</i>									
Isolado	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice MAR	30%	50%	10%	20%	10%	40%	40%	60%	-

<i>Staphylococcus coagulase positivo</i>									
Isolado	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice MAR	37%	25%	12%	12%	25%	50%	62%	50%	12%

<i>Aeromonas sp</i>									
Isolado	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice MAR	66%	66%	33%	66%	-	-	-	-	-

<i>Vibrio sp</i>									
Isolado	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice MAR	33%	-	-	-	-	-	-	-	-

A contaminação de molusco bivalves, como o sururu, por bactérias resistentes a antimicrobianos é preocupante, uma vez que podem representar risco à saúde dos consumidores, principalmente no que se trata de bactérias multirresistentes (BMR). No presente trabalho, das 22 (100%) amostras com ocorrência de resistência, 17 (77,27%) foram multirresistentes. A frequência de BMR em pescado é uma realidade evidenciada em todo mundo. Estudos realizados em áreas litorâneas constataram a existência de *E. coli*, *K. pneumoniae*, *A. baumannii*, dentre outras bactérias multirresistentes em pescados, incluindo moluscos bivalves (MANI *et al.*, 2018; COLOSI *et al.*, 2020; SINGH; NAYAK; KUMAR, 2020; SOLA *et al.* 2022). Estima-se que em 2050, bactérias multirresistentes (BMR) ocasionem 10 milhões de mortes por ano (O'NEILL, 2016), além do crescente em microrganismos multirresistentes, que apresentem resistência a todos os antibióticos convencionais disponíveis (BARRETT *et al.*, 2019).

A hiperexpressão ou inserção de novos genes de resistência pode aumentar a capacidade das bactérias em resistir a múltiplos antibióticos, onde uma cepa se torna resistente a vários antibióticos da mesma classe ou até mesmo de classes diferentes, denominado multirresistência (SILVA, 2019). Neste estudo os dados apontaram para a multirresistência bacteriana em 58,6% (17) dos espécimes isolados, como mostra na tabela 6. Em relação as bactérias isoladas *E.coli* (6) e *Staphylococcus* coagulase positivo (6) apresentaram maior números de isolads multirresistente. Estando, a última, na lista de agentes patogênicos prioritários da OMS para a pesquisa e desenvolvimento de novos antibióticos (WHO, 2021, p. 9; WHO, 2017). Também se destaca a multirresistência encontrada nos isolados do gênero *Aeromonas* sp, em que todas (4) as espécies que apresentaram resistência, eram multirresistente.

Desta forma, ressalta-se a prudência quanto ao uso de agentes antimicrobianos e a implementação de políticas de saúde pública, além da fiscalização de medidas já implementadas como um pré-requisito para minimizar o surgimento de microrganismos resistentes. Além de estudos de bioprospecção para isolamento e caracterização de componentes ativos com atividade antimicrobiana, a fim de desenvolver novos antibióticos com potencial para combater a emergência de cepas resistentes.

CONCLUSÕES

As cepas isoladas do molusco bivalve *Mytella charruana*, coletadas na Ilha do Maranhão, demonstram resistência e multirresistência a diferentes classes de antibióticos, com exceção das cepas de *Salmonella* sp. O antibiótico ciprofloxacino apresenta predominância de resistência intermediária, o que destaca a necessidade de atenção à sua utilização, a fim de prevenir problemas relacionados à sua ineficácia no tratamento de infecções. A *Escherichia coli* foi a espécie que apresentou a maior recorrência de resistência e multirresistência, em comparação aos outros gêneros estudados. 58,6% dos isolados apresentaram múltipla resistência. Diante desses resultados, é essencial adotar medidas que previnam o surgimento de microrganismos resistentes aos antimicrobianos e implementar políticas públicas para reduzir o uso indiscriminado dessas substâncias.

REFERÊNCIAS

- ALTERTHUM, F. Microbiologia. 6 ed. São Paulo: Atheneu, 2015. 888 p.
- ANDERSEN, J. L.; HE, G.-X.; KALARLA, P.; RANJANA, K. C.; KUMAR, S.; LAKRA, W. S.; MUKHERJEE, M. M.; RANAWEERA, I.; SHRESTHA, U.; TRAN, T.; VARELA, M. F. Multidrug efflux pumps from Enterobacteriaceae, *Vibrio cholerae* and *Staphylococcus aureus* bacterial food pathogens. **International Journal Environmental Research Public Health**, v. 12, p. 1487-1547, 2015.
- AQUINO, Daniela Silva de. Por que o uso racional de medicamentos deve ser uma prioridade?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 733-736, 2008.
- ARAGÃO, Breno Bezerra; TRAJANO, Sabrina Cândido. Principais bactérias patogênicas veiculadas por pescado e derivados. Livro: **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas** – v. 3, p. 208-225. CAP. 16.
- ARAÚJO, L. D. L. C., & AZEVEDO, F. H. C. Estudo da enzima beta-lactamase e sua relação com a resistência aos antibióticos. **Research, Society and Development**, 9(7), e663974594-e663974594. 2020
- ASHRAFUDOULLA, M.; WON NA, K.; HOSSAIN I.; MIZAN, F. R.; NAHAR, S.; TOUSHIK, S. H.; ROY, P. K.; PARK, S. H.; HA, SANG-DO. Molecular and pathogenic characterization of *Vibrio parahaemolyticus* isolated from seafood. **Marine Pollution Bulletin**, v.172, p.112927. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112927>, 2021.
- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Pnud Brasil, Ipea e FJP. «**Atlas Brasil: Ranking**». Consultado em 27 de março de 2023.
- BAKER-AUSTIN C, JOAQUIN T, NARJOL G, JAIME M. Non-Cholera Vibrios: the microbial barometer of climate change. **Trends In Microbiology**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 76-84, jan. 2017.

BALLAL, M., SHETTY, V., RODNEY, S., PRABHU, M., AND UMAKANTH, S. *Vibriofurnissii*, anemergingpathogencausingacutegastroenteritis: a case report. **JMM case reports**. 4. 2017.

BEZERRA, W. G. A., HORN, R. H., SILVA, I. N. G., TEIXEIRA, R. S. C., LOPES, E. S., ALBUQUERQUE, Á. H., & CARDOSO, W. C. Antibióticos no setor avícola: uma revisão sobre a resistência microbiana. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 301-307, 2017.

BRCASST. BrazilianCommitteeonAntimicrobialSusceptibilityTesting. Comitê Brasileiro de Testes de Sensibilidade aos Antimicrobianos. Acesso em 28 out 2021. Disponível em: <http://brcast.org.br/>.

BRITO, D.J.C. Risco à qualidade do pescado da Costa Amazônica Maranhense. **Revista Saúde e Meio Ambiente- UFMS- Campus Três Lagoas- RESMA**, Volume 15, número 2, 2023. Pág.01-16.

Centers for DiseaseControlandPrevention [CDC]. Salmonella. Technicalinformation [online]. CDC; 2013 Jan.Availableat: <http://www.cdc.gov/salmonella/general/technical.html>.

CHOI, J. H. (2019). Does CephalosporinSkin Test PredictImmediateHypersensitivitytoCephalosporin?**J Korean MedSci**, 34(50).

COLOSI, I. A., BACIU, A. M., OPRIS, R. V., PECA, L., GUDAT, T., SIMON, L. M. & COSTACHE, C. Prevalenceof ESBL, AmpCandcarbapenemase-producingenterobacterialesisolatedfromrawvegetablesretailed in Romania. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1726, 2020.

CORDEIRO, K. S., GALENO, L. S., MENDONÇA, C. D. J. S., CARVALHO, I. A., & COSTA, F. N. Ocorrência de bactérias patogênicas e deteriorantes em sashimi de salmão: avaliação de histamina e de susceptibilidade a antimicrobianos. **BrazilianJournalof Food Technology**, v. 23, p. e2019085, 2020.

DAHANAYAKE, P. S., HOSSAIN, S., WICKRAMANAYAKE, M. V. K. S., WIMALASENA, S. H. M. P., & HEO, G. J. Manila clam (*Ruditapesphilippinarum*) marketed in Korea as a sourceofvibriosharbouringvirulenceand β -lactam resistance genes. **Letters in AppliedMicrobiology**, 2019.

DANTAS FILHO, J. V., PONTES, W., PONTUSCHKA, R., SANTOS, A., & CAVALI, J. Cadeia do pescado: *Salmonella spp.* como agente contaminante. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, p. 49–68, 2020.

DE ARRUDA, C. J. M., DE ALMEIDA SIQUEIRA, V. F., DE SOUZA, F. J. M., DAS NEVES SILVA, J. L., FERREIRA, K., & FARO¹, A. (2019). Revisão bibliográfica de antibióticos beta-lactâmicos.

DE ALMEIDA, W. S., DAS CHAGAS CARDOSO FILHO, F., BARBOSA, V. A. A., LIMA, L. M., CARNEIRO, R. M., & DE ALBUQUERQUE, W. F. (2019). Qualidade microbiológica e atividade antimicrobiana de cepas de estafilococos coagulase positiva isolados de sushis. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, 13(1), 57-64.

DE CARVALHO, E. A., DUARTE, E. A. A., OLIVEIRA, T. A. S., DA ROCHA BISPO, A. S., MARQUES, V. F., JUNIOR, M. S., & EVANGELISTA-BARRETO, N. S. Perfil fenotípico e genotípico de resistência e virulência de *Vibrioparahaemolyticus* isolados de água e ostras. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 4, p. 6352-6368, 2021.

DOS SANTOS, S. L. F., PESSOA, C. V., DA SILVA ALVES, H. H., BORGES, R. N., & BARROS, K. B. N. T. O papel do farmacêutico enquanto promotor da saúde no uso racional de antibióticos. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 6, n. 1, p. 79-88, 2017.

DRUMOND, S. N., SANTIAGO, A. D. F., MOREIRA, M., LANNA, M. C. D. S., & ROESER, H. M. P. Identificação molecular de *Escherichia coli* diarréiogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Xopotó na região do Alto Rio Doce. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v.23, n.3, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/NwGQ6P5gRnfNsFs5NHryCkt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 16 out. 2023.

DUBERT, J., OSORIO, C. R., PRADO, S., & BARJA, J. L. Persistence of Antibiotic Resistant *Vibrio* spp. in Shellfish Hatchery Environment. **Microbial Ecology**, 72(4), 851–860., 2016.

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. <https://doi.org/CC BY-NC-SA 3.0 IGO FAO>, 2018.

FAO. (2019). FAO Fisheries & Aquaculture - Species Fact Sheets - *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758). <http://www.fao.org/fishery/species/3542/en> FAO, 2019.

FERNANDES, D. V. G. S., CASTRO, V. S., CUNHA NETO, A. D., & FIGUEIREDO, E. E. D. S. Salmonella spp. In the fish production chain: A review. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, 2018.

FINGER, Jéssica A. F. F.; BARONI, Wilma S. G. V.; MAFFEI, Daniele F. Overview of Foodborne Disease Outbreaks in Brazil from 2000 to 2018. **Foods**, v. 8, n. 10, p. 434, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31547589/>. Acesso em: 11 out. 2023.

FORSYTHE, S. J. Microbiologia da Segurança dos alimentos. 2ed. Porto Alegre: Artmed, p. 573, 2013.

FREITAS, M. C. S.; MINAYO, M. C. S.; PENA P. G. L.; SANTOS, N. M. M. Un ambiente enfermo: significados de la contaminación industrial em Isla de Maré, Bahía, Brasil. **Desacatos**, v.39, p.73-88, <https://doi.org/10.29340/39.241>. 2013.

GREVSKOTT, D. H., SVANEVIK, C. S., SUNDE, M., WESTER, A. L., & LUNESTAD, B. T. (2017). Marine bivalve mollusks as possible indicators of multidrug-resistant *Escherichia coli* and other species of the Enterobacteriaceae family. **Frontiers in Microbiology**, 8, 24.

GRISE, Noely Marques Ferreira. Identificação e perfil de resistência antimicrobiana de enterobactérias isoladas de moluscos bivalves e água em dois estuários da Região do

Baixo Sul, Bahia. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Microbiologia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.

IPAC. (2019). La producción de acuicultura de Portugal creció en 2017 un 11,5 % - En Portada - Noticias web y revista digital de acuicultura.

JADHAV, S., SAHA, U., DIXIT, K., KHER, A., SEN, S., LINGAYAT, N., & SAROJ, S. Draft Genome Sequence of *Aeromonas caviae* Isolated from a Newborn with Acute Haemorrhagic Gastroenteritis. **Microbiol. Biotechnol. Lett**, 2023.

KHEDHER, M. BEN, BARON, S. A., RIZIKI, T., RUIMY, R., RAOULT, D., DIENE, S. M., & ROLAIN, J. M. Massive analysis of bacterial genomes to decipher water reservoir and origin of mobile colistin resistance genes: is there another role for these enzymes? **Scientific Reports**, 10, 2020.

KRUMPERMAN, PAUL H. Multiple antibiotic resistance indexing of *Escherichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. **Applied and environmental microbiology**, v. 46, n. 1, p. 165-170, 1983.

KUMAR, S.; VOLLMER, S. Does access to improved sanitation reduce childhood diarrhea in rural India? **Health Economics**. v. 22, n. 4, p. 410–427, 2013.

LEIVAS, P. H. S., S. A. M. A., GONÇALVES, R. R., SOUZA, O. T.; Sustentabilidade, saneamento e saúde infantil no Brasil: uma análise a partir de macro e microdados. XVIII Encontro de Economia da Região Sul – ANPEC/SUL 2015, Porto Alegre, 2015.

LIMA, DS, LIMA, JC, CALVACANTI, RMCB, SANTOS, BHC & LIMA, IO. (2017). Estudo da atividade antibacteriana dos monoterpenos timol e carvacrol contra cepas de *Escherichia coli* produtoras de β -lactamases de amplo espectro. **Ver Pan-Amaz Saúde**, 8(1),17-21.

LIMA, C. C.; BENJAMIM, S. C.C.; SANTOS, R. F.S. Mecanismo de resistência bacteriana frente aos fármacos: uma revisão. **Rev. CuidArte, Enferm**, v. 11, n. 1, p.105-113, jan.2017.

LINTZMAIA, D. J. H., DA SILVA REBELATTO, I., DOS SANTOS, A. D. R., COSTA, S. B. D., RITTER, D. O., & LANZARIN, M. Bactérias emergentes na qualidade nutricional do pescado. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.10, p. 95657-95662 oct. 2021.

LOUREIRO, R. J., ROQUE, F., RODRIGUES, A. T., HERDEIRO, M. T., & RAMALHEIRA, E. O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, p. 77-84, 2016.

LTEIF, L & EILAND, LS. (2019). The Basics of Penicillin Allergy: What A Clinician Should Know. **Pharmacy (Basel)**, 7(3),94.

MALA, W.; ALAM, M.; ANGKITITRAKUL, S.; WONGWAJANA, S.; LULITANOND, V.; HUTTAYANANONT, S. Serogroup, virulence, and molecular traits of *Vibrioparahaemolyticus* isolated from clinical and cockles sources in northeastern Thailand. **Infection, Genetics and Evolution**, v.39, p.212-218, <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.01.006>, 2016.

MANI, Y., MANSOUR, W., LUPO, A., SARAS, E., BOUALLÈGUE, O., MADEC, J. Y., & HAENNI, M. Spread of bla CTX-M-15-Producing Enterobacteriaceae and OXA23-Producing *Acinetobacter baumannii* Sequence Type 2 in Tunisian Seafood. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 62, n. 9, p. e00727-18, 2018.

MARQUES GR, SANTOS ACC, COSTA MT. Resistência bacteriana na medicina veterinária e implicações com a saúde pública. **Vet. e Zootec.** 2023; v30: 001-012.

MARKEY, B., LEONARD, F., ARCHAMBAULT, M., CULLINANE, A., & MAGUIRE, D. Clinical veterinary microbiology. **Elsevier Health Sciences**, p. 63-87, 2013.

MASULLO, Y. A. G. Análise preditiva de ocorrências de incêndios no bioma amazônico do Maranhão. **GeoTextos**, 2018.

MCEWEN, Scott A.; COLLIGNON, Peter J. Antimicrobial resistance: a one health perspective. **Microbiology Spectrum**, v. 6, n. 2, p. 6.2. 10, 2018.

MUSTAFA, S. & SHAPAWI, R. Aquaculture ecosystems: adaptability and sustainability. **Nova Jersey: John Wiley & Sons**, 2015. 372 p.

NAGAR, Vandan; SHASHIDHAR, Ravindranath; BANDEKAR, Jayant R. Characterization of *Aeromonas* strains isolated from Indian foods using rpoD gene sequencing and whole cell protein analysis. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, p. 745-752, 2013.

NOWROTEK, Monika; JAŁOWIECKI, Łukasz; PŁAZA, Grażyna. Fluoroquinolone resistance and virulence properties among wastewater *Aeromonas caviae* isolates. **Microbial Drug Resistance**, v. 27, n. 2, p. 179-189, 2021.

OLIVEIRA, A. L. D., SOARES, M. M., SANTOS, T. C. D., & DOS SANTOS, A. Mecanismos de resistência bacteriana a antibióticos na infecção urinária. **Revista UNINGÁ Review**, v. 20, n. 3, 2018.

DE OLIVEIRA, H. J. P., ARAÚJO, M. A. D., FEITOZA, N. T. M., DAS CHAGAS, P. D. G., SOUZA, W. D. A., & DA SILVA, F. P. Educação em saúde como forma preventiva do uso indiscriminado dos antibióticos. **Revista Saúde UNG-Ser**, v. 11, n. 1 ESP, p. 52, 2018.

O'NEILL, Jim. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations. **APO**, 2016.

PAULA, K. P. O. dos S. *Salmonella spp.* como agente causal em Doenças Transmitidas por Alimentos e sua importância na saúde pública: Revisão. **Pubvet, [S. l.]**, v. 14, n. 10,

2020. DOI: 10.31533/pubvet.v14n10a665.1-9. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/351>. Acesso em: 16 out. 2023.

Pereira, C.; Duarte, J.; Costa, P.; Braz, M.; Almeida, A. Bacteriófagos no Controle de *Aeromonas* sp. em Sistemas de Aquicultura: Uma Visão Integrativa. **Antibióticos**2022, 11 , 163. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11020163>.

PEREIRA, Erlon Lopes; OLIVEIRA, Ana Flávia Alves. A PRODUÇÃO DE ANTIBIÓTICOS POR PROCESSOS FERMENTATIVOS AERÓBIOS. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v14i2.3157>. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 1058-1078, agosto/dezembro de 2016.

PEREIRA, Ingrid Cristine Guimarães *et al.* Ambiente marinho e resistência bacteriana aos antimicrobianos: impacto à saúde humana. **Acta Scientiae et Technicae**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 65-80, jul. 2020. ISSN 2317-8957. Disponível em: <<http://www.uezo.rj.gov.br/ojs/index.php/ast/article/view/281>>. Acesso em: 21 out. 2023. doi: <https://doi.org/10.17648/uezo-ast-v7i2.281>.

PEREIRA, T. D. J. F., DE CASTRO, A. C. L., FERREIRA, H. R. S., SOARES, L. S., SILVA, M. H. L., WERLLEN, J. & DOS SANTOS MOREIRA, M. Extrativismo de mariscos na ilha do Maranhão (MA): implicações ecológicas e socioeconômicas. **Revista de Políticas Públicas**, v. 21, n. 2, p. 831-853, 2017.

PINTO, Isabel *et al.* Eficácia dos antibióticos: a percepção do usuário das regiões do Vale do Ave e de Aveiro. In: XIII Congresso da Associação Portuguesa de Epidemiologia; XXXVI Reunión Científica de la SEE. Associação Portuguesa de Epidemiologia, Sociedade Espanhola de Epidemiologia, 2018.

PUIG PEÑA, Yamila *et al.* Resistencia antimicrobiana en bacterias aisladas de pescados y mariscos. **Revista Habanera de Ciencias Médicas**, v. 18, n. 3, p. 500-512, 2019.

RAMAMURTHY, T., CHOWDHURY, G., PAZHANI, G., AND SHINODA, S. *Vibrio fluvialis*: an emerging human pathogen. **Frontiers in Microbiology**. 5: 1-9. 2014.

ROCHA, F. A. G.; ARAÚJO, L. O.; ALVES, K. S.; DANTAS, L. Í. S.; SILVA, R. P.; ARAÚJO, M. F. F. Estafilococos coagulase positivos em filés de tilápia 44 (*Oreochromis niloticus*) comercializados no Mercado Modelo Nerival Araújo, Currais Novos/RN. **HOLOS**, v. 29, n. 1, p. 84, 2013.

ROCHA, R. S.; SOUSA, O. V.; VIEIRA, R. H. S. F. Multidrug-resistant *Vibrio* associated with an estuary affected by shrimp farming in Northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v.105, p.337-340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.001>, 2016.

RUBINI, S., GALLETI, G., D'INCAU, M., GOVONI, G., BOSCHETTI, L., BERARDELLI, C. & GIACOMETTI, F. Occurrence of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* in bivalve molluscs and associations with *Escherichia coli* in molluscs and faecal coliforms in seawater. **Food Control**, v. 84, p. 429-435, 2018.

SAMPAIO, Adriana Pereira. Identificação e suscetibilidade Antimicrobiana de CEPAS de *Salmonella e Escherichia coli* isoladas de sururu e siri processado. p. 47. 2013.

SANTOS, POLLYANA SILVA. Avaliação da contaminação bacteriana e da ocorrência de cepas de *Escherichia coli* multirresistentes em ostras (*Crassostrea spp.*) no estado da Bahia. 2015.

SÁNCHEZ, D.V.; CABO, M.L.; IBUSQUIZA, P.S.A.A.; HERRERA, J. J. R. Incidence and characterization of *Staphylococcus aureus* in fishery products marketed in Galicia (Northwest Spain). **International Journal of Food Microbiology**, 157(2): 286-296, 2012.

SCHROFFER, D. L., TITON, M. C., SMANIOTTO, C., HERMANN, V., & BASSANI, M. T. AVALIAÇÃO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA BACTERIANA À CIPROFLOXACINA 2016. https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2016/394.pdf.

SCHUETZ AN. Emerging agents of gastroenteritis: *Aeromonas*, *Plesiomonas*, and the diarrheagenic pathotypes of *Escherichia coli*. **Seminars in Diagnostic Pathology**. V. 36, n3, p. 187-192, 2019.

SEOW, W. L., MAHYUDIN, N. A., AMIN-NORDIN, S., RADU, S., & ABDUL-MUTALIB, N. A. Antimicrobial resistance of *Staphylococcus aureus* among cooked food and food handlers associated with their occupational information in Klang Valley, Malaysia. **Food Control**, v. 124, p. 107872, 2021.

SILVA, R. A. **A resistência a antimicrobianos: revisão sobre o uso de antibióticos em animais e a resistência em humanos**. Dissertação (Mestrado) - Fundação Oswaldo Cruz, 2019.

SILVEIRA, CSD; SOUSA, OVD; EVANGELISTA-BARRETO, NS. PROPAGAÇÃO DE *Salmonella* spp. RESISTENTE A ANTIMICROBIANO. EM MOLUSCOS BIVALVES DE ÁREAS ESTUÁRIAS DA BAHIA, BRASIL. **Revista Caatinga**, v. 2, pág. 450–457, abr. 2016.

SINGH, Asem Sanjit; NAYAK, Binaya Bhusan; KUMAR, Sanath H. High Prevalence of Multiple Antibiotic-Resistant, Extended-Spectrum β -Lactamase (ESBL)-Producing 37 *Escherichia coli* in Fresh Seafood Sold in Retail Markets of Mumbai, India. **Veterinary sciences**, v. 7, n. 2, p. 46, 2020.

SUN, D. Pull in and push out: Mechanisms of horizontal gene transfer in bacteria. **Frontiers in Microbiology**, 9, 2018.

TAVARES, J. M.; SOUZA, P. M. A. Características ambientais das comunidades de Baiacu e de Cachoeira na Baía de Todos os Santos –Bahia –Brasil. **Holos Environment**, v.32, p.258-265, 2016.

VIEIRA, Priscila Noemi; VIEIRA, Suellen Laís Vicentino. USO IRRACIONAL E RESISTÊNCIA A ANTIMICROBIANOS EM HOSPITAIS. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, v. 21, n. 3, 2017.

VILLA, T. G., FEIJOO-SIOTA, L., SÁNCHEZ-PÉREZ, A., RAMA, JL. R., & SIEIRO, C. Horizontal Gene Transfer in Bacteria, an Overview of the Mechanisms Involved. In Horizontal Gene Transfer (pp. 3–76). **Springer International Publishing**, 2019.

YANG, X. *et al.* Prevalence, enumeration, and characterization of Salmonella isolated from aquatic food products from retail markets in China. **Food Control**, v. 57, p. 308–313, 2015.

WANG, W E LU. G, “Chapter 21 - Heavy Metals in Bivalve Mollusks,” em *Chemical Contaminants and Residues in Food (Second Edition)*, Woodhead Publishing Series in **Food Science, Technology and Nutrition**, 2017, pp. 553-594.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global antimicrobial resistance surveillance system (GLASS)** report: early implementation 2016-2017. Geneva: WHO; 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Antibacterial agents in clinical and preclinical development an overview and analysis**. Geneva: WHO; 2021.

CAPÍTULO IV

Bioacumulação de metais tóxicos em molusco bivalve (*Mytella charruana*) nos ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão.

Biocumulation of heavy metals in bivalve mollusc (Mytella charruana) in estuarine ecosystems of Maranhão Island.

Brito, D.J.C; Silva, L. R; Nascimento, M. P. S; Sousa, R.V; Costa, F. N.

RESUMO

Os moluscos bivalves fazem parte do grupo dos pescados que apresentam alto valor nutricional, e por isso, representam uma parte importante dos produtos de origem marinha consumidos mundialmente. Entretanto, ao alimentar-se por meio da filtração, podem absorver metais tóxicos pelas células dos tecidos superficiais ou digestivos, ocasionando a bioacumulação de metais pesados, tornando-os bioindicadores de contaminação ambiental e podendo trazer prejuízos à saúde humana, por meio do consumo de carne contaminada. Desse modo, esta pesquisa objetivou detectar a bioacumulação de metais tóxicos no molusco bivalve (*Mytella charruana*) em ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão. O estudo foi realizado na Costa amazônica do Maranhão, Ilha do Maranhão.

Foram realizadas coletas de sururu (*Mytella charruana*) em 11 pontos, distribuídos nos municípios de São José de Ribamar, Raposa, São Luís e Paço do Lumiar, durante as estações chuvosa (5) e seca (6). Aproximadamente 5g de carne de *M. charruana* foram enviadas ao laboratório de tecnologia em análises laboratoriais para processamento, utilizando os métodos de FAAS - *Flame Atomic Absorption Spectrometry* e ICP-*Inductively Coupled Plasma*. Segundo a Instrução Normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022 que estabelece os limites máximo tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, apenas o cádmio (2 mg/kg) e chumbo (1,5 mg/kg) apresentam valores de LMT para este tipo de produto. Os resultados das análises de metais tóxicos do molusco bivalve (*Mytella charruana*) apresentaram diferenças quanto à quantificação nas estações chuvosa e seca, na maioria dos pontos de coleta. No entanto, apenas o chumbo foi o metal pesado predominante na espécie de bivalves estudada, no período seco e chuvoso, apresentando LMT acima do permitido pela IN nº160/22. A estação chuvosa foi a que apresentou maiores índices de contaminação para Pb. Para Cd todas as concentrações foram inferiores aos LMT preconizados pela legislação vigente e para os demais metais tóxicos não existem LMT estabelecidos na legislação brasileira. Dessa forma, o consumo do molusco bivalve (*Mytella charruana*) não é seguro para a saúde humana, devido aos altos teores de contaminação por chumbo acima do limite máximo permitido pela legislação vigente, principalmente na estação chuvosa, na Ilha do Maranhão.

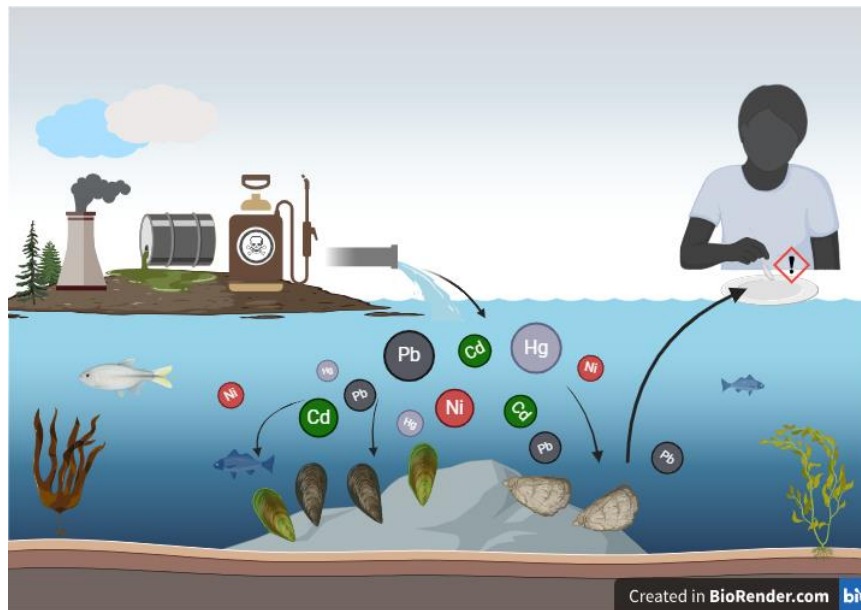
Palavras-chave: Contaminação Ambiental, Pescado, Saúde Pública, Sururu.

ABSTRACT

Bivalve mollusks are among seafood items with high nutritional value and, therefore, they represent an important share of the seafood consumed globally. However, when eating through filtration, they may absorb heavy metals by the cells of superficial or digestive tissues, leading to the bioaccumulation of heavy metals, which makes them bioindicators of environmental contamination and potential threats to human health, when contaminated meat is ingested. As such, this work aimed at detecting the bioaccumulation of heavy metals in the bivalve mollusk *Mytella charruana* in estuarine ecosystems of Ilha do Maranhão. The study was carried out at the Amazon coast of Maranhão, Ilha do Maranhão. Sampling of sururu (*Mytella charruana*) was carried out at 11 sites, distributed in the municipalities of São José de Ribamar, Raposa, São Luís and Paço do Lumiar, during the rainy (5) and dry seasons (6). Approximately 5g of *M. charruana* meat were sent to the laboratory analysis technology for processing via the FAAS - *Flame Atomic Absorption Spectrometry* and ICP- *Inductively Coupled Plasma* method. According to the Normative Instruction nº 160, of July 1st, 2022, which establishes the maximum tolerated level (MTL) of food contaminants, only cadmium (2 mg/kg) and lead (1.5 mg/kg) exhibited MTL for this type of product. The results of heavy metal analysis of the bivalve mollusk (*Mytella charruana*) showed differences related to the quantification of heavy metals in the rainy and dry seasons, at most sampling sites. However, only lead was the

predominant heavy metal in the studied bivalve species, across all seasons, exhibiting an MTL above the level allowed by the Normative Instruction No. 160/22. The rainy season presented the highest contamination levels for Pb. For Cd, all concentrations were below the MTL foreseen by the existing legislation, and for the remaining heavy metals, there are no MTLs defined in the Brazilian legislation. As such, eating the bivalve mollusk *Mytella charruanais* not safe for human health due to the high levels of contamination by lead, above the maximum level allowed by the existing legislation, especially in the rainy season of Ilha do Maranhão.

Keywords: Environmental Contamination, Seafood, Public Health, Sururu.



Fonte: Elaborado pelo autor

1. INTRODUÇÃO

Os Ecossistemas estuarinos estão sujeitos a contaminação por diferentes fontes de poluição, principalmente devido à falta de apreciação desses ambientes e pela urbanização, considerando sua alta densidade populacional que constitui uma grande ameaça a qualidade de seus recursos naturais (BAI *et al.*, 2015; YABSLEY *et al.*, 2020). Assim, as zonas costeiras e os estuários subsistem a expansão urbana em suas margens, o que modifica esses ecossistemas para atender às necessidades de uma crescente população humana (WETZ *et al.*, 2016; YABSLEY *et al.*, 2020).

A situação se agrava com a carência de saneamento básico e de gestão ambiental, que tem como consequência alterações hidrológicas, como altas cargas de nutrientes e a dinâmica de poluentes, a exemplo dos metais, ao longo das faixas estuarinas (BARLETTA *et al.*, 2018). Dessa forma, vários metais tóxicos de origem natural, devido ao intemperismo de rochas e solos, além das fontes antrópicas como resíduos oriundos da

agricultura, esgotos domésticos e industriais, são frequentemente introduzidos na água, sedimentos e organismos (DE ARAÚJO JÚNIOR *et al.*, 2021).

Os metais tóxicos exibem alta toxicidade, persistência e capacidade de bioacumulação na cadeia alimentar, ocasionando danos aos pescados e à saúde dos consumidores (MACHADO *et al.*, 2017). A bioacumulação de metais tóxicos em animais marinhos depende de seus habitats, hábitos alimentares, idade, tamanho e duração da exposição a metais tóxicos (WANG *et. Al.*, 2017). Os metais classificados como microcontaminantes ambientais são os elementos arsênio (As), chumbo (Pb), cádmio (Cd), mercúrio (Hg), alumínio (Al), titânio (Ti), estanho (Sn) e tungstênio (W). Contudo, os elementos que podem ser essenciais e ao mesmo tempo microcontaminantes são o cromo (Cr), zinco (Zn), ferro (Fe), cobalto (Co), manganês (Mn) e níquel (Ni) (AVILA-CAMPOS *et al.*, 2015).

Estes compostos têm caráter carcinogênico nos animais, gerando radicais livres e espécies reativas de oxigênio, capazes de danificar moléculas importantes, como o Ácido Desoxirribonucleico (DNA) (LE CROIZIER, 2018). O chumbo é um microcontaminante ambiental, sem função biológica, além de persistente em ambientes naturais, sendo assim, considerado um elemento metálico tóxico, mesmo em pequenas quantidades (SINGH *et al.*, 2018).

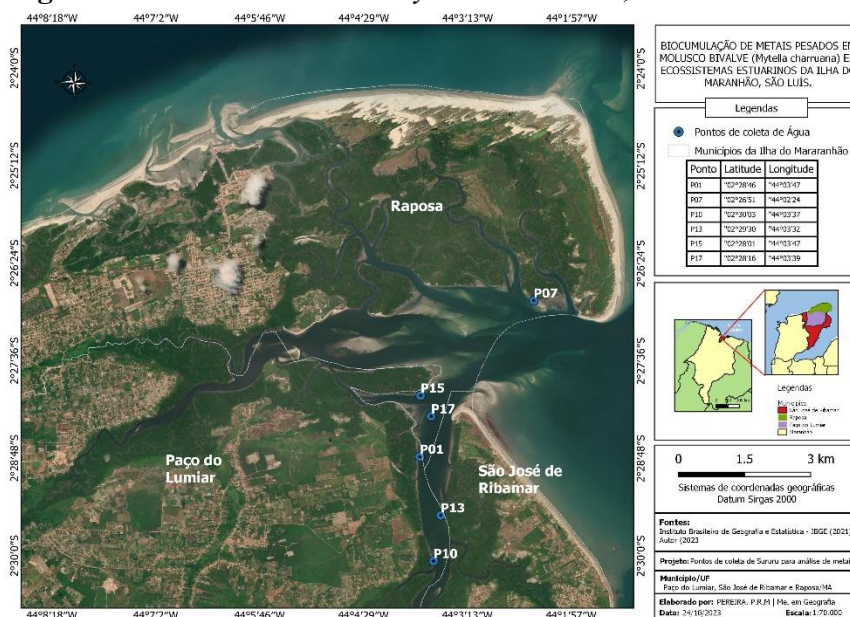
Os moluscos bivalves são pescados com alto valor nutritivo e representam uma parte importante dos frutos do mar consumidos mundialmente (LIU *et al.*, 2021). Os mariscos são excelentes fontes de proteínas, ácidos graxos, vitaminas (niacina, tiamina) e minerais (Ca, Mg, Fe e Zn) (PEYCHEVA *et al.*, 2022).

Em contrapartida, sua alimentação por meio da filtração, somado a sua à natureza sedentária que proporciona um contacto crônico com os contaminantes das zonas estuarinas e costeiras tornam suscetíveis a diferentes tipos de estresses bióticos e abióticos (CANESI e PRUZZO, 2016), como a absorção de metais tóxicos pelas células dos tecidos superficiais ou digestivas, que podem bioacumular, trazendo prejuízos à saúde humana (UMEUGUAJU *et al.*, 2023). Sendo assim, estes organismos são particularmente precisos na análise de bioacumulação de metais (YUAN, 2020). Deste modo, este trabalho objetivou pesquisar a bioacumulação de metais tóxicos no molusco bivalve (*Mytella charruana*) em ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão, São Luís.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Costa amazônica do Maranhão, Ilha do Maranhão (02°24'09"S 02°46'13"W e 44°01'20"W - 44°29'47"W). Foram realizadas coletas de sururu (*Mytella charruana*) em 11 pontos, distribuídos nos municípios de São José de Ribamar, Raposa e Paço do Lumiar, durante as estações chuvosa (5) e seca (6). Os pontos foram: Igarapé do Ariquiçal, Caquira, Aranair, Igarapé do Pecupara, Bom Negócio e Banco do Meio (Figura 1).

Figura 1. Pontos de coleta de *Mytella charruana*, Ilha do Maranhão.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Um *pool* de amostras de *M. charruana* com aproximadamente 5g por ponto de coleta foram preparados, congeladas em sacos estéreis e transportadas em caixas isotérmicas para o laboratório de tecnologia em análises laboratoriais (TECLAB), São José dos Pinhais/PR, para serem processados pelos métodos de FAAS – *Flame Atomic Absorption Spectrometry* para os metais Cádmio, Cobalto, Cobre, Chumbo, Cromo, Manganês, Níquel e Zinco e ICP- *Inductively Coupled Plasma* para o Ferro. Segundo a Instrução Normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022 que estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos, apenas o cádmio (2 mg/kg) e chumbo (1,5 mg/kg) apresentam valores de LMT para este alimento. Para averiguar a normalidade dos dados foi usado o teste Shapiro-wilk. Para comparação entre as médias das concentrações dos metais entre o período seco e chuvoso foi realizado o Test t-student para amostras pareadas (paramétricos) ou teste Wilcoxon (não paramétrico) e para

comparação entre as médias na concentração dos metais em relação ao LMT, foi aplicado o Teste t-Student para uma amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de metais tóxicos do molusco bivalve (*Mytella charruana*) (Tabela 1), apresentaram diferenças quanto à quantificação dos metais tóxicos nas estações chuvosa e seca, na maioria dos pontos de coleta. Os dados mostram que todas as amostras estão dentro dos limites máximos tolerados para Cádmiu (Cd), com valores inferiores a 0,50 mg/kg, teor abaixo do LMT (2 mg/kg) de contaminação, estabelecido pela legislação vigente (IN nº160 de 2022). Os metais possuem um impacto negativo na saúde humana quando a sua ingestão excede certos níveis, mas o cádmio, o chumbo e o níquel são muito tóxicos, mesmo em doses baixas (PEROŠEVIĆ *et al.*, 2018).

Tabela 1. Detecção de metais tóxicos em molusco bivalve (*Mytella charruana*) de ecossistemas estuarinos da Ilha do Maranhão, Brasil.

Local	Período	METAIS TÓXICOS (mg/Kg)								
		Cd	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb
Caquira	Chuvoso	< 0,50	< 0,50	5,12	1,68	1368,6	25,58	1,36	17,6	2,66
	Seco	< 0,50	< 0,50	2,91	0,76	518,9	16,81	0,5	14,5	0,94
Aranair	Chuvoso	< 0,50	< 0,50	4,22	0,78	652,7	27,71	1,18	18,1	1,74
	Seco	< 0,50	< 0,50	2,91	0,76	664,3	16,81	0,98	12,6	1,17
Bom Negócio	Chuvoso	< 0,50	< 0,50	3,08	1,51	1248,3	23,18	1	15,3	2,16
	Seco	< 0,50	< 0,50	2,24	1,37	616,7	14,19	1,24	16,4	1,64
Pecupara	Chuvoso	< 0,50	< 0,50	2,69	1,37	1312,5	24,21	1,14	13,4	2,22
	Seco	< 0,50	< 0,50	1,79	0,77	397	15,41	0,91	13,1	1,15
Igarapé do Ariquiçal	Chuvoso	< 0,50	< 0,50	2,76	0,73	492	12,87	1,57	15,1	0,78
	Seco	< 0,50	< 0,50	1,92	0,93	419,9	13,89	1,09	14,1	1,33
Banco do Meio	Chuvoso	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr	Nr
	Seco	< 0,50	< 0,50	2,56	2,58	1389,2	29,80	1,80	18,8	2,40
LMT		2	-	-	-	-	-	-	-	1,5

Dados relacionados à LMT = Limites máximo tolerados pela Instrução Normativa - IN nº 160, DE 1º DE JULHO DE 2022. -Nr=Análise não realizada; - =Limites não expressos na normativa para moluscos bivalves. Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

No entanto, para o Chumbo (Pb), em 54,5% das amostras foram encontrados valores acima do LMT (1,5 mg/kg) de contaminação, estabelecido pela legislação IN nº160 de 2022 em todos os municípios investigados durante a estação chuvosa, com exceção do ponto do Igarapé do Ariquiçal (0,78 mg/kg). Enquanto isso, na estação seca, apenas as

amostras do Bom Negócio e Banco do Meio ultrapassaram esses limites. Contudo, Caquira e Pecupara foram os pontos que apresentaram níveis mais elevados de Pb, na estação chuvosa 2,66 mg/kg e 2,22 mg/kg, respectivamente. O período de chuva se destaca com 80% das amostras apresentaram níveis de Pb acima do permitido, enquanto no período de seca, apenas 33,3%. No entanto, as amostras não apresentaram diferenças significativas entre estes dois períodos, para esse metal, nem médias por período significativamente diferente do LMT. Ainda assim, alguns estudos têm relatado que a estação do ano pode desempenhar um papel na acumulação de metais nos tecidos dos organismos aquáticos. A principal razão da ocorrência de alterações nas concentrações de metais em pescados por mudanças sazonais é resultante de modificações de fatores intrínsecos (MAREGONI *et al.*, 2013).

O risco de contaminação na estação chuvosa aumenta em decorrência das fortes chuvas que aumentam a possibilidade de rompimento de diques de contenção de rejeitos liberando toneladas de lama tóxica com altas concentrações de metais tóxicos como Zn, Cd, As e Pb (FERREIRA *et al.*, 2013). Além disso, no período chuvoso ocorre a ressuspensão do sedimento de fundo de forma mais acentuada, e essas ações físicas podem ocasionar a remobilização desses sedimentos tornando essas partículas metálicas biodisponíveis na coluna d'água (HATJE *et al.* 2009; SANTOS *et al.*, 2023).

Contudo, na comunidade de Bom Negócio foram encontrados valores acima do permitido tanto em período de chuva (2,16 mg/kg), quanto em período de seca (1,64 mg/kg). O banco do bom negócio, assim como banco do meio, está localizado no município de Paço do Lumiar, banhado pelo Rio Santo Antônio, o qual nasce nas proximidades do bairro Cidade Operária, em São Luís, e desemboca na baía de Curupu, próximo da praia de Panaquatira (FERREIRA *et al.*, 2017).

Segundo Bezerra *et al.* (2020), alguns pontos deste rio encontram-se desprotegidos pela vegetação natural, devido ao avanço de residências e comércio em seu entorno. Ressalta-se então, a necessidade de ações de controle da poluição aquática nesse local, por meio do tratamento dos efluentes urbanos, visto que a população local se utiliza desse ponto de coleta para a obtenção de alimento para consumo próprio e para comercialização, o que pode gerar um grande problema de saúde pública, considerando que o Pb apresenta efeitos no sistema nervoso, nos rins e nos ossos (BRITO, 2023). Além disso, o Pb é um metal pesado e de grande utilização industrial, além de apresentar um potencial de

contaminação diverso. Está em segundo lugar como o mais perigoso, perdendo apenas para o arsênio, na lista de prioridade da Agência de Proteção Ambiental Americana (COSTA *et al.*, 2020).

Corroborando com os dados obtidos nesta pesquisa, Santos *et al.* (2023) detectaram valores de Pb acima do limite estabelecido pela legislação vigente para *Mytella guyanensis*, *Lucina pectinata* e *Iphigenia brasiliana* nos municípios de Ilhéus e Taperoá, respectivamente, com valores de até 2,75 mg/Kg. A provável causa da contaminação por Pb nas regiões de Ilhéus e Taperoá são as ações antrópicas, além da utilização indiscriminada de pesticidas na agricultura. A presença de Pb nestas espécies pode estar relacionada ao comportamento de vida destes organismos aquáticos, pois por serem bivalves e manterem contato direto com os sedimentos de manguezais, apresentam biodisponibilidade constante ao Pb, em função da concentração do contaminante no compartimento abiótico influenciar o maior efeito bioacumulativo (SANTOS *et al.*, 2023). Divergindo dos resultados encontrados nesta pesquisa, Santos e Boehs (2023) não detectaram Pb em amostras de tecidos de moluscos bivalves em regiões estuarinas do sul do Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. De modo semelhante, Da Araújo *et al.* (2016) também não detectaram Pb em frutos do mar da Baía de Aratu.

Nas concentrações do Cobalto (Co), não houve valores acima de 0,50mg/Kg, embora não exista um LMT previsto para a ingestão desse metal na legislação brasileira, segundo Leite (2018), o Co por fazer parte da Cianocobalamina (Vitamina B2) e ser um elemento vital para os seres humanos, doses elevadas desse elemento podem causar efeitos prejudiciais tanto em humanos quanto em animais. Estes dados corroboram com Oliveira (2019), em que não encontrou valores acima do limite de detecção para os metais Cd, Co, Mn, Pb e Zn para as duas espécies de moluscos bivalves (*M.guyanensis* e *Anomalocardi brasiliana*). Outro trabalho analisando *Anomalocardi brasiliana* avaliou a incorporação e a depuração deste metal, observando que tratasse de um metal de rápida incorporação, menos de dois dias (LIMA, 2017).

Os metais Cr, Cu, Fe, Mn e Zn são elementos essenciais para os seres humanos e a maioria deles ocorre naturalmente em muitas fontes alimentares (PEYCHEVA *et al.*, 2023). Além disso, metais como Fe, Zn, Co e Ni são essenciais para o crescimento dos organismos vivos, porém em baixas concentrações (AVILA-CAMPOS *et al.*, 2015). O Cromo (Cr) apresentou um nível mais elevado, dessa vez no período seco, com índice de

2,58 mg/kg nas amostras coletadas no Banco do Meio, ainda que não tenha apresentado diferença estatística entre os dois períodos de coleta para este metal.

De acordo com Oliveira (2019), o Cr foi encontrado acima das concentrações na maioria das demais regiões do Brasil, a média mais alta encontrada foi de 197,14 mg kg⁻¹ em *A. brasiliiana*. Com números atômicos 48, 24 e 25, respectivamente, o cádmio, cromo e manganês são metais localizados nos elementos de transição da tabela periódica e são utilizados para os mais diversos fins industriais. Dos três o cromo apresenta maior toxicidade em seu estado hexavalente, no meio celular sofre reações de redução e geração de radicais livres, levando a lesões no material genético, danos oxidativos a proteínas e sua agregação devido a problemas na tradução do RNAm, podendo induzir por exemplo à carcinogênese (MOSCHEM & GONÇALVES, 2020). Além disso, os sais de Cr têm amplo emprego em laboratórios e indústrias de fertilizantes. Em ambientes estuarinos, o Cr, geralmente é encontrado ligado à matéria orgânica e a óxidos de ferro cobrindo partículas de argila. O Cr, em excesso, pode ocasionar irritação da pele, além de causar efeito carcinogênico e afetar o sistema imunológico de seres humanos (OLIVEIRA, 2019).

Para o Ferro (Fe) durante o período chuvoso, a média entre os pontos apresentou o valor de 1.014,82 mg/kg. Por sua vez, a média na estação seca entre os mesmos pontos foi de 667,66 mg/kg, não havendo diferença significativa entre as duas estações. Na legislação brasileira não há limites máximos estabelecidos para o Fe. Contudo, em doses elevadas, o ferro apresenta caráter tóxico ao meio celular, reagem facilmente com o peróxido de hidrogênio, originando radicais hidroxila por exemplo, o que desencadeia processos oxidativos capazes de danificar membranas e outras estruturas celulares (MOSCHEM & GONÇALVES, 2020). Santos *et al.* (2023) encontrou valores mais altos em relação ao Fe em várias espécies de bivalves, em comparação com os valores encontrados nesta pesquisa, sendo as maiores concentrações foram a *M. guyanensis* de Ilhéus, com valores de 3.826,58 mg/kg-1.

Enquanto isso, para o Manganês (Mn) os maiores valores foram de 25,58 mg/Kg, nas amostras coletadas em Caquira na estação chuvosa e 29,80 mg/Kg nas amostras oriundas do Banco do Meio, na estação seca. As médias das amostras não apresentaram diferença significativa para o período de chuva e de seca. O manganês é um micronutriente presente em todos os organismos vivos, nos quais participa de diversas atividades enzimáticas. Não há limite máximo para o consumo desse metal estabelecido

na legislação brasileira (SANTOS & BOEHS, 2021). Assim como o ferro, o Mn também é um metal essencial à saúde, porém seu consumo em grande quantidade pode trazer malefício como deficiência intelectual nas crianças, e mortalidade infantil, pode trazer também doença de Parkinson (MWALIKENGA & VITAL, 2020). É um elemento comum em águas subterrâneas, devido ao intemperismo e da lixiviação de minerais e rochas (GANRANOO, CHOKCHAISIRI e GRUDPAN, 2019; JUNG *et al.*, 2019).

Em relação aos demais minerais, para o Níquel (Ni) os valores médios foram bem mais baixos, com variações de 1,36 mg/Kg a 1,57mg/kg na estação chuvosa e 0,5mg/Kg a 1,80 mg/Kg, durante a estação seca, ainda assim, esses dados não representam estatisticamente diferença entre as estações. O níquel normalmente ocorre em níveis muito baixos no meio ambiente e os frutos do mar são uma das principais vias de exposição. Assim, concentrações elevadas de Ni podem causar alergias de pele, bronquite crônica, redução da função pulmonar, câncer de pulmão e seios nasais (PEYCHEVA *et al.*, 2023).

A capacidade do níquel induzir, *in vitro*, a cascata de sinalização do complemento está relacionada com o desenvolvimento de hipersensibilidade e dermatite de contato, comumente observada na exposição a este metal. A dermatite de contato é um processo imunológico mediado por células, denominado reação de hipersensibilidade do Tipo IV, que ocorre em indivíduos suscetíveis, após exposição a metais como o níquel, induzindo uma resposta imune específica (MORES *et al.*, 2015). De acordo com os estudos de Oliveira (2019), a média mais alta encontrada foi de 103,82 mg kg⁻¹ para as espécies de moluscos (*M.guyanensis* e *A. brasiliiana*). Assim, o Ni excedeu muito os valores encontrados em outras regiões do Brasil.

Neste estudo, referente ao Cobre (Cu), os maiores valores apresentados foram das amostras oriundas de Caquira e Aranair, coletadas durante as estações chuvosas, com valores de 5,12 mg/kg e 4,22 mg/kg, respectivamente, havendo diferença significativa entre as estações. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados por Santos *et al.* (2023), que ao estudar várias espécies de bivalves detectou concentrações médias de Cu inferiores a 30 mg/kg⁻¹, consideradas dentro da normalidade de acordo com a legislação vigente para Cu. Desse modo, esses bivalves apresentam uma qualidade nutricional satisfatória em relação a esse micronutriente. Já Silva *et al.* (2013) detectaram

teores elevados de até 657 mg/kg-1 de Cu em *A. brasiliiana* em um estuário de Pernambuco.

O Zinco (Zn), com 18,1 mg/kg da amostra de Aranair no período chuvoso, e 18,8 mg/Kg como o maior índice no período seco pertence a amostra coletada no Banco do Meio. As médias para as diferentes estações não foram significativas com o $P > 0,05$. O Zn, como é um metal essencial, o consumo dentro do limite não vai trazer nenhum malefício a saúde, porém o uso contínuo pode levar às consequências desagradáveis, como problemas pulmonares, supressão da resposta imune, diminuição da lipoproteína de alta densidade (HDL) e à redução das concentrações de cobre no plasma (MWALIKENGA & VITAL, 2020). Diferentemente das concentrações encontradas neste estudo para este microelemento, Santos *et al.* (2023) detectou níveis acima de 50 mg/kg-1, para todas as espécies e em todos os pontos de coleta amostrados em seu estudo, com maiores concentrações em ostras. Segundo os programas internacionais de monitoramento de metais, os bivalves são utilizados como bioindicadores ambientais, e as ostras acumulam mais Zn quando comparadas com outros bivalves (SANTOS *et al.*, 2023).

A hiperacumulação de Cu e Zn em moluscos bivalves, está relacionada tanto a adaptação inerente ao estresse metálico, quanto na defesa imunológica inata desses moluscos, permitindo um grande aumento da resistência do hospedeiro aos patógenos (WENG, 2022), um ponto positivo aos seus consumidores, considerando que esses metais auxiliam na defesa contra possíveis patógenos. Evidências sugerem que moluscos bivalves com maior acúmulo de Cu/Zn apresentam maior resistência à invasão bacteriana, através de efeitos tóxicos diretos de metais, bem como na promoção da produção de radicais hidroxila (WENG, 2022). Assim, os metais, em concentrações adequadas, são essenciais para as funções imunes inatas normais em vertebrados superiores, denominado imunidade nutricional (DJOKO *et al.*, 2015).

Dentro deste contexto, em condições fisiológicas, é incontestável o papel desempenhado pelos íons metálicos, sendo alguns imprescindíveis para a manutenção das atividades biológicas, tais como os metais pesquisados neste trabalho, a exemplo do Co, Cu, Cr, Mn, Fe, Zn, além de outros como magnésio (Mg), alumínio (Al), cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na) e molibdênio (Mo). Dada a sua importância, a deficiência destes elementos em humanos pode ocasionar anemias, diarreias, prejuízos no desenvolvimento

e alterações de rotas metabólicas, como por exemplo a modificação do metabolismo da glicose mediante deficiência do magnésio (MOSCHEM & GONÇALVES). Entretanto, esses metais em altas concentrações, podem causar danos aos organismos da cadeia trófica expostos. Isso representa um dano ambiental, visto que afeta a saúde dos animais humanos e não humanos.

A contaminação ambiental nas regiões costeira é, predominantemente, causada por atividades humanas, como mineração, curtimento, vazamento de resíduos industriais, práticas inadequadas de fertilização e irrigação, e o descarte de esgoto doméstico (CAI *et al.*, 2016; TANG *et al.*, 2019), que constitui um desafio ambiental. Entre essas formas de contaminação, destacam-se aquelas envolvendo metais tóxicos, devido à sua elevada persistência nos ambientes hídricos e à tendência de bioacumulação em organismos aquáticos, amplificando riscos ao ecossistema e à saúde humana (LV & LIU, 2019).

Esse panorama está intrinsecamente relacionado à Meta 6.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visa, até 2030, melhorar a qualidade da água por meio da redução da poluição, eliminação do despejo de produtos químicos e materiais perigosos, e a minimização das águas residuais não tratadas.

Nesse contexto, medidas como a gestão sustentável de resíduos industriais, o tratamento adequado de esgoto e a implementação de práticas agrícolas mais seguras tornam-se fundamentais não apenas para mitigar o impacto da presença de metais pesados nos ecossistemas hídricos, mas também para alinhar as práticas humanas aos objetivos de conservação e uso sustentável dos recursos naturais definidos pela Agenda 2030. Os moluscos bivalves apresentam a capacidade de sequestro e auto desintoxicação de metais através dos hemócitos, o que faz com que os hemócitos desempenhem um papel vital na imunidade dos bivalves. Além do mais, a acumulação de metais afeta as respostas imunitárias mediadas pelos hemócitos nos bivalves (EVARISTE *et al.*, 2017; SHI *et al.*, 2019; LUO e WANG, 2022). No entanto, a exposição excessiva ao metal causa danos ao sistema imunológico dos bivalves e induz imunotoxicidade, podendo afetar a quantidade, morfologia e composição populacional das atividades dos hemócitos (OLABARRIETA *et al.*, 2001; GOMEZ-MENDIKUTE & CAJARAVILLE, 2003, LUO & WANG, 2022) e Hg (BIGAS *et al.*, 2006).

Os efeitos biológicos da bioacumulação de metais em bivalves dependem das propriedades físicas e químicas das substâncias, da dose ou concentração ambiental, do

tempo de exposição, das vias de contato, do período de desenvolvimento no qual o organismo foi exposto, entre outros fatores (CARVALHO *et al.*, 2017). Logo, para enfrentar esses desafios, eles desenvolveram um sistema imunológico forte e eficaz, o que os permite se proteger com sucesso contra várias ameaças externas. Mesmo assim, as consequências negativas da bioacumulação de metais, como a contaminação da carne utilizada para consumo humano torna-se um entrave para a segurança alimentar. Dessa forma, mais pesquisas para investigar bioacumulação por metais tóxicos são essenciais para a prevenção de patologias resultantes do consumo de sururu (*Mytella charruana*) contaminado por metais pesados.

CONCLUSÕES

Os dados obtidos na presente pesquisa evidenciam que o sururu (*Mytella charruana*) da Ilha do Maranhão apresenta risco de causar intoxicação por chumbo. Assim, sugere-se que sejam realizadas ações sobre a conscientização dos perigos do consumo de alimentos contaminados por metais tóxicos e que, também, sejam tomadas medidas para mitigar a poluição ambiental, por meio da implantação de programas de monitoramento, prevenção e controle para reduzir as concentrações de metais tóxicos nos estuários da Ilha do Maranhão.

REFERÊNCIAS

DA ARAÚJO, C. F. S., LOPES, M. V., VASQUEZ, M. R., PORCINO, T. S., RIBEIRO, A. S. V., RODRIGUES, J. L. G., MENEZES-FILHO, J. A. Cadmium and lead in seafood from the Aratu Bay, Brazil and the human health risk assessment. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 259, p. 1-12, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5262-y>. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5262-y#citeas>> Acesso em: 15 out. 2023.

AVILA-CAMPOS, Mario Julio; NAKANO, Viviane. **Metais Pesados: Um Perigo Eminente**. São Paulo: Departamento de Microbiologia da Universidade de São Paulo. 2015. Disponível em: <<https://microbiologia.icb.usp.br/cultura-e-extensao/textos-de-divulgacao/bacteriologia/microbiologia-ambiental/metais-pesados-um-perigo-emimente/>>. Acesso em: 10 out. 2023.

BAI, XUEMEI & GRIFFITH, CORRIE & KREMER, HARTWIG & LAMPIS, ANDREA & MCEVOY, DARRYN & NICHOLLS, ROBERT & PELLING, MARK & ROBERTS, DEBRA & ZELAYA, SERGIO. (2015). Coastal zones and urbanization.

BARLETTA, M.; LIMA, A.R.A.; COSTA, M.F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics

in South American estuaries. *Sci. Total Environ.* 651, p. 1199–1218, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969718337264>>. Acesso em: 10 out. 2023.

COSTA, LVD; MATIAS, RFR; LIMA, VS de; PEREIRA, CP; ALBUQUERQUE, NV; BEZERRA, AN Teor de chumbo nos alimentos da região Nordeste do Brasil: uma revisão integrativa / Conteúdo de chumbo em alimentos do Nordeste do Brasil: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Revisão de Saúde*, [S. l.], v. 3, pág. 6823–6842, 2020. DOI: 10.34119/bjhrv3n3-220. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/12118>. Acesso em: 10 out. 2023.

CARVALHO, M. M., LIRA, V. S., WATANABE, C. H., & FRACÁCIO, R. Estudo da toxicidade de metais (zinco e cádmio) sobre *Ceriodaphniadubia*, por multivias de exposição e recuperação biológica de descendentes. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 5, p. 961–968, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017158722>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/hPwGdJVqnDJfJLbx6MgVgF/>>. Acesso em: 10 out. 2023.

CAI, M.; LIU, Y.; CHEN, K.; HUANG, D.; YANG, S. Quantitative analysis of anthropogenic influences on coastal water – A new perspective. *Ecological Indicators*, 67, 673-683, 2016. doi:10.1016/j.ecolind.2016.03.037

DE ARAÚJO JÚNIOR, João Carlos Moraes; PEREIRA, Ricardo. Evolução da contaminação por metais tóxicos em sedimentos em área estuarina do Rio Capibaribe: uma revisão. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 38, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.248266>. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/248266/0>>. Acesso em: 10 out. 2023.

DJOKO, K.Y., CHERYL-LYNN, Y.O., WALKER, M.J., MCEWAN, A.G. The role of copper and zinc toxicity in innate immune defense against bacterial pathogens. *J. Biol. Chem.* 290 (31), 18954–18961, 2015. DOI: 10.1074/jbc.R115.647099. Disponível em: <[https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(20\)42265-3/fulltext](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(20)42265-3/fulltext)>. Acesso em: 10 out. 2023.

EVARISTE, L., RIOULT, D., BROUSSEAU, P., GEFFARD, A., DAVID, E., AUFFRET, M., BETOULLE, S. Differential sensitivity to cadmium of immune markers measured in hemocytes subpopulations of zebra mussel *Dreissena polymorpha*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 137, 78–85, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.11.027>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651316305024?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 out. 2023.

FERREIRA, M. DA S. FERREIRA, M. D. S., MÁRSICO, E. T., CONTE JUNIOR, C. A., MARQUES JÚNIOR, A. N., MANO, S. B., & CLEMENTE, S. C. D. S. Contaminação por metais traço em mexilhões *Perna perna* da costa brasileira. *Ciência Rural*, v. 6, pág. 1012–1020, jun. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000062>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/yW77VqSQzt6BdWvfrM8fkCx/?lang=pt&format=html>> Acesso em: 9 out. 2023.

GANRANOOA, L.; CHOKCHAISIRIA, R.; GRUDPAN, K. SimplesimultaneousdeterminationofironandmanganesebysequentialinjectionspectrophotometryusingastilbinextractedfromSmilax china L. roo. **Talanta**. v.191, p.307-312, 2019.

GOYER, R. A., & CLARKSON, T. W. Chromium. ToxicEffectsofMetals, Chapter (23). CasarettandDoulls: The Basic Science ofPoisons, 6th edition. McGraw-Hill. New York, London, Sydney, Tokyo, Toronto, p. 826-27, 2001. Disponível em:<<https://www.semanticscholar.org/paper/Toxic-effects-of-metals-Goyer-Clarkson/909a5bdcea16fc107c24ce59133d613f95416670>>. Acesso em: 15 out. 2023.

KAPEPA, M. Perfil de contaminação das águas e peixes por metais tóxicos e suas consequências para a saúde humana: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciências Biomédicas**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 16, 2020. DOI: 10.46675/rbcm.v1i1.1. Disponível em: <https://rbcbm.com.br/journal/index.php/rbcm/article/view/1>. Acesso em: 9 out. 2023.

LE CROIZIER, G, LACROIX, C. E LE FLOCH, S. “Significanceofmetallothioneins in differentialcadmiumaccumulationkineticsbetweentwo marine fishspecies,” **Environ. Pollut.**, p. 426-476, 2018. DOI: 10.1016/j.envpol.2018.01.002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117321954?via%3Dihub>>. Acesso em: 9 out. 2023.

LUO, Y., WANG, W.-X. Immune responses ofoysterhemocytesubpopulationsto in vitro and in vivo zincexposure. **Aquat. Toxicol.** 242, 106022, 2022. DOI: 10.1016/j.aquatox.2021.106022. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166445X21002824?via%3Dihub>>. Acesso em: 9 out. 2023.

LIU Y, QIAO F, WANG S, WANG R, XU L. Applicationofhyperspectralimagingtechnology for rapididentificationof*Ruditapesphilippinarum*contaminatedby heavy metals. **RSC Adv.** 2021 Nov 15;11(54):33939-33951. doi: 10.1039/d1ra03664e. Disponível em: <<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/ra/d1ra03664e>>. Acesso em 09 out. 2023.

LV, J.; LIU, Y. An integrated approach to identify quantitative sources and hazardous areas of heavy metals in soils. **Science of the Total Environment**, 646, 19-28, 2019.

MACHADO, A.A. de S.; SPENCER, K.; KLOAS, W.; TOFFOLON, M.; ZARFL, C. Metal fateandeffects in estuaries: A review and conceptual model for betterunderstandingoftoxicity. **Sci. Total Environ.**, 541, p. 268–281, 2016. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.045. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715307051?via%3Dihub>>. Acesso em 09 out. 2023.

MARENGONI, N. G., KLOSOWSKI, E. S., OLIVEIRA, K. P. D., CHAMBO, A. P. S., & GONÇALVES JUNIOR, A. C. Bioacumulação de metais tóxicos e nutrientes no mexilhão dourado do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu Binacional. **Química Nova**, v. 36, n. 3, p. 359–363, 2013. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000300002>. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/qn/a/7ktYMCJ7qm57VzS9TXwNGkn/>>. Acesso em 09 out. 2023.

MACIEL DOS SANTOS, G. B.; BOEHS, G. Micronutrientes metálicos nos moluscos bivalves *Crassostrea rhizophorae* e *Mytella guyanensis*. **Acta Brasiliensis**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 103-107, set. 2021. ISSN 2526-4338. DOI: <https://doi.org/10.22571/2526-4338536>. Disponível em:

<<http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/view/536>>. Acesso em: 09 out. 2023.

MOSCHEM, Jorge; GONÇALVES, Paola. Impacto Toxicológico de Metais Pesados: Uma Análise de Efeitos Bioquímicos e Celulares. *Health and Biosciences*, [s. l.], ed. v. 1 n. 2 (2020): **Health and Biosciences**, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences>. Acesso em: 11 out. 2023.

MORES, L. IMUNOTOXIDADE DECORRENTE DA EXPOSIÇÃO A METAIS PESADOS: breve revisão. **Revista Panorâmica online**, [S. l.], v. 19, 2017. Disponível em:

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/636>. Acesso em: 10 out. 2023.

OLIVEIRA, A. P. F. **Determinação de metais na água, sedimento e em moluscos bivalves do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4641/1/CT_PPGCTA_M_Oliveira%2C_Ana_Paula_Franco_de_2019.pdf>. Acesso em: 16 out. 2023.

PEYCHEVA, K., PANAYOTOVA, V., STANCHEVA, R., MAKEDONSKI, L., MERDZHANOVA, A., CICERO, N., CAMILLERI, G., FAZIO, F. Oligoelementos e ácidos graxos ômega-3 das espécies de bivalves do mar Negro (Bulgária) *Mytilus galloprovincialis*, *Chameleagallina* e *Donax trunculus*. Risco para a saúde humana. **Pesquisa de Produtos Naturais**, v. 11, pág. 2735-2742, 2022. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786419.2021.1921770>>. Acesso em: 10 out. 2023.

PEYCHEVA K, PANAYOTOVA V, STANCHEVA R, MERDZHANOVA A, DOBREVA D, PARRINO V, CICERO N, FAZIO F, LICATA P. Variações Sazonais nos Oligoelementos e Perfis Mineraias das Espécies Bivalves, *Mytilus galloprovincialis*, *Chameleagallina* e *Donax trunculus*, e Avaliação de Risco para a Saúde Humana. **Tóxicos**. v.11, n.4, p.:319, 2023. <https://doi.org/10.3390/toxics11040319>. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2305-6304/11/4/319#B4-toxics-11-00319>>. Acesso em: 10 out. 2023.

PEROŠEVIĆ, A., JOKSIMOVIĆ, D., ĐUROVIĆ, D., MILAŠEVIĆ, I., RADOMIROVIĆ, M., STANKOVIĆ, S. Exposição humana a oligoelementos através do consumo de mexilhões *Mytilus galloprovincialis* da Baía de Boka Kotorska,

Montenegro. **Jornal de Elementos Traço em Medicina e Biologia**, v. 50, p. 554-559, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X17309744?via%3DiHub>>. Acesso em: 10 out. 2023.

SANTOS, G. B. M.; BOEHS, G. Chemical elements in sediments and in bivalve mollusks from estuarine regions in the south of Bahia State, northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e249641, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.249641>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/6wkfhmTZXMSwwtGPWCxtRSn/?lang=en#>>. Acesso em: 09 out. 2023.

SANTOS, G. B. M., FREITAS, L. A., ZEIDAN, G. C. ELEMENTOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS EM TECIDOS DE BIVALVES COMERCIALIZADOS NO SUL DA BAHIA. **Rev. Gest. Soc. Ambient.** Miami, v. 17, n. 5, p. 1-17, 2023. Disponível em: <<https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/download/3633/1034>>. Acesso em: 15 out. 2023.

SHI, W., HAN, Y., GUO, C., ZHAO, X., LIU, S., SU, W., LIU, G. Immunotoxicity of nanoparticle nTiO₂ to a commercial marine bivalve species, *Tegillarca granosa*. **Fish Shellfish Immunol.** 66, p. 300–306, 2017.

SILVA, M., MACÊDO, S. J., & SILVA, H. Avaliação das concentrações de metais traço em moluscos bivalves *Anomalocardia brasiliana* (Gmelin, 1791) e *Iphigenia brasiliensis* (Lamarck, 1818) no estuário do rio Ipojuca–Ipojuca–PE, Brasil. **Trop. Oceanography Online**, v. 41, n. 1-2, p. 154-172, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5914/tropocean.v41i1-2.5719>. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/TROPICALOCEANOGRAPHY/article/view/5719>>. Acesso em: 15 out. 2023.

SINGH, N.; KUMAR, A.; GUPTA, V. K.; SHARMA, B. Biochemical and molecular bases of lead induced toxicity in mammalian systems and possible mitigations. **Chemical research in toxicology**, v. 31, n.10, p.1009-1021, 2018. doi: 10.1021/acs.chemrestox.8b00193. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.chemrestox.8b00193>>. Acesso em: 15 out. 2023.

SIVAPERUMAL, P., SANKAR, T. V., & NAIR, P. V. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. **Food chemistry**, v. 102, n. 3, p. 612-620, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814606004341>>. Acesso em: 15 out. 2023.

TANG, J.; WANG, W.; YANG, L.; QIU, Q.; LIN, M.; CAO, C.; LI, X. Seasonal variation and ecological risk assessment of dissolved organic matter in a peri-urban critical zone observatory watershed. **Science of The Total Environment**, 136093, 2019.

UME OGUAJU FU, AKANINWOR JO, ESSIEN EB, AMADI BA, IGBOEKWE CO, ONONAMADU CJ, IKIMI CG. Heavy metals contamination of seafood from the crude oil-impacted Niger Delta Region of Nigeria: A systematic review and meta-analysis. **Toxicology Report**. v. 20, n. 11, p. 58-82, 2023. DOI: 10.1016/j.toxrep.2023.06.011. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221475002300077X?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 out. 2023.

WANG, W. X.; LU, G. Y. Metais tóxicos em moluscos bivalves. **Contaminantes químicos e resíduos em alimentos**, p. 553-594, 2017.

WETZ, M. S.; HAYES, K. C.; FISHER, K. V. B.; PRICE, L.; STERBA BOATWRIGHT, B. Waterquality dynamics in anurbanizing subtropical estuary(OsoBay, Texas). **Marine PollutionBulletin**, v. 104, n. 1–2, p. 44–53, 2016. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.02.013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16300637?via%3Di>>. Acesso em: 9 out. 2023.

WENG, N., MENG, J., HUO, S., WU, F., & WANG, W. X. Hemocytesof bivalve mollusks as cellularmodels in toxicologicalstudiesofmetalsand metal-basednanomaterials. **Environmental Pollution**, p. 120082, 2022. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.120082. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749122012969?via%3Di> hub>. Acesso em: 9 out. 2023.

YABSLEY, N. A.; GILBY, B. L.; SCHLACHER, T. A.; HENDERSON, C. J.; CONNOLLY, R. M.; MAXWELL, P. S.; OLDS, A. D. Landscapecontextandnutrientsmodifytheeffectsofcoastalurbanisation. **Marine Environmental Research**, v. 158, p. 104936, 2020. DOI: 10.1016/j.marenvres.2020.104936. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141113619306555?via%3Di> hub>. Acesso em: 9 out. 2023.

YUAN, E. “Bioaccumulationandhealthrisk assessment of heavy metalsto bivalve species in DayaBay (South China Sea): Consumptionadvisory,” **Marine PollutionBulletin**, p. 150, 2020. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2019.110717. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X19308732?via%3Di> hub>. Acesso em: 9 out. 2023.

CAPÍTULO VI

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam uma contundente relação entre a qualidade dos ambientes aquáticos de extração com a qualidade do sururu *in natura* coletados em diversos pontos da Ilha do Maranhão. Desse modo, observou-se que a degradação dos ecossistemas estuarinos tem como consequência a depreciação da qualidade da água, afetaram diretamente a sanidade deste animal, no que se refere a qualidade microbiológico, segundo os limites estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada nº 331/19 e a Instrução Normativa nº 60 da Agência Nacional de Vigilância, com a adição da precaução com o surgimento de bactérias resistentes e multirresistentes, devido a contaminação de ambientes aquáticos, e a concentrações de metal dos moluscos bivalves, segundo a Instrução Normativa - IN nº 160, de 1º de julho de 2022 que estabelece os limites máximo tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos. Portanto, estas pressões ambientais, influenciam a cadeia produtiva de moluscos bivalves e a saúde de seus consumidores.

Desta maneira, se fez necessária uma intervenção educativa junto a comunidades de marisqueiros da Ilha do Maranhão, a fim de auxiliar na construção de cidadãos conscientes sobre a atenção aos recursos hídricos, passando a ter percepção crítica sobre o ambiente em que estão inseridos. A ação desenvolvida através deste estudo junto aos marisqueiros das comunidades da Ilha de São Luís, no Maranhão, Brasil, foi realizada por meio do “I Encontro dos Marisqueiros da Ilha de São Luís, MA”. As atividades abrangeram os quatro municípios da Ilha: Paço do Lumiar, São José de Ribamar, São Luís e Raposa, nas comunidades de Pau Deitado, Iguaíba, Mojó e Guarapiranga. Esta intervenção contou com a parceria de diversas instituições, como a Universidade Estadual do Maranhão, Prefeituras e Secretarias responsáveis pela administração das comunidades em questão. As práticas de intervenção foram planejadas pela equipe de pesquisa, junto à comunidade em que se realizou o diagnóstico inicial, programa de capacitação, visitas técnicas, sensibilização e ação social, palestras e atividade educativas nas escolas da região e visitas pós-intervenção.

Além do aprimoramento e continuidade na capacitação e sensibilização dos marisqueiros, práticas como implantação de programas de monitoramento ambiental e sanitário regular, implementação de políticas de saúde pública, conscientização no uso

de antibióticos, prevenção e controle para reduzir as concentrações de metais tóxicos, investigar as fontes de chumbo lançada na região e medidas para mitigar a poluição ambiental, podem minimizar as problemáticas evidenciadas nos estuários da Ilha do Maranhão. Ademais, faz-se necessário estímulo ao desenvolvimento de empreendimentos de cultivo e processamento, como afinação, tratamento térmico e depuração destes organismos, de forma a evitar a contaminação e manter uma boa qualidade sanitária dos alimentos.

DECLARAÇÃO

OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, ISSN 1696-8352, declara para os devidos fins, que o artigo intitulado Qualidade da água utilizada na pesca artesanal de moluscos bivalves, na Costa amazônica maranhense de autoria de Gisely Jovita Pereira, Daniella de Jesus Castro Brito, Natália Jovita Pereira, Monique Pinheiro Maia, Francisca Neide Costa, foi publicado no v.22, n.11, de 2024.

A revista é on-line, e os artigos podem ser encontrados ao acessar o link:

<https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/issue/view/45>

DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv22n11-145>

Por ser a expressão da verdade, firmamos a presente declaração.

Curitiba, novembro 18, 2024.

Equipe Editorial



**Qualidade da água utilizada na pesca artesanal de moluscos bivalves,
na Costa amazônica maranhense**

**Quality of water used in artisanal fishing of bivalve molluscs, in the
Amazon coast of Maranhão state**

**Calidad del agua de los arroyos utilizada en la pesca artesanal de
moluscos bivalvos, en la costa amazónica del estado de Maranhão**

DOI: 10.55905/oelv22n11-145

Receipt of originals: 10/18/2024

Acceptance for publication: 11/08/2024

Gisely Jovita Pereira

Mestre em Ciência Animal

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: gisely.jovita@hotmail.com

Daniella de Jesus Castro Brito

Doutoranda em Ciência Animal

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: docdani@gmail.com

Natália Jovita Pereira

Mestre em Recursos Aquáticos e Pesca

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: natalia.jovita@hotmail.com

Monique Pinheiro Maia

Mestre em Ciência Animal

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: nickpmaia@yahoo.com.br

Francisca Neide Costa

Doutora em Medicina Veterinária área de concentração em Medicina Veterinária Preventiva

Instituição: Departamento de Patologia, Programas de Pós-graduação em Defesa Sanitária Animal e Ciência Animal da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

Endereço: São Luís, Maranhão, Brasil

E-mail: francisca.cca.uema@gmail.com

RESUMO

Dentre os estados da Amazônia Legal, o Maranhão possui a menor ocupação de espaço com áreas protegidas, acarretando em ocupação humana desordenada e gerando baixos índices de desenvolvimento social e ambiental. As recorrentes poluições e contaminações dessas regiões propiciam condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos e contaminação química, depreciando a qualidade da água. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade microbiológica e físico-química das águas de bancos naturais de municípios da Costa amazônica do Maranhão. Para tal, coletas foram realizadas no período de chuva e de seca, entre março e dezembro de 2022. Para a determinação de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras de água, foi utilizado o método Colilert® e os parâmetros físico-químicos incluem pH, concentração de Fe, NaCl, nitrato e nitrito. Os resultados da contagem de *E. coli* nas amostras de água variaram entre 220 NMP/100 mL e valores maiores que 2419,6 NMP/100 mL, no período de chuva, enquanto no período de seca foi de 73 NMP/100 mL e valores maiores que 2419,6 NMP/100 mL, indicando qualidade microbiológica insatisfatória, segundo dados preconizados na Resolução CONAMA N° 357 de 2005.

Palavras-chave: Qualidade da água, Contaminação, Amazônia Legal, Bancos Naturais.

ABSTRACT

Among the states of the Legal Amazon, Maranhão has the smallest occupation of space with protected areas, resulting in disorderly human occupation and generating low rates of social and environmental development. The recurring pollution and contamination of these regions provide ideal conditions for the development of microorganisms and chemical contamination, depreciating water quality. Thus, this research aims to evaluate the microbiological and physicochemical quality of the waters of natural banks of municipalities on the Amazon coast of Maranhão. For this purpose, collections were carried out during the rainy and dry seasons, between March and December 2022. To determine total coliforms and *Escherichia coli* in the water samples, the Colilert® method was used and the physicochemical parameters include pH, concentration of Fe, NaCl, nitrate and nitrite. The results of the *E. coli* count in the water samples varied between 220 NMP/100 mL and values greater than 2419.6 NMP/100 mL, in the rainy season, while in the dry season it was 73 NMP/100 mL and values greater than 2419.6 NMP/100 mL, indicating unsatisfactory microbiological quality, according to data recommended in CONAMA Resolution No. 357 of 2005.

Keywords: Waterquality, Contamination, Legal Amazon, Natural Banks.

RESUMEN

Entre los estados de La Amazonía Legal, Maranhao tiene la menor ocupación de espacio con áreas protegidas, lo que resulta en una ocupación humana desordenada y generados bajos índices de desarrollo social y ambiental. Las recurrentes contaminaciones y contaminación de estas regiones propician condiciones ideales para el desarrollo de microorganismos y contaminación química, depreciando la calidad del agua. De esta forma, esta investigación tiene como objetivo evaluar la calidad microbiológica y físico-química de las aguas de bancos naturales de municipios de la Costa amazónica de Maranhao. Para ello, se realizaron colectas en el período de lluvia y sequía, entre marzo y diciembre de 2022. Para la determinación de coliformes totales y *Escherichia coli* en las muestras de agua, se utilizó el método Colilert® y los parámetros físico-químicos incluyeron pH, concentración de Fe, NaCl, nitrato y nitrito. Los resultados del recuento de *E. coli* en las muestras de agua variaron entre 220 NMP/100 mL y valores superiores a 2419,6 NMP/100 mL, en el período de lluvia, mientras que en el período de sequía fue de 73 NMP/100 mL y valores superiores a 2419,6 NMP/100 mL, indicando calidad microbiológica insatisfactoria, según los datos recomendados en la resolución CONAMA N° 357 de 2005.

Palabras clave: Calidad de la agua, Contaminación, Amazonía Legal, Bancos Naturales.

1 INTRODUÇÃO

O Maranhão é o estado da Amazônia Legal que possui menor ocupação de espaço com áreas protegidas, tendo como consequência a ocupação humana com baixos índices de desenvolvimento social e ambiental (Martins & Oliveira, 2011). Dessa forma, são áreas de recorrente poluição e contaminação, propiciando condições ideais para o desenvolvimento de microrganismos e contaminação química, depreciando a qualidade da água (De Jesus *et al.*, 2019).

A RIO+20 reconheceu que os mares, oceanos e costas são importantes fontes de alimentos, energia, transporte, trabalho e recursos naturais, que contribuem diretamente para a economia global (Beirão & Pereira, 2014). Além disso, também afirmou que a saúde dos ecossistemas marinhos é fundamental para a saúde global e para o bem-estar dos seres humanos, sendo iminente a necessidade de medidas para reduzir os impactos negativos da atividade humana nos oceanos e águas costeiras (Faria & Jardim, 2012).

A legislação existente apresenta os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade das águas costeiras, que devem ser monitorados periodicamente. Os

parâmetros de qualidade da água costeira devem ser medidos por meio de análises laboratoriais e verificados para garantir que os limites estabelecidos pela legislação sejam cumpridos (Costa, 2021). São estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através das Resoluções nº 274 de 2000 e nº 357 de 2005, as diretrizes para a proteção dos cursos d'água e de suas margens, bem como a utilização destes recursos hídricos, na qual a contagem de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e/ou enterococos na água costeira avaliam a qualidade da água. Estes organismos indicam a possibilidade de contaminação fecal, o que significa que a água pode conter agentes patogênicos causadores de doenças diretas ou indiretas através de pescados contaminados (França *et al.*, 2021).

Os moluscos bivalves são organismos filtradores, que podem capturar e acumular microrganismos como vírus e bactérias, normalmente presentes na água, em seus tecidos (Lofty, 2006). Estes são considerados seguros para o consumo humano desde que sejam cultivados em condições adequadas, no entanto, quando se desenvolvem em locais com grandes concentrações de poluentes o consumo destes moluscos pode resultar em intoxicação alimentar (Abdelzaher *et al.*, 2010).

Assim, com a função de contribuir com os Objetivos do Desenvolvimento sustentável- ODS, especificamente os ODS 6 (Água Limpa e Saneamento) e 14 (Vida na Água), avaliou-se a qualidade microbiológica e físico-química das águas de bancos naturais de municípios da Costa amazônica maranhense, no período de chuva e de seca.

2 METODOLOGIA

O Maranhão é um estado da região nordeste do Brasil com clima semiúmido, constituída por feições fitogeográficas e climatológicas peculiares, com sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto (Barros *et al.*, 2021). Este estudo foi realizado na Costa amazônica maranhense, área que possui 81.208,40 km², representando 24,46% do território maranhense (Martins & Oliveira, 2011). A parte da Costa Amazônica pertencente ao Maranhão, trecho que se estende por aproximadamente 1.500 km da costa da Amazônia brasileira, é caracterizada pelas presenças de extensas áreas de manguezais, lagoas e meandros fluviais e possui um

clima quente e úmido, com chuvas abundantes durante o ano (Bandeira, 2013).

As coletas foram realizadas em pontos distintos da extração de moluscos bivalves, localizados na Ilha de São Luís, nos municípios de Paço do Lumiar e Raposa, nos períodos de chuva (dezembro a junho) e estiagem (julho a novembro). As amostras de água foram coletadas de marés (águas salobras) nas proximidades de bancos e igarapés em que são realizadas a atividade de mariscagem, na Ilha de São Luís, acondicionadas em caixas isotérmicas e transportadas aos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos e Água e de físico-química de água e alimentos da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, onde foram analisadas pelo método cromogênico enzimático, que permite a quantificação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e *Escherichia coli* (Colilert, Idexx, USA). A confirmação da presença de coliformes totais foi determinada pela produção de β -d-glicerofosfato desidrogenase das bactérias, que adicionada ao meio de cultura e em contato com o indicador fenolftaleína, altera a coloração da amostra de água de incolor para amarela. A presença de *E. coli* foi observada por teste de fluorescência direta e os resultados expressos em NMP/100mL da amostra sob análise. Em relação aos parâmetros físico químicos, foram analisados: potencial Hidrogeniônico (pH), turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), nitritos, nitratos, cloretos totais, ferro, dureza, alcalinidade, condutividade e salinidade. A determinação da alcalinidade, dureza e cloreto foram realizados, conforme instruções do manual prático de análise da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), que discorre sobre as atividades desenvolvidas em laboratórios de controle da qualidade da água (Brasil, 2013). Enquanto para verificar os parâmetros condutividade, salinidade e sólidos totais foi utilizado o condutivímetro microprocessado AT215.

A significância estatística foi determinada pelo método de Holm-Sidak, com valor de alfa = 0,05. Neste, cada linha foi analisada individualmente, sem assumir um SD consistente, para melhor compreensão e interpretação dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros microbiológicos apresentados na tabela 1 foram analisados de acordo com os parâmetros exigidos para águas salobras de **Classe1** da Resolução CONAMA n° 357 (Brasil, 2005), onde níveis de coliformes termotolerantes não devem exceder 43 NMP/100mL, permitindo ser substituído pela presença da *E. coli* de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Tabela 1. Número Mais Provável de Coliformes Totais e *E. coli* em amostras de água provenientes de igarapés da costa amazônica maranhense, 2022.

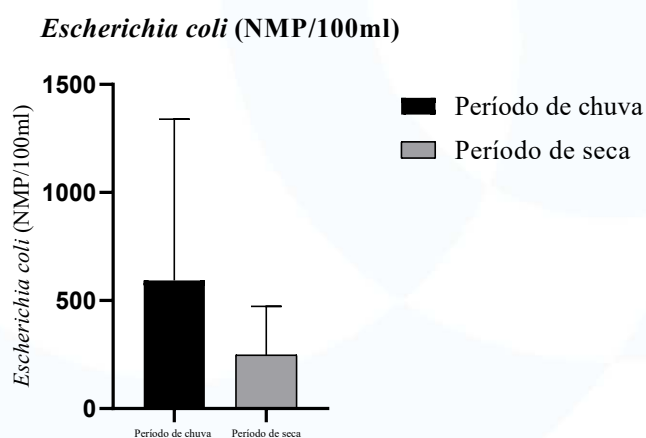
Amostras	Parâmetros Microbiológicos			
	Coliformes Totais (NMP/100 mL)		<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	
	Período chuvoso	Período seco	Período chuvoso	Período seco
P1	1046,2	528	332	73
P2	5475	3076	467	311
P3	2352	1301	220	211
P4	>24196	852	387,3	203
P5	>24196	2613	441	368
P6	14050	2143	512	377
P7	>24196	958	560	107
P8	>24196	2613	472	144
P9	>24196	2014	214	397
P10	>24196	>2419,6	1986,3	770,1
P11	11199	985	256	204
P12	4884	808	169	195
P13	1720	5794	168	169
P14	3255	9804	133	307
P15	8664	>2419,6	400	109
P16	>24196	>2419,6	305	866,4
P17	>24196	5475	>2419,6	131
P18	>24196	934	>2419,6	206
VMP*	NC	NC	43	43

VMP= Valor Máximo Permitido; NC= Não consta na resolução. Referência: Resolução CONAMA n° 357/2005.

Fonte: Autores (2023).

Pelos dados apresentados, verifica-se que os pontos P10, P17 e P18, apresentam no período chuvoso, maior nível de contaminação por *E. coli* em relação aos demais pontos de coleta com, respectivamente 1986,3 NMP/100 mL, >2419,6 NMP/100 mL, >2419,6 NMP/100 mL. O mesmo pode ser observado em relação aos dados encontrados para coliformes totais no período chuvoso, ratificando o nível elevado de contaminação. Além destes, nos pontos P4, P5, P7, P8, P9, P10, P16, P17 e P18, também foi detectado valores >24196 NMP/100mL para coliformes totais, no período chuvoso. Já os resultados encontrados no período de seca, a contaminação da água por *Escherichia coli* foi menor que no período chuvoso, como mostra a figura 1, porém não são considerados estatisticamente diferentes, com o valor de $P=0,0546$.

Figura 1. Número Mais Provável (NMP/100mL) e de *E.coli* nas amostras de água no período de chuva e de seca, São Luis, 2023.



Fonte: Autores (2023).

Embora, em menores concentrações, todos os valores de *Escherichia coli* estão acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005. Para coliformes totais a legislação não preconiza valores mínimo e máximo como referência de contaminação. Porém, foram observadas populações de coliformes totais elevadas nas amostras analisadas (Tabela 1). Liuson (2003) explica que a quantificação dos coliformes totais é um indicativo da qualidade higiênica e do grau de poluição microbiana a que estão expostos os pescados de determinada região ao longo de sua cadeia produtiva. Assim como estudos de Souza et al. (2011), que destacam a presença de coliformes totais na água um

indicativo de falhas higiênicas ao longo da criação ou deficiência em tratamentos que visam eliminar esses microrganismos contaminantes.

Para *E. coli*, os dados indicam presença nos dois períodos, seco e chuvoso. Essa bactéria é considerada a única espécie do grupo de coliformes termotolerantes a qual o habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, utilizados para determinar contaminação fecal (De Jesus *et al.*, 2019). Este sub grupo difere dos coliformes totais também pela capacidade de fermentar a lactose em temperatura elevada, de 44° a 45°C. A Resolução CONAMA 357 de 2005 estabelece que para *E. coli* as análises em 80% ou mais, de pelo menos seis amostras coletadas durante um ano, não deverá ser excedido o limite de 43 NMP/100 mL para águas salobras de cultivo de moluscos bivalves destinados ao consumo humano.

Em nosso estudo, o plano de amostragem foi inferior ao estabelecido nesse atonormativo, porém os resultados microbiológicos evidenciam valores de *E. coli* acima do limite estipulado para os dois períodos de coleta, sem diferença significativa entre elas em todos os pontos, em desacordo com a legislação, no que se refere a qualidade microbiológica. Contudo, ainda que os dados não evidenciem diferença significativa entre os períodos, as densidades de coliformes totais e *E. coli* estão mais elevadas no período chuvoso, relacionando-os com a sazonalidade, sendo esta considerada uma das principais variáveis capazes de influenciar na qualidade microbiológica das águas superficiais, em que os NMP de coliformes na água são mais elevados no período chuvoso (Barbieri *et al.*, 2017; Falavinha & Degenhardt 2014; Mesquita *et al.*, 2014).

Outros monitoramentos de água de cultivo e extração de moluscos bivalves realizados nesta região, apresentam resultados semelhantes quanto à concentração de coliformes. Como descrito por Pereira *et al.* (2017), que estudaram as águas de estuários destinadas à extração de mariscos, evidenciando também altas concentrações de *E. coli*. Pesquisas mais recentes como a de Sousa *et al.* (2023), corroboram com estes dados, logo que a média geométrica do resultado da contagem de *E. coli* nas amostras de água variaram entre 604,3 e 1.130,8 NMP/100 mL, ratificando a qualidade microbiológica insatisfatória da água na região do estudo.

A contaminação por *E. coli* na água dos estuários destes municípios, indicam a falta de saneamento básico nas comunidades vizinhas das áreas dos municípios investigados pelo despejo irregular de esgoto doméstico, pois de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) os coliformes termotolerantes são indicadores de contaminação recente. Além disso, verifica-se fortemente o não cumprimento ao que preconiza a Resolução 357: efluentes só poderão ser lançados, direto ou indiretamente, nos corpos de água, após tratamentos específicos obedecendo às condições, padrões e exigências dispostos nesta e outras normas vigentes.

Quanto aos resultados das análises físico-químicas, estes foram analisados, conforme os parâmetros preconizados pela Resolução nº 357 do CONAMA de 2005, para água salobra de **Classe 1**. Os resultados de pH, concentrações de Ferro, Nitrato, Nitrito e quantidade de NaCl, estão apresentados no Tabela 2.

Tabela 2. Médias dos resultados de pH, Ferro, Nitrato, Nitrito e NaCl em amostras de água provenientes de igarapés da costa amazônica maranhense, no período de chuva, 2022.

Parâmetros físico-químicos					
Amostras	pH	Ferro (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	NaCl (ppt)
Média	6,36±0,4	0,29±0,43	3,26±5,39	0,04±0,148	18,17±8,04
VMP	6,5 a 8,5	0,3	0,40	0,07	0,5 a 30

VMP= Valor Máximo Permitido. Referência: Resolução CONAMA nº 357/2005.

Fonte: Autores (2023).

Os resultados das análises realizadas no período chuvoso, apresentaram valores de pH abaixo da neutralidade, com média $6,36 \pm 0,4$. Os pontos que contribuíram para estes resultados foram P3, P5, P6, P12, P13, P14, P15 e P16, com valores baixos de pH, sendo eles, respectivamente, 5,7; 5,88; 5,63; 6,06; 5,93; 6,23; 6,13 e 5,88. O potencial Hidrognônico é equivalente à concentração dos íons H^+ nas águas e caracteriza a amplitude de classes ácidas ou alcalinas do meio aquático (Libânio, 2016).

Para os níveis de ferro, que podem variar de acordo com a fonte da água, os valores apresentam uma média de $0,29 \pm 0,43$ mg/L para os pontos analisados, que estavam adequados ao exigido pela legislação que permite 0,3 mg/L para água salobra da **Classe 1**

(Brasil, 2005). Houve exceção dos pontos P4, P5 e P6, que estão acima do permitido, com respectivamente 1,25 mg/L; 0,44 mg/L e 0,44 mg/L. Enquanto os valores máximos permitidos de nitrato e nitrito são de 0,40 mg/L e 0,07 mg/L, respectivamente (Brasil, 2005), para o mesmo tipo e classe de água. Os resultados obtidos neste estudo para o tempo chuvoso, atenderam ao preconizado, com médias de $3,26 \pm 5,39$ mg de nitrato/L e $0,04 \pm 0,148$ mg de nitrito/L. Os níveis de NaCl estão dentro do esperado para águas salobras.

O resultado das análises realizadas no período de estiagem mostraram valores de pH próximos da neutralidade, com média de $6,84 \pm 0,56$, evidenciando que a maioria das amostras estão dentro do exigido pela legislação. A água pura possui pH neutro podendo ser ligeiramente ácida ou alcalina por vários fatores, como percebido em algumas amostras analisadas. Assim, as águas analisadas apresentaram acidez e valores fora do mínimo exigido de 6,5.

Tabela 3. Resultados físico-químicos de amostras de água provenientes de igarapés da costa amazônica maranhense no período de seca (agosto a dezembro de 2022).

Parâmetros físico-químicos					
Amostras	pH	Ferro (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Nitrito (mg/L)	NaCl (ppt)
Médias	$6,84 \pm 0,56$	$0,10 \pm 0,23$	$2 \pm 1,7$	$0,07 \pm 0,12$	$16,19 \pm 2,56$
VMP*	6,5 a 8,5	0,3	0,40	0,07	0,5 a 30

VMP= Valor Máximo Permitido. Referência: Resolução CONAMA n° 357/2005.

Fonte: Autores (2023).

O nível aceitável de ferro na água varia de acordo com as normas estabelecidas pelos governos locais, regionais ou nacionais, nos tipos e classes de água. No período de seca, os níveis de ferro nas amostras analisadas foram em média $0,10 \pm 0,23$ mg/L, aceitável para água salobra de classe 1. Pontos como P10, P17 e P18 apresentaram valores acima do permitido de 0,44 mg/L; 0,99 mg/L e 0,32 mg/L, respectivamente.

O nitrato é um nutriente presente de forma natural nas plantas essencial para seu crescimento, no entanto, o excesso pode ser prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana (Klaassen, 2019). Os valores obtidos para o período de seca estão bem acima do preconizado, com média de $2 \pm 1,7$ mg de nitrato/L, os pontos P3, P5, P6, P8, P9, P10,

P13, P14, P15, P17, P18, P19, P20 variaram entre 2 mg/L e 5 mg/L. Níveis altos de nitrato na água podem indicar problemas de poluição e contaminação (Oga *et al.*, 2021).

A decomposição de material orgânico resulta em nitrito, um composto que também pode ser prejudicial à saúde humana (Oga *et al.*, 2021). Para este composto os valores obtidos nas análises estão dentro do aceitável pela legislação, como pode ser observado no Quadro 3, com exceção dos pontos P10, P15 e P17, que correspondem a 0,2 mg/L; 0,2 mg/L e 0,5 mg/L respectivamente. Assim como no período chuvoso, os níveis de NaCl estão dentro do esperado para águas salobras.

Além dos parâmetros exigidos pela legislação, outras análises importantes para determinar a qualidade da água foram realizadas, como turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD), cloretos totais, dureza, alcalinidade e condutividade. Os valores de condutividade das águas estuarinas dependem de vários fatores e estão diretamente relacionados com sólidos totais dissolvidos (Obhahie *et al.*, 2007). Neste trabalho a média obtida para período chuvoso foi de $30,92 \pm 8,83 \mu\text{S}/\text{cm}$ e no período de estiagem de $22,6 \pm 3,11 \mu\text{S}/\text{cm}$. A quantidade de sólidos totais na água estuarina é afetada por vários fatores, estando diretamente relacionada à concentração de elementos nocivos, que interferem na sua auto purificação (Silva, 2000). Nas amostras de água analisadas da costa amazônica maranhense, a quantidade de sólidos totais apresentou uma média de $19,26 \pm 5,01 \text{ ppm}$ no período de chuva e de $13,41 \pm 1,88 \text{ ppm}$ no período de seca.

As amostras de água analisadas apresentaram uma média de 499,85 mg de cloretos /L para os dois períodos de coleta. Ressalta-se também que a dureza das águas estuarinas varia dependendo da localização geográfica e das condições hidrológicas específicas e está relacionada à concentração de cátions multivalentes na água (Brasil, 2013). Os dados obtidos em relação a dureza, foram de $1930 \pm 1813 \text{ mg}/\text{L}$, no período de chuva e $5000 \text{ mg}/\text{L}$ no período de seca. O parâmetro da alcalinidade na água de estuários depende da quantidade de ions bicarbonato e carbonato presentes na água e caracteriza a capacidade de tamponamento da água (Brasil, 2013). Neste estudo a média da alcalinidade foi de $113,57 \pm 27,35 \text{ mg}/\text{L}$, no período chuvoso e $131,12 \pm 22,5 \text{ mg}/\text{L}$ no período de seca.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação para as amostras de água analisadas, listados nas tabelas 3 e 4, foram comparados com os

preconizados pela Resolução do CONAMA nº 357 para águas salobras de classe 1 (Brasil, 2005). Os parâmetros demonstraram estabilidade nos períodos de estiagem e chuvoso, como visto para pH, que apresentaram, respectivamente médias de $6,36 \pm 0,4$ e $6,84 \pm 0,56$. Não demonstrando diferenças significativas entre os dados desse parâmetro nos dois períodos sazonais.

Os valores de pH encontrados nas águas analisadas no período de chuva estão abaixo dos limites preconizados pela legislação CONAMA nº 357 (Brasil, 2005) para as águas salobras (pH = 6,5 a 8,5), enquanto os valores apresentados no período de seca estão mais próximos desse intervalo. Dessa forma, observou-se uma leve acidez nas águas dos povoados da costa amazônica maranhense estudadas, assim como as pesquisas de Silva et al. (2020), que encontraram pH entre 6,7 e 7,2 em amostras de água de cultivo de ostras no estuário amazônico do Estado do Pará.

O pH é considerado um importante parâmetro de qualidade para diversos ecossistemas aquáticos por influenciar diretamente na disponibilidade de nutrientes, no grau de solubilidade de minerais, na oxigenação e na sobrevivência de microrganismos, além de influenciar na formação de sais tóxicos e no desequilíbrio bioquímico dos ecossistemas aquáticos (Libânio, 2016; Von Sperling, 2005). Os principais causadores de variações de pH são o consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO₂) realizados pelos organismos fotossintetizantes e pelos fenômenos de respiração-fermentação de todos os organismos presentes nesse ambiente.

No que se refere às quantidades de nitrito encontradas nas amostras de águas analisadas, 2 pontos no período chuvoso (P10 e P19) e 3 pontos no período seco (P10, P15 e P17) apresentaram valores acima do aceitável pela legislação de 0,07 mg/L (Brasil, 2005). Para Kubitza (2017), a presença do nitrito em peixes pode afetar a proteína responsável pelo transporte de oxigênio para as células, tecidos e órgãos do corpo.

Os valores de nitrato obtidos neste estudo para o período de seca estão acima do preconizado, com média de $2 \pm 1,7$ mg/L, podem indicar e disseminar a contaminação de corpos hídricos e lençóis freáticos, e podem ser decorrentes de herbicidas, pesticidas e fertilizantes (Gomes & Barizon, 2014).

Em relação as concentrações de Ferro, encontrou-se nos pontos P2, P4, P5, P6 e P18 (período chuvoso) e P10, P17 e P18 (período seco) valores acima do estabelecido na legislação vigente de 0,3 mg/L para águas salobra da classe 1 (Brasil, 2005). Destaca-se que elevados teores de ions reduzidos de ferro na água se oxidam rapidamente ao entrarem em contato com o ar, formando precipitados de hidróxido de ferro que prejudicam e impedem as trocas gasosas e de metabólitos (Rodrigues, 2020).

A quantidade de NaCl presente nas águas analisadas permite defini-las como águas salobras, pois apresentaram salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰ (Brasil, 2005), com maiores concentrações encontradas no período de chuva. Kiyatake (2011) em cultivos de ostras no Pará, observou dados semelhantes de concentrações do NaCl no intervalo de 0,17‰ e 29,46‰. Em águas de cultivo de ostra em Santa Catarina, foram observados valores entre 29‰ e 37‰, com os menores índices encontrados no período chuvoso, diferindo do presente estudo (Curtius *et al.*, 2003; Ramos *et al.*, 2007).

Para águas salobras, a legislação CONAMA nº 357 não especifica valores para alcalinidade, condutividade, cloreto, sais dissolvidos e turbidez. Para a alcalinidade, as médias encontradas das águas analisadas nesse estudo foram de $113,57 \pm 27,35$ mg/L de alcalinidade no período chuvoso e de $131,12 \pm 22,5$ mg/L de alcalinidade no período seco. Pesquisas de Leira *et al.* (2017), mostram que valores entre 20 e 300 mg/L de alcalinidade indicam boas quantidades de sais minerais, como os carbonatos (CaCO_3) e bicarbonatos (HCO_3), para o desenvolvimento de atividades como a piscicultura. Constatando assim, que as águas analisadas possuem alcalinidades adequadas, contribuindo com a disponibilidade desses sais para as atividades pesqueiras da região estudada.

Quanto ao parâmetro cloreto total, as amostras de água analisadas tiveram média de 499,85 mg/L de cloreto em todos os pontos para os dois períodos de coleta, justificada por se tratar de águas Salinas costeiras. De acordo com Mendes e Oliveira (2004), os cloretos (sódio, potássio, cálcio e magnésio) representam os sais mais abundantes na natureza, especialmente na água do mar, e suas concentrações podem variar com a geologia dos terrenos, as condições climáticas e a contaminação por efluentes industriais.

A presença dos sais indica a dureza da água a partir da quantidade de cátions e ânions dissolvidos provenientes de minerais como carbonato de cálcio, magnésio e sódio

(Roloff, 2006). Os resultados da dureza nas águas estudadas foram de 1930 ± 1813 mg/L no período de chuva e 5000 mg/L no período de seca, observando que a dureza total está diretamente relacionada à concentração de cloreto. Dessa forma, pode-se justificar a elevada média da dureza pelas altas concentrações de sais observadas nos dois períodos sazonais. Ressalta-se também que a presença desses íons cloreto na água é um dos fatores que pode reduzir o risco de toxidez por nitrito, pois a tolerância de peixes ao nitrito aumenta com a elevação do teor de salinidade da água (Kubitza, 2017).

Em relação aos índices de turbidez, estes foram maiores no período chuvoso em comparação com o período seco. Fato que pode ser atribuído ao espalhamento dos lançamentos de esgotos e efluentes industriais que se intensificam no período da chuva, causando a elevação da turbidez dessas águas. Níveis elevados de turbidez podem ocasionar danos aos habitats de animais aquáticos como a redução da fotossíntese de vegetações submersas e algas, diminuindo a produtividade de peixes e causando a mortalidade dessas espécies em casos extremos, demonstrando que a turbidez influencia também nas comunidades biológicas aquáticas locais (Chagas, 2015).

Nesse estudo observou-se valores mais elevados de condutividade nas águas coletadas no período chuvoso em comparação ao período seco correspondente ao mesmo comportamento dos sólidos totais dissolvidos. Altos valores de condutividade significam altas taxas de decomposição de material orgânica e isso é um parâmetro para quantidade de nutrientes disponíveis ou indício de problemas com poluição da água (Santos, 2008). Nas amostras de águas analisadas os valores de condutividade apresentaram média de $30,92 \pm 8,83$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ para período chuvoso e de $22,6 \pm 3,11$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de estiagem.

As mudanças nos recursos hídricos são atribuídas a diversos fatores, mas principalmente às ações antrópicas irregulares que estimulam processos no meio físico, como a erosão e o assoreamento. Segundo Souza Junior e Oliveira (2017), a elevação da condutividade pode estar associada à decomposição de plantas cobertas pelas águas ou aos resíduos orgânicos, que podem originar uma maior dispersão de íons na água.

5 CONCLUSÕES



Os resultados obtidos nas análises das águas de extração e cultivo de moluscos bivalves, em diferentes pontos dos municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, evidenciam o não cumprimento aos ODS 6 e 14; a qualidade microbiológica e físico-química das águas de bancos naturais dos municípios da Costa amazônica maranhense estudados, no período chuvoso e seco, apresentam índices considerados insatisfatórios. Assim, os ambientes aquáticos estudados apresentam situação crítica, impactando negativamente na saúde pública local.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), a Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), ao Programa de Pós Graduação em Ciência Animal (PPGCA), aos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos e Água, aos Laboratórios Multiusuários da Pós-Graduação (LAMP) e as comunidades dos municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa.

REFERÊNCIAS

ABDELZAHER, A. M., WRIGHT, M. E., ORTEGA, C., SOLO-GABRIELE, H. M., MILLER, G., ELMIR, S., NEWMAN, X., SHIH, P., BONILLA, J. A., BONILLA, T. D., PALMER, C. J., SCOTT, T., LUKASIK, J., HARWOOD, V. J., MCQUAIG, S., SINIGALLIANO C., GIDLEY, M., PLANO, L. R. W., ZHU, X., WANG, J. D., & FLEMING, L. E. Presence of pathogens and indicator microbes at a non-point source subtropical recreational marine beach. **Applied and environmental microbiology**, 76(3), 724-732. <http://dx.doi.org/10.1128/aem.02127-09>, 2010.

BANDEIRA, I. C. N. (2013). **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. CPRM.

BARBIERI, E., COLLAÇO, F. L., DOI, S. A., DE OLIVEIRA, A. J. F. C., & REZENDE, K. F. O. Microbiologia como indicador da saúde ambiental das lagoas de Ilha Comprida-SP. **O Mundo da Saúde**, 40(A), 507-520, 2017.

BARROS, M. C., FONSECA, R. S., & DA COSTA FRAGA, E. **As áreas de coleta da quiroptero fauna nos biomas Cerrado e Amazônia maranhenses**. In M. C. Barros, A. P. M. Olímpio, A. C. da Silva Lima, B. A. T. P. Campos, & M. C. da S. Ventura (Eds.), *Morcegos dos biomas Cerrado e Amazônia Maranhense: conhecer para conservar* (pp. 3-8). Atena., 2021.

BEIRÃO, A. P., & PEREIRA, A. C. A. **Reflexões sobre a Convenção do Direito do Mar**. FUNAG, 2014.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2000). **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2005). **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**.

BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). (2013). **Manual Prático de Análise de Água. (4. ed.)**. Funasa.

CAMPOS, C. J., KERSHAW, S. R., & LEE, R. J. Environmental influences on faecal indicator organisms in coastal waters and their accumulation in bivalve shellfish. **Estuaries and coasts**, 36(4), 834-853. <http://dx.doi.org/10.1007/s12237-013-9599-y>, 2013.

CHAGAS, D. S. **Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico**. 2015. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia]. <https://ri.ufrb.edu.br/handle/123456789/2798>, 2015.

COSTA, C. R. **Avaliação da balneabilidade em praias da costa leste do Nordeste brasileiro.** 2021. [Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco]. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/44973>, 2021.

CURTIUS, A. J., SEIBERT, E. L., FIEDLER, H. D., FERREIRA, J. F., & VIEIRA, P. H. Avaliando a contaminação por elementos traço em atividades de maricultura: resultados parciais de um estudo de caso realizado na ilha de Santa Catarina, Brasil. **Química Nova**, 26, 44-52, 2003).

DE JESUS, V. C., BARRETO, H. N., BEZERRA, A. R., & AMADOR, R. B. Avaliação da qualidade da água superficial em bacias urbanas da Ilha do Maranhão. **Revista de Geociências do Nordeste**, 5, 54-72, 2019.

DE SOUSA, C. B., COSTA, F. N., DA SILVA ALMEIDA FUNO, I. C., FREITAS, A. S., & BARROS, T. M. Qualidade microbiológica de ostras e de águas em manguezais de macromaré da costa amazônica (ilha de São Luís, MA), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 28, e20220051, 2023.

DE SOUZA, R. V., & DE NOVAES. VIANNA, L. F. Mapas de riscos relacionados à poluição fecal de origem humana na costa de Santa Catarina. **Documentos**, (327). <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/DOC/article/view/1106>, 2021.

DE SOUZA, R. V., DE CAMPOS, C. J. A., GARBOSSA, L. H. P., DE NOVAES VIANNA, L. F., & SEIFFERT, W. Q.Optimisingstatisticalmodelstopredictfaecalpollution in coastalareasbasedongeographicandmeteorologicalparameters. **Marine pollutionbulletin**, 129(1), 284-292, 2018.

FALAVINHA, G., & DEGENHARDT, R. Qualidade microbiológica da água de nascentes e poços da Comunidade de Barro Branco, Capinzal, SC. **Unoesc & Ciência-ACBS**, Joaçaba, 5(2), 209-216, 2014.

FARIA, C. R. S. M., & JARDIM, T. D. M. Rio+ 20: oceanos, mares e zonas costeiras. **Boletim Legislativo**, (17), 2012.

FRANÇA, A. C., ABREU, G. P. DE, BALIONI, L. F., CAPELLATO, P., RANIERI, M. G. A., FONSECA, A. L., RIBEIRO, G. C., MARQUES, P. S., & SACHS, D. Análise microbiológica da água fornecida a uma Unidade de Saúde no Município de Itajubá, Minas Gerais. **Research, Society andDevelopment**, 10(6), e33910615220. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15220>, 2021.

GOMES, M. A. F., & BARIZON, R. R. M. Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011. **Embrapa Meio Ambiente**, 2014.

KIYATAKE, D. M. **Avaliação sanitária de água de cultivo e de ostras da zona do salgado, nordeste do Estado do Pará – Brasil.** 2011. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Pará]. <https://repositorio.ufpa.br/handle/2011/6020>, 2011.

KLAASSEN, C. D. **CasarettandDoull'sToxicology: The Basic Science ofPoisons** [Toxicologia de Casarett&Doull: A Ciência Básica dos Venenos]. (9th ed.). McGraw Hill. <https://accesspharmacy.mhmedical.com/book.aspx?bookID=2462>, 2019.

KUBITZA, F. O impacto da amônia, nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. **Panorama da Aquicultura**, 27(164), 1-15, 2017.

LEIRA, M. H., CUNHA, L. D., BRAZ, M. S., MELO, C. C. V., BOTELHO, H. A., & REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet- Medicina Veterinária e Zootecnia**, 11(1), 11-17. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.11-17>, 2017.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água.** (4. ed.). Átomo, 2016.

LIUSON, E. **Pesquisa de coliformes totais, fecais e Salmonella spp. em tilápias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo.** 2003. [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-04052004-164939/pt-br.php>, 2003.

LOCH, J. **Influência da precipitação na turbidez das águas dos rios Cubatão do Sul e Vargem do Braço/SC e a avaliação do consumo de coagulantes no tratamento da água.**2019.[Dissertação de mestrado, Instituto Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1076>, 2019.

LOFTY, I. Trace metal pollutionofrecentmolluscshellsfromlakeqarunsediments, egypt. **EgyptianJournalofAquaticBiologyandFisheries**, 10(3), 117-136. <http://dx.doi.org/10.21608/ejabf.2006>, 2006).

MARTINS, M. B., & OLIVEIRA, T. G. D. **Amazônia maranhense: diversidade e conservação.** MPEG, 2011.

MENDES, DE B., & OLIVEIRA, J. F. S. **Qualidade da água para consumo humano.** Lidel, 2004.

MESQUITA, K. F. C., SANTOS, M. D. L. S., PEREIRA, J. A. R., & FIGUEIREDO, B. L. Avaliação da qualidade microbiológica da água consumida pela população da região amazônica um estudo de casos na ilha de Mosqueiro PA. **Revista ScientiaAmazonia**, 3(3), 27-31, 2014.

OBHAHIE, A. I., UGWAKA, K. A., UGWU, L. L., & ADESIYAN, F. A. Effectsof industrial effluentsand municipal wastesonwaterconductivityand total dissolvedsolids, sulphateandphosphateionsconcentrationofOgbariver, Benin City, Nigeria. **JournalofFisheriesInternational**, 2(4), 277-283, 2007.

OGA, S., CAMARGO, M. M. A., & BATISTUZZO, J. A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. (5. ed.). Atheneu, 2021.

PEREIRA, T. D. J. F., DE CASTRO, A. C. L., FERREIRA, H. R. S., SOARES, L. S., SILVA, M. H. L., WERLLEN, J., AZEVEDO, J. W. J., FRANÇA, V. L., & DOS SANTOS MOREIRA, M. Extrativismo de mariscos na ilha do Maranhão (MA): implicações ecológicas e socioeconômicas. **Revista de Políticas Públicas**, 21(2), 831-853. <https://doi.org/10.18764/2178-2865.v21n2p831-854>, 2017.

RAMOS, R. J. **Monitoramento bacteriológico de águas do mar e de ostras (Crassostrea gigas) em áreas de cultivo na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina**. 2007. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89828>, 2007.

RODRIGUES, C. **Tratamentos de água fluvial contaminada com drenagem ácida de mineração (DAM) visando a remoção de sulfato: bioestimulação de bactérias redutoras de sulfato e eletrocoagulação**. 2020. [Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216707>, 2020.

ROLOFF, T. C. Efeitos da não aplicação do controle de qualidade da água nas indústrias alimentícias. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, 1(1), 2006.

SANTOS, D. A. D. **Presença de hidrocarbonetos e nitrato nas águas freáticas de Dourados**. 2008. [Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul]. <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/985>, 2008.

SILVA, C. R. R. **Água Produzida na Extração de Petróleo**. 2000. [Monografia, Universidade Federal da Bahia], 2000.

SILVA, O. L. L., VERÍSSIMO, S. M. M., DA ROSA, A. M. B. P., IGUCHI, Y. B., DE LIMA NUNES, E. D. S. C., DE MORAES, C. M., CORDEIRO, C. A. M., XAVIER, D. D. A., PINTO, A. S. O., JOELE, M. R. S. P., BRITO, J. D. S., JUEN, L., & DA ROCHA, R. M. Effectofenvironmentalfactorsonmicrobiologicalqualityoffoysterfarming in Amazonestuaries. **AquacultureReports**, 18, 100437. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100437>, 2020.

SOUZA JUNIOR, E. G., & OLIVEIRA, V. DE P. S. Qualidade da Água do rio Itabapoana: Análise dos Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos e Influência de Empreendimentos Hidrelétricos. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto**



Ribeiro Lamego, 11(1), 29–41. <https://doi.org/10.19180/2177-4560.v11n12017p29-41>, 2017.

SOUZA, G. D., RICIETO, A., VILAS-BÔAS, G. T., GIORDANO, L., & VILAS-BÔAS, L. A. Análise da qualidade microbiológica da água, ao longo da cadeia produtiva de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), na Região Norte do estado do Paraná. *In: Anais Eletrônico VII EPCC–Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar*, 25, 1-5, 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. (3. ed., v.1, pp. 452). DESA-UFMG, 2005.