

**Daniela Reis Joaquim de Freitas**  
(Organizadora)

# Vida em EVOLUÇÃO:

EXPLORANDO AS  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**Atena**  
Editora  
Ano 2024

**Daniela Reis Joaquim de Freitas**  
(Organizadora)

# Vida em EVOLUÇÃO:

EXPLORANDO AS  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

A decorative background pattern of stylized, overlapping leaves or petals in shades of gray, arranged in a symmetrical, fan-like shape.

**Atena**  
Editora  
Ano 2024

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Camila Pereira – Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto

Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí

Profª Drª Danyelle Andrade Mota – Universidade Tiradentes

Prof. Dr. Davi Oliveira Bizerril – Universidade de Fortaleza

Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Guillermo Alberto López – Instituto Federal da Bahia

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Delta do Parnaíba – UFDPAr

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Kelly Lopes de Araujo Appel – Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal

Profª Drª Larissa Maranhão Dias – Instituto Federal do Amapá

Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Luciana Martins Zuliani – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Max da Silva Ferreira – Universidade do Grande Rio

Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Taísa Ceratti Treptow – Universidade Federal de Santa Maria

Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí

Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

## Vida em evolução: explorando as ciências biológicas

**Diagramação:** Ellen Andressa Kubisty  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
V648	Vida em evolução: explorando as ciências biológicas / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2210-5 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.105240702">https://doi.org/10.22533/at.ed.105240702</a>  1. Ciências biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.  CDD 570
<b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A vida em evolução é um dos temas mais fascinantes entre todos os assuntos já estudados. A evolução das espécies é o processo pelo qual as espécies mudam ao longo do tempo, adaptando-se às pressões do ambiente e desenvolvendo novas características. Desde que a teoria da evolução de Charles Darwin revolucionou a forma como entendemos a vida na Terra, os biólogos têm explorado e estudado a evolução em detalhes e seus aspectos mais distintos.

Pesquisadores estudam a evolução através de diversas abordagens, incluindo a genética, a ecologia, fisiologia e a biologia evolutiva, entre outras. Mas o fato é que explorar a vida em evolução através das ciências biológicas é uma jornada emocionante e desafiadora, que nos ajuda a compreender a incrível diversidade e complexidade da vida na Terra. A evolução é um processo dinâmico e contínuo, e seu estudo nos permite entender melhor o mundo natural que nos rodeia.

Na obra aqui apresentada, “ Vida em evolução: explorando as ciências biológicas”, é proposta uma discussão sobre diferentes aspectos da vida estudada pelo olhar de pesquisadores de diferentes áreas, através de artigos científicos originais e revisões bibliográficas atuais, baseadas em trabalhos de pesquisa realizados em universidades e importantes centros de pesquisa.

A Atena Editora conta com um corpo editorial formado por mestres e doutores das melhores universidades do Brasil, o que proporciona uma obra relevante e qualidade. Esperamos que seja de seu proveito. Boa leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

**CAPÍTULO 1 ..... 1**

FRECUENCIA DEL GRUPO ESCAPE EN HERIDAS EN PACIENTES DE UN HOSPITAL DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

Méndez Flores Alan Jair  
Ruiz Tagle Alejandro César  
López García Alma  
Villagrán Padilla Claudy Lorena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407021>

**CAPÍTULO 2 ..... 10**

USO DE PLATAFORMA DIGITAL DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA PREENCHER LACUNAS NA DIETA DA ARARA-CANINDÉ, *ARA ARARAUNA* (PSITTACIDAE)

Lucas Sobral dos Santos  
Stephanie Teles dos Santos  
Paulo Antonio Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407022>

**CAPÍTULO 3 .....25**

CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GENÉTICA EM UMA ESCOLA DA EDUCAÇÃO BÁSICA, NA CIDADE DE ZÉ DOCA- MA

Clemilda Lopes Pinheiro  
Maria Eduarda da Silva Carvalho  
Cilene Miranda Andrade Pinheiro  
Emanoel da Luz Silva Sousa  
Maiza de Souza Palmeira  
Júlio César Carvalho de Oliveira  
Antonia Claudia da Conceição Palmeira  
Ana Carla Silva Jansen  
Albeane Guimarães Silva Almeida  
Jaqueline Diniz Pinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407023>

**CAPÍTULO 4 .....36**

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA GESTÃO PARTICIPATIVA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: REFLEXÕES E PERSPECTIVAS

Kelly Pinheiro dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407024>

**CAPÍTULO 5 .....44**

LISTERIA MONOCYTOGENES: ANÁLISIS INTEGRAL DE LA PATOGENICIDAD, RESISTENCIA ANTIBIÓTICA Y PREVALENCIA EN LA CADENA ALIMENTARIA

Nohemi Vazquez  
Brenda Sofia Loaeza Cruz  
José Carlos Parada Fabián  
Ana Karen Álvarez Contreras

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407025>

**CAPÍTULO 6 .....65****MECANISMOS DE RESPOSTA E REGULAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM *SALMONELLA ENTERICA***

Eduardo de Paula Nascente  
 Ursula Nunes Rauecker  
 Ana Maria de Souza Almeida  
 Mariana Moreira Lopes  
 Maria Auxiliadora Andrade  
 Moema Pacheco Chediak Matos  
 Lívia Mendonça Pascoal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407026>

**CAPÍTULO 7 .....92****EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS SUBMETIDAS AO PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

Mateus Hillmann de Lima  
 Franciele Zanardo Bohm

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407027>

**CAPÍTULO 8 ..... 103****EFEITO DE EXTRATOS AQUOSOS DE RUBIACEAE E FABACEAE NA ALIMENTAÇÃO E OVIPOSIÇÃO DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* L., 1758 (PLUTELLIDAE: LEPIDOPTERA)**

Rosicleia Matias da Silva  
 Claudemir Antonio Garcia Fioratti  
 Rosilda Mara Mussury

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407028>

**CAPÍTULO 9 .....117****ESPECIES DE PECES COLECTADAS EN LA PESCA INCIDENTAL DE SARDINAS (CLUPEIDAE) EN LAS BARRANCAS, ALVARADO, VERACRUZ, MÉXICO**

Rafael Chávez-López  
 Ángel Morán-Silva  
 Jesús Montoya-Mendoza  
 Sergio Cházaro-Olvera  
 César Meiners-Mandujano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1052407029>

**CAPÍTULO 10..... 140****EVENTOS EXTREMOS NA ZONA COSTEIRA: CONSEQUÊNCIAS SOBRE A DINÂMICA SEDIMENTAR NO TRECHO SUL DO LITORAL DE SÃO PAULO**

Amanda Escarabichi Bueno Mariano  
 Letícia Noveleto Chiquetto  
 Pinto Leonídio Hanamulamba  
 Guilherme Ramos Panizza

Isadora Barbosa de Carvalho  
Maria Carolina de Souza Destito  
Marília Cunha Lignon

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10524070210>

**CAPÍTULO 11 ..... 158**

**ETNOFARMACOLOGIA DE ESPÉCIES VEGETAIS DE UMA COMUNIDADE RURAL DE MAURITI - CE**

Gislenne de Sousa Santos  
Márcia Taíza Pereira da Cruz  
José Weverton Almeida-Bezerra  
Alef Martins de Oliveira  
Raquel Furtado dos Santos Moura  
Dhenes Ferreira Antunes  
Nara Juliana Santos Araujo  
Vanessa Leopoldino Coelho Rodrigues  
Ana Letícia Gonçalves Pereira  
Jeovane Henrique de Souza  
Vanessa Jacó Paixão  
Luana Vinuto Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.10524070211>

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 169**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 170**

## FRECUENCIA DEL GRUPO ESCAPE EN HERIDAS EN PACIENTES DE UN HOSPITAL DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

Data de submissão: 01/12/2023

Data de aceite: 01/02/2024

### **Méndez Flores Alan Jair**

Lic. en Químico Farmacobiólogo, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP  
Puebla – Puebla  
<https://orcid.org/0009-0009-5254-0379>

### **Ruiz Tagle Alejandro César**

Laboratorio de Microbióloga, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP  
Puebla - Puebla  
<http://orcid.org/0009-0000-6146-3170>

### **López García Alma**

Laboratorio de Microbióloga, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP  
Puebla - Puebla  
<https://orcid.org/0000-0003-0339-524X>

### **Villagrán Padilla Claudy Lorena**

Laboratorio de Microbióloga, Facultad de Ciencias Químicas, BUAP  
Puebla - Puebla  
<https://orcid.org/0009-0003-7384-9670>

**RESUMEN:** La resistencia a los antimicrobianos (RAM) es una importante amenaza para la salud mundial, que provoca millones de muertes al año por infecciones resistentes a los antibióticos. Las causas más comunes de estas infecciones son

un grupo de bacterias conocidas como patógenos ESKAPEE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, especies de *Enterobacter* y *Escherichia coli*). **Objetivo.** Analizar la presencia del grupo ESKAPEE en heridas de pacientes de un hospital en la ciudad de Puebla. **Metodología.** Investigación descriptiva, retrospectiva y transversal, desarrollada en un hospital de segundo nivel de la ciudad de Puebla. La población del estudio consistió en todas las muestras de pacientes con infecciones o sospecha de infecciones intrahospitalarias de cultivos de heridas tomadas en un hospital de la ciudad de Puebla en el periodo de enero de 2022 a diciembre de 2022. Se analizaron un total de 772 muestras provenientes de cultivos de heridas de pacientes internados. Se analizó la frecuencia de aislamientos del grupo ESKAPEE mediante el uso de la paquetería Excel. **Resultados.** Del total de aislamientos, el 57.77% (446) corresponden al grupo ESKAPEE y el 42.23% (326) a otras especies distintas al grupo de estudio. Al hacer el análisis del total de aislamientos de las bacterias pertenecientes al grupo ESKAPEE (446 aislamientos) se encontró lo siguiente

(Gráfico 2): *Enterococcus faecium* en un 5.61% (25) de aislamientos, *Staphylococcus aureus* 32.74% (146 aislamientos), *Klebsiella pneumoniae* 4.26% (19 aislamientos), *Acinetobacter baumannii* 7.85% (35 aislamientos), *Pseudomonas aeruginosa* 12.56% (56 aislamientos), *Enterobacter spp.* 6.95% (31 aislamientos) y por último *Escherichia coli* con 30.04% (134 aislamientos). **Conclusión.** El estudio identificó la presencia de colonización en pacientes internados, siendo esta colonización en su mayoría, por bacterias resistentes pertenecientes al grupo ESKAPE.

**PALABRAS-CLAVE:** Resistencia, Antibióticos, heridas, infecciones, ESKAPE

## FREQUENCY OF THE ESCAPE GROUP IN WOUNDS IN PATIENTS OF A HOSPITAL IN THE STATE OF PUEBLA, MEXICO

**ABSTRACT:** Antimicrobial resistance (AMR) is a major global health threat, resulting in millions of deaths per year from antibiotic-resistant infections. The most common causes of these infections are a group of bacteria known as ESKAPEE pathogens (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter species* and *Escherichia coli*). **Objective.** To analyze the presence of the ESKAPEE group in wounds of patients in a hospital in the city of Puebla. **Methodology.** Descriptive, retrospective and cross-sectional research, developed in a second level hospital in the city of Puebla. The study population consisted of all samples from patients with infections or suspected in-hospital infections from wound cultures taken in a hospital in the city of Puebla in the period from January 2022 to December 2022. A total of 772 samples from inpatient wound cultures were analyzed. The frequency of ESKAPEE group isolates was analyzed using the Excel package. **Results.** Of the total number of isolates, 57.77% (446) corresponded to the ESKAPEE group and 42.23% (326) to species other than the study group. An analysis of the total isolates of bacteria belonging to the ESKAPEE group (446 isolates) showed the following (Figure 2): *Enterococcus faecium* in 5.61% (25) of isolates, *Staphylococcus aureus* 32.74% (146 isolates), *Klebsiella pneumoniae* 4.26% (19 isolates), *Acinetobacter baumannii* 7.85% (35 isolates), *Pseudomonas aeruginosa* 12.56% (56 isolates), *Enterobacter spp.* 6.95% (31 isolates) and finally *Escherichia coli* with 30.04% (134 isolates). **Conclusion.** The study identified the presence of colonization in hospitalized patients, being this colonization in its majority, by resistant bacteria belonging to the ESKAPE group.

**KEYWORDS:** Resistance, Antibiotics, Injuries, Infections, ESKAPE.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, existe una urgente necesidad de desarrollar nuevas estrategias para combatir específicamente la resistencia a los antimicrobianos del grupo de bacterias ESKAPEE, ya que este grupo es la mayor amenaza a los sistemas de salud pública en todo el mundo, por lo que es necesaria una rápida acción para tratar este problema tan grave. Hasta el momento no ha sido suficiente la implementación de terapias empleando combinaciones de fármacos y desafortunadamente, no parecen existir avances en el desarrollo de nuevos antimicrobianos contra *P. aeruginosa* y *A. baumannii*. Se han hecho grandes esfuerzos en el desarrollo de nuevos inhibidores de  $\beta$ -lactamasas y de sistemas

de expulsión; sin embargo, esto no ha sido suficiente y por el momento es urgente explorar nuevas alternativas. **(2)**

Los criterios para incluir patógenos en la lista fueron los siguientes, según la OMS: El grado de letalidad de las infecciones que provocan; el hecho de que el tratamiento requiera o no hospitalización prolongada; la frecuencia con que presentan resistencia a los antibióticos existentes; la facilidad con la que se transmiten entre animales, de animales a personas y entre personas; si las infecciones que provocan pueden o no prevenirse (por ejemplo, mediante una buena higiene y vacunación); cuántas opciones terapéuticas quedan; y si se están investigando y desarrollando nuevos antibióticos para tratar las infecciones que causan. En la lista de prioridad crítica se incluyen bacterias multirresistentes especialmente peligrosas en hospitales, hogares de cuidado crónico y entre pacientes que necesitan ser atendidos con dispositivos invasivos como ventiladores y catéteres intravenosos. **(5)**

El objetivo del trabajo fue analizar la presencia del grupo ESKAPEE en heridas de pacientes de un hospital en la ciudad de Puebla

## BACTERIAS DEL GRUPO ESKAPEE

El término ESKAPE hace referencia a un grupo de seis bacterias responsables de la mayoría de las infecciones nosocomiales que son capaces de, relativamente, escapar de los efectos de los antimicrobianos. **(Chávez, 2020)**

En 2017, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una lista global de bacterias resistentes a los antibióticos que merecen prioridad en la investigación de nuevos fármacos. En esta lista, las bacterias ESKAPE ocupan las primeras posiciones, clasificadas como críticamente prioritarias (*A. baumannii*, *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae* y *Enterobacter spp.*) y altamente prioritarias (*E. faecium* e *S. aureus*) para investigaciones que minimicen la morbimortalidad por esos agentes infecciosos. **(9)**. En los últimos años diferentes organizaciones han decidido incorporar a *E. coli* a esta lista de super bacterias ya que de igual modo es una de las bacterias más frecuentemente aislada en diversos hospitales y presentando resistencia a antibióticos.

Debido a la amplia distribución de infecciones causadas por este grupo de bacterias el Centro para el Control de Enfermedades de los Estados Unidos (CDC) ha emitido una alerta para incentivar la creación de nuevas estrategias para el tratamiento de infecciones causadas principalmente por las siguientes bacterias: *S. aureus* resistente a meticilina (MRSA), *E. faecium* resistente a vancomicina, *P. aeruginosa* resistente a fluoroquinolonas, Enterobacterias productoras de  $\beta$ -lactamasas de espectro extendido (ESBL) y *Acinetobacter baumannii* resistente a carbapenémicos **(4)**.

## INFECCIONES DE HERIDAS

Las heridas son muy frecuentes y en ocasiones pueden implicar gravedad e incluso riesgo para la vida de los pacientes. Es muy importante la limpieza de las heridas, su desinfección y el empleo de antisépticos, tiras, esparadrapos y apósitos que consigan una rápida cicatrización, así como la restauración de la superficie de la piel que ha resultado afectada. **(1)**

Las heridas que pueden sufrir infección son de origen quirúrgico, traumático o fisiológico. Estas últimas incluyen la superficie endometrial después de la separación de la placenta y el muñón umbilical el recién nacido. Las heridas traumáticas comprenden diversos daños como cortaduras profundas, fracturas expuestas necrosis por congelamiento y quemaduras térmicas. Los orígenes de infecciones incluyen:

- Microbiota del propio paciente
- Material de individuos infectados o portadores que pueden entrar en contacto con heridas a través de fómites, manos o a través del aire.
- Patógenos del ambiente que pueden contaminar las heridas a través de la tierra, ropa y otros materiales extraños.

Las infecciones intrahospitalarias, ocasionadas muchas veces por bacterias resistentes, pueden provocar la muerte o dejar secuelas graves en los pacientes internados. Seguir una serie de procedimientos y cuidados es fundamental para evitar su propagación y tratarlas. La resistencia es un fenómeno natural por el cual las bacterias consiguen evitar, expulsar, destruir o resistir concentraciones de antibiótico que inhiben o destruyen otras bacterias de la misma especie. Durante los últimos años se ha observado un aumento en la incidencia de infecciones causadas por bacterias multidrogoresistentes (MDR), lo cual se ha convertido en un problema de salud pública en el mundo. **(8)**

## METODOLOGÍA

El procedimiento para la toma de muestra fue el siguiente: limpiar de forma meticulosa la lesión con suero fisiológico, abrir el hisopo, sujetar el hisopo por la zona del precinto sin tocar en ningún momento el soporte que se introducirá al tubo de transporte, introducir el extremo estéril del hisopo en la lesión, en la parte central, y girar el hisopo con movimientos circulares de izquierda a derecha y de derecha a izquierda buscando siempre la zona mas profunda y evitando tocar los bordes de esta, colocar inmediatamente el hisopo en el medio de transporte. **(6)**.

Una vez obtenida la muestra ésta será transportada al laboratorio para su siembra e identificación de la bacteria según sus características siguiendo la siguiente metodología.

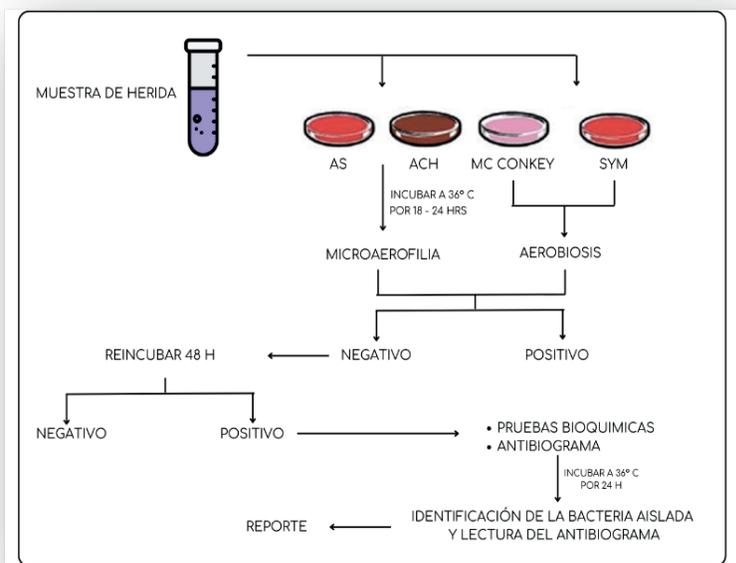


Diagrama 1 Metodología para cultivos de heridas (3)

## RESULTADOS

Se realizó el análisis de un total de 772 muestras provenientes de cultivos de heridas de pacientes internados en un hospital de 2° nivel de la ciudad de Puebla en el periodo de enero de 2022 a diciembre de 2022. De los 772 pacientes, el 65.28% (504) fueron hombres y el 34.72% (268) mujeres, la población que predominó fue la de los hombres. Por otro lado, en el rango de edad de los pacientes al momento de tomar la muestra predominaron adultos (26 a 60 años) con un 55.31% del total, seguido por pacientes de la tercera edad (+61) con un 31.87%, adolescentes (13 a 20 años) con 5.96%, jóvenes (21 a 25 años) con 4.66%, infantes (0-6 años) con 1.30% y por último niños (7 a 17 años) con un porcentaje de 0.91%. Del total de aislamientos, el 57.77% (446) correspondieron al grupo ESKAPEE y el 42.23% (326) a otras especies distintas al grupo de estudio (Gráfico 1).

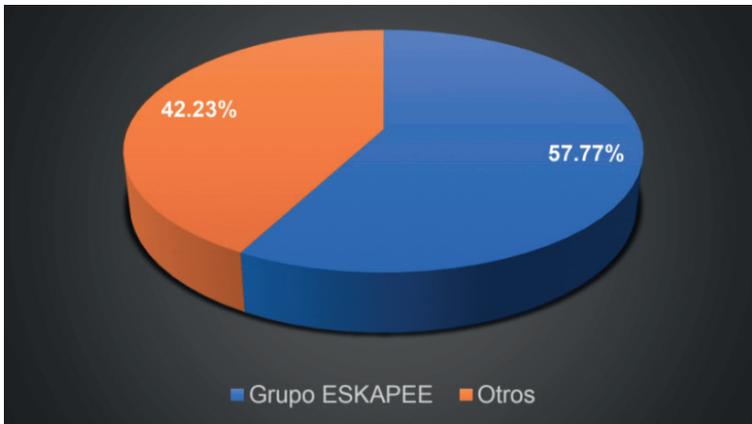


Gráfico 1. Total de aislamientos del grupo ESKAPEE y otras especies. Propia autoría.

De los 446 aislamientos pertenecientes al grupo ESKAPEE el 5.61% (25) fue de *Enterococcus faecium*, el 32.74% (146 aislamientos) *Staphylococcus aureus*, el 4.26% (19 aislamientos) *Klebsiella pneumoniae*, el 7.85% (35 aislamientos) *Acinetobacter baumannii*, el 12.56% (56 aislamientos) *Pseudomonas aeruginosa*, el 6.95% (31 aislamientos) *Enterobacter spp.* y por último el 30.04% (134 asilamientos) de *Escherichia coli* (Gráfico 2).

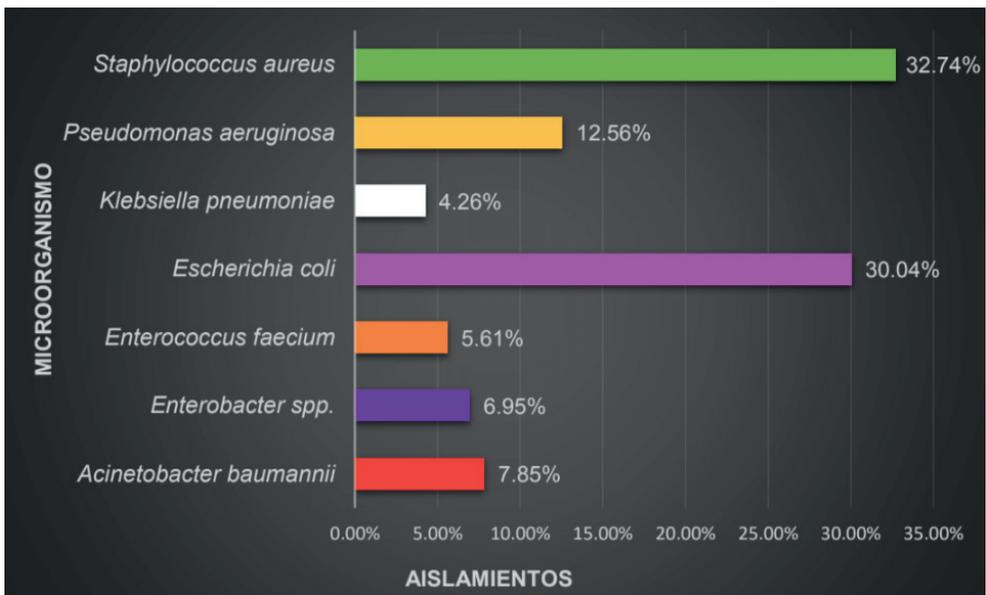


Gráfico 2. Frecuencia de aislamientos del grupo ESKAPEE. Propia autoría.

## DISCUSIÓN

La Organización Mundial de la Salud ha decretado la emergencia de resistencia antimicrobiana como un problema de salud pública que requiere de un plan de acción en el contexto de cada país y a nivel internacional. Una de las estrategias de este programa es conocer la tendencia que existe en la resistencia antimicrobiana de aislados clínicos. **(10)**. Es por ello por lo que se considera relevante la información obtenida y presentada en este trabajo, ya que permite conocer la frecuencia de las bacterias pertenecientes al grupo ESKAPEE y su resistencia antimicrobiana presentes en cultivos de heridas en un hospital de 2° nivel de la ciudad de Puebla.

Los datos muestran que el sexo que con mayor frecuencia se presentó por algún problema de una herida infectada fue el masculino, con un 65.28%. Esos hallazgos pueden justificarse por el hecho de que el sexo masculino no tiene el hábito de acompañar rutinariamente su condición de salud, y cuando buscan a los servicios de salud se encuentran ya en estado que inspira cuidados avanzados. Respecto a la edad existió una mayoría de pacientes adultos con una edad entre los 26 a 60 años seguido por pacientes de la tercera edad con un 31.87%, siendo estos los que mayor frecuencia tuvieron. Además, con el avance de la edad y el proceso de senilidad, se hace necesario mayor cuidado, debido a la fragilidad de ese período. **(9)**.

De los aislamientos de cultivo de heridas se obtuvo que el grupo ESKAPEE tiene una mayor frecuencia de aparición (446 aislamientos) respecto a otras bacterias (326 aislamientos) ya que el 57.77% corresponde este grupo de interés y el 42.23% a otras especies. Podemos atribuir este resultado a que el grupo ESKAPEE está integrado por patógenos oportunistas los cuales están frecuentemente implicados en infecciones asociadas a la atención sanitaria.

La bacteria que más predominó en todos los estudios fue *Staphylococcus aureus*. La mayoría de los estafilococos se propagan por contacto de piel con piel, un médico, una enfermera, otros proveedores de atención médica o los visitantes al hospital pueden tener estafilococos en su cuerpo que se pueden propagar a un paciente. Una vez que el estafilococo entra al cuerpo, puede propagarse a los huesos, las articulaciones, la sangre o cualquier órgano, como los pulmones, el corazón o el cerebro.

En los resultados de igual manera se observó que *E.coli* fue el segundo patógeno más frecuentemente aislado en cultivo de heridas con un aislamiento del 30.04% (Gráfico 2). Este hallazgo es similar al que reportó Velázquez en 2018 en un trabajo previo donde describió la tendencia de cepas multidrogoresistentes (MDR) aisladas en hemocultivos de pacientes con cáncer, donde *E. coli* fue la bacteria que se aisló con mayor frecuencia. Este es uno de los géneros frecuentemente identificados causante de infecciones nosocomiales en los últimos años, además que cumple con los criterios mencionados por la Organización Panamericana de La Salud en 2018 para ser incluida dentro del grupo ESKAPEE. De igual

manera su adición a este grupo se puede justificar con el trabajo que presenta Peterson en 2009 donde propone un cambio en el acrónimo ESKAPE por ESCAPE donde busca incluir a la familia Enterobacteriaceae y la nueva terminología quedaría así: *E. faecium*, *S. aureus*, *Clostridium difficile*, *A. baumannii*, *P. aeruginosa* y *Enterobacteriaceae* siendo este último grupo donde se considera a *E.coli*,

Esta nueva terminología englobaría también a otros patógenos de importancia clínica que pueden expresar niveles crecientes de resistencia a los antibióticos, se sugiere este cambio ya que la farmacorresistencia no es solo una amenaza potencial, sino una realidad que hay que subrayar (7).

## CONCLUSIONES

El estudio identificó la presencia de microorganismos en heridas de pacientes de un hospital de la ciudad de Puebla, siendo en su mayoría por bacterias multidrogasresistentes y oportunistas (57.77%), éstas pertenecen al grupo ESKAPEE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, especies de *Enterobacter* y *Escherichia coli*). La bacteria que más predominó en este estudio fue *Staphylococcus aureus* con el 32.74% de los aislamientos, siendo el microorganismo más frecuentemente aislado. *E. coli* fue la segunda bacteria con más aislamientos en el estudio, cumple con los criterios que marca la OMS para ser incluido en la lista de prioridad crítica donde se incluyen bacterias multirresistentes especialmente peligrosas en hospitales, además que su frecuencia de aparición es mayor en los últimos años según varios reportes de recientes estudios. A pesar de que este grupo de bacterias son conocidas y estudiadas, aún tenemos mucho trabajo por hacer de manera local y regional para mejorar las estrategias que logren la reducción de infecciones asociadas a las bacterias del grupo ESKAPE. Para epidemiología hospitalaria debe ser una prioridad crear y fortalecer la relación con el laboratorio de microbiología para implementar un sistema de vigilancia de este grupo de bacterias, ya que éste es un pilar fundamental de la vigilancia epidemiológica.

## REFERENCIAS

1. Bosch Á. (2001). Las heridas y su tratamiento. *Offarm*, 20(7):89–92. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-las-heridas-su-tratamiento-13018317>
2. Chávez, J. V. M. (2020). La batalla contra las superbacterias: No más antimicrobianos, no hay ESKAPE. *Tip rev espec cienc quim biol*. 23(3):1-11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.202>.
3. Manual Práctico de Bacteriología, pág. 28. Primera edición 2008

4. Nakonieczna, J., Wozniak, A., Pieranski, M., RapackaZdonczyk, A., Ogonowska, P. & Grinholc, M. (2019). Photoinactivation of ESKAPE pathogens: overview of novel therapeutic strategy. *Future Med. Chem.* 11(5):443-461. <https://doi.org/10.4155/fmc-2018-0329>.
5. Organización Panamericana de la Salud. (2018). Patógenos multiresistentes que son prioritarios para la OMS - OPS/OMS | Paho.org. <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-patogenos-multiresistentes-que-son-prioritarios-para-oms>
6. Padrós S. C., (2010). Toma de muestras para el cultivo microbiológico. *REP.* XXI(6):237–239. <https://www.revesppod.com/Documentos/ArticulosNew/X021012381050088X.pdf>
7. Peterson L. R. (2009). Bad Bugs, No Drugs: No ESCAPE Revisited. *Clin Infect Dis.* 2009 Sep 15;49(6):992-3. doi: 10.1086/605539. PMID: 19694542.
8. Rivera, E., Casares, H., Posada, H., Luisa, & Pardo Núñez, Armando. (2008). Resistencia bacteriana de cepas aisladas en el Hospital "Hermanos Ameijeiras." *Rev. Cubana de Medicina*, 47(4).
9. Santos Z. F. do N, Da Silva R. M., Soares da S. R G., Gabrieli R. A., Tondello J. F. (2020). Colonización por ESKAPES y características clínicas de pacientes en estado crítico. *Enferm Global*, 19(3):214–254.
10. Velázquez A., C., Cornejo J., P., Volkow F., P. (2018). Cepas E-ESKAPE multidrogorresistentes aisladas en hemocultivos de pacientes con cáncer. *Salud Pública de México*, 60(2):151. <https://doi.org/10.21149/8767>

# USO DE PLATAFORMA DIGITAL DE CIÊNCIA CIDADÃ PARA PREENCHER LACUNAS NA DIETA DA ARARA- CANINDÉ, *ARA ARARAUNA* (PSITTACIDAE)

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Lucas Sobral dos Santos**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste),  
Presidente Prudente – SP, Brazil

### **Stephanie Teles dos Santos**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste),  
Presidente Prudente – SP, Brazil

### **Paulo Antonio Silva**

Universidade do Oeste Paulista (Unoeste),  
Presidente Prudente – SP, Brazil

com espécies exóticas, exibindo certa resistência aos fatores deletérios dos tecnosistemas. Observamos sua dieta em 14 estados brasileiros, 4 biomas e 3 zonas de ecótonos, cuja dieta demonstrou alta dissimilaridade ( $IJ < 0,5$ ) entre si. Apesar do uso incipiente, projetos que envolvem cientistas cidadãos estão florescendo, particularmente em ecologia e ciências ambientais. Este método de pesquisa apresenta grande potencial para influenciar políticas e orientar o gerenciamento dos recursos, produzindo conjuntos de dados que seriam inviáveis de gerar.

**RESUMO:** Este estudo inova pela forma de uso da ciência cidadã, especificamente pela coleta, aplicação e identificação de 377 registros fotográficos de alimentação pela arara-canindé (*Ara ararauna*), disponibilizadas por 279 cidadãos cientistas no Brasil em 1999 e entre os anos de 2006 a 2019, na plataforma digital do wikiaves. A partir disso, Identificamos 80 espécies alimentícias, corroborando, e descrevendo pela primeira vez, 46 novas na dieta desta ave. Foram consumidos 6 partes vegetais, aparentemente, indicando algum controle no recrutamento e estabelecimento das espécies consumidas, via predação e dispersão de sementes. Esta ave apresentou uma alta associação

**ABSTRACT:** This study innovates by the way of using citizen science, specifically by collecting, applying and identifying 377 photographic records of feeding by the blue-and-yellow macaw (*Ara ararauna*), made available by 279 citizen scientists in Brazil in 1999 and between the years 2006 to 2019, on the wikiaves digital platform. We identified 80 food species, corroborating and describing, for the first time, 46 new in the diet of this bird. Six plant parts were consumed, apparently, indicating some control in the recruitment and establishment of the species consumed, via predation and seed dispersal. This bird showed

a high association with exotic species, exhibit some resistance to the harmful factors of technoecosystems. We observed their diet in 14 Brazilian states, 4 biomes and 6 ecotone zones, whose diet showed high dissimilarity ( $IJ < 0.5$ ) with each other. Despite incipient use, projects involving citizen scientists are flourishing, particularly in ecology and environmental sciences. This research method has great potential to influence policies and guide the management of resources, producing data sets that would not be feasible to generate.

**KEYWORDS:** Citizen scientist. Limited information. Food ecology. Conservation. Wikiaves

## INTRODUÇÃO

O papel antagonista e mutualístico de frugívoros e granívoros vertebrados na dispersão, predação e pré-dispersão de sementes (Fleming and Kress 2013), podem influenciar a composição, abundância (Dirzo and Miranda 1991), distribuição e promoção do fluxo gênico de um amplo grupo de plantas, sendo determinantes na estruturação e funcionamento de ecossistemas (Wisz et al. 2013).

Psitacídeos (Aves; Psittacidae) são consumidores primários, i.e., se alimentam de sementes, polpa e arilo dos frutos e, em menor frequência (variando com a sazonalidade e disponibilidade de recursos), de flores, néctar, gastrópodes, insetos, algas e barros ricos em sódio que, servem para diminuir a toxicidade de alguns frutos tropicais (Sick 1997), sobretudo de sementes (Renton et al. 2015).

Essas aves usualmente habitam o dossel florestal, o que dificulta a obtenção de dados biológicos para a maioria das espécies desse grupo (Terborgh et al. 1990). Tal limitação é preocupante, pois um terço dos psitacídeos estão ameaçados de extinção (Berkunsky et al. 2017) e ações conservacionistas requerem informações básicas sobre a história natural dessas aves (*sensu* Beehler 2010). Considerando as espécies com ampla distribuição geográfica, a situação se agrava, pois uma ação efetiva de conservação pode depender do conhecimento de sua ecologia ao longo da área onde ocorrem. Uma maneira atraente para minimizar tal limitação, e aumentar a quantidade de informações biológicas sobre as espécies de psitacídeos, é o uso de plataformas digitais de ciência cidadã cujo enfoque são as aves (*isensu* Devictor et al. 2010). Nessas plataformas, cidadãos comuns contribuem com dados ecológicos de uma variedade de espécies. Os projetos de ciência do cidadão variam em assunto, objetivos, atividades e escala (Wiggins and Crowston 2015). Contudo, possuem um objetivo em comum, que é a produção de dados confiáveis que possam ser utilizados para fins científicos (Kosmala et al. 2016). Contudo, até agora, o aproveitamento dessas informações ainda é incipiente.

Visando avaliar a eficiência, e com isso fomentar o uso da ciência cidadã, buscamos ampliar os conhecimentos na dieta de arara-canindé (*Ara ararauna*) e, com isso, promover sua conservação. Utilizando a plataforma brasileira de ciência cidadã, o Wikiaves (<https://www.wikiaves.com.br/>), pudemos determinar as plantas envolvidas em sua dieta, a partir de registros fotográficos. Embora com a dieta conhecida, partimos do pressuposto de que

tal investigação é fundamental para preencher lacunas e ampliar o conhecimento acerca da história natural desse psitacídeo (Devictor et al. 2010), e.g., determinar suas plantas alimentícias em várias regiões, sobretudo identificar novas espécies vegetais envolvidas na sua alimentação. Em última análise, para promover iniciativas e estratégias efetivas de manejo e restauração de paisagem objetivando a conservação da arara-canindé em múltiplas áreas (Silva and Melo 2013).

## MÉTODOS

### Espécie focada

A arara-canindé é um psitacídeo de grande porte, com uma alta demanda energética. Ocupam as áreas de dossel, fora do extrato florestal ou áreas florestais periféricas. Habitam várzeas, matas de galeria ou ciliares com buritizais, babaquais e outras espécies de palmeiras, o que faz desta espécie o psitacídeo americano com maior amplitude de distribuição (Forshaw 1989). Embora com status de Pouco Preocupante (ICMBIO/IUCN 2018), essa ave está ameaçada nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. As principais ameaças advêm da captura para o comércio ilegal. Um fato notório acerca da espécie é sua plasticidade ecológica: ela parece prosperar em paisagens modificadas, sobretudo em áreas urbanas (Silva 2018).

### Coleta de dados

A partir da página online do Wikiaves, optamos por busca avançada. Filtramos a partir da inserção do nome do táxon (*Ara ararauna*), preenchendo somente o campo referente à ação principal registrada de Alimentando-se/Caçando. Com isso obtivemos 746 imagens. Ao clicar na mesma esta é aberta em alta resolução, ao passo que informações sobre a imagem são também disponibilizadas, como: a data em que a imagem foi feita, a citação do autor e o município e estado em que o registro foi feito. Neste estudo, adotamos critérios de seleção das imagens como: a obrigatoriedade do reconhecimento do ataque, a posse do alimento pela arara-canindé (pés zigodáctilos/bico) e registros que não correspondessem a organismos em cativeiro.

### Organização dos dados

As imagens foram arquivadas e numeradas. Elaboramos duas planilhas: a primeira dispunha sobre: organismo modelo; número da imagem; data do registro; espécie vegetal utilizada; família botânica; item consumido; município; estado; bioma e citações dos autores das imagens. A segunda planilha caracterizava as espécies consumidas, como: nomes das espécies; frequência; origem; grau de risco de extinção; estados e o bioma de ocorrência dos registros.

## Identificação botânica e análises das plantas alimentícias

Comparamos as imagens coletadas com a literatura botânica: (Lorenzi 2008, Souza and Lorenzi 2008; Lorenzi 2009ab, Lorenzi et al. 2010; Ramos et al. 2015, Souza et al. 2018). Foram analisados aspectos como: semelhanças morfológicas de estruturas, tamanhos de partes vegetais, distribuição e padrões de coloração. Com auxílio do aplicativo plantnet project.org2, pudemos identificar algumas espécies, famílias e itens, pelo processo de inteligência artificial e ciência cidadã do aplicativo. Utilizamos a chave de identificação botânica, (adaptadas a partir de Capellari Júnior et al. (1999), com revisão por APG II, exceto para Mimosaceae, Fabaceae e Caesalpiniaceae sensu Cronquist). Aplicamos um critério maior para distribuição das espécies alimentícias, usando a base de dados da plataforma digital do Re flora (<http://reflora.jbrj.gov.br/>).

Para auxiliar a identificação dos itens (Benavidez et al. 2018), e de novas espécies, foi realizada uma revisão bibliográfica da dieta da arara-canindé (ver anexo 2).

A caracterização do consumo por endosperma líquido, foi feito a partir do movimento de alongamento posterior do crânio/pescoço para trás, afim de acessar o recurso.

Para identificação dos biomas, foram utilizados dados e mapas do IBGE (<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101588.pdf>) que levam em consideração a composição vegetal original. A partir do Google Earth Engine, comparamos os locais do registro com os mapas.

## Similaridade

O índice de Jaccard foi utilizado para medir o grau de similaridade entre as plantas alimentícias encontradas no Wiki Aves e as já publicadas. Também aplicamos para determinar as similaridades entre as plantas consumidas nos estados e biomas. Para isto foi utilizado o programa FITOPAC. Os valores gerados variam entre 0 (nenhuma similaridade) a 1 (totalmente similar), ou seja, quanto mais próximo de um, mais similar os resultados. O valor cofenético mede o grau de distorção da matriz. Valores acima 0,7 indicam matrizes robustas e confiáveis nos grupos de dendrogramas.

## RESULTADOS

Nós utilizamos de maneira descritiva e documental, de natureza qualitativo-quantitativa, 377 fotografias feitas por 279 cidadãos cientistas nos anos de 1999 e entre 2006 a 2019, como o ilustrado na (Figure 1).

## Uso da ciência cidadã

Os registros variaram em razão dos voluntários e possivelmente, da demografia de populações da arara-canindé.

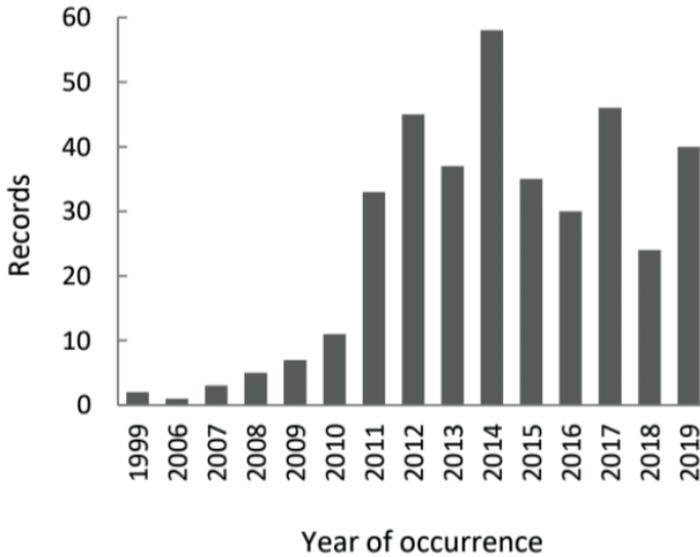


FIGURE 1. Contribution episodes. Changes over time in the eating habits of blue-and-yellow macaw.

A partir dos critérios adotados para este estudo, 50,53% (n=377) das imagens analisadas, foram utilizadas. O nível de similaridade (Índice de Jaccard) entre as espécies consumidas ilustradas neste estudo e as já descritas na bibliografia foi de 0,437 (i.e., 47,7%).

### Ecologia alimentar da arara-canindé

Identificamos 80 espécies de plantas na dieta da arara-canindé. Onde a (Table 1), representa as espécies alimentícias, que foram utilizadas ao menos 5 vezes pela arara-canindé, denotando maior significância.

Family	Species	Frequency of consumption	Food item
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	32	LI;SE
Arecaceae	<i>Mauritia flexuosa</i>	27	CL;FO;FR
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	22	FO;SE
Arecaceae	<i>Attalea phalerata</i>	19	LI;SE
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	18	FO;IF;SE
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	18	FO;FR
Arecaceae	<i>Roystonea oleracea</i>	14	LI;SE
Arecaceae	<i>Attalea maripa</i> *	13	SE
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	12	SE;IF
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	12	SE
Arecaceae	<i>Attalea speciosa</i> *	8	SE;CL
Poaceae	<i>Saccharum officinarum</i> *	8	LI
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	7	FR
Arecaceae	<i>Acrocomea totai</i> *	6	FR
Fabaceae	<i>Delonix regia</i>	6	FR;IF
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	6	SE;CL;LI
Arecaceae	<i>Syagrus oleracea</i>	6	FR
Apocynaceae	<i>Araujia sericifera</i> *	5	FR
Vochysiaceae	<i>Qualea multiflora</i> *	5	FO;SE

Acronym: \* = species never described in the diet of *A. ararauna*; FR = fruit; SE = seed; FO = leaf; IF = inflorescence; LI = liquid endosperm; CL = stem.

TABLE 1. Vegetable species most consumed. Distributed in 25 families, with emphasis on Arecaceae 27.16% (n=22) and Fabaceae 20.98% (n=17).

Observamos 46 novas espécies vegetais, destas: 27 gêneros novos e 9 famílias nunca descritas. Representando 30,76% (n=116) do total de episódios. Além dos episódios com espécies nunca descritas (n=116), 9,54% (n=36) dos episódios, o item consumido, para espécies vegetais já descritas na dieta, não haviam sido retratados antes. A (Figure 2) exhibe as 6 partes vegetais mais consumidas: Frutos, sementes, folhas, inflorescência, endosperma líquido e caule.

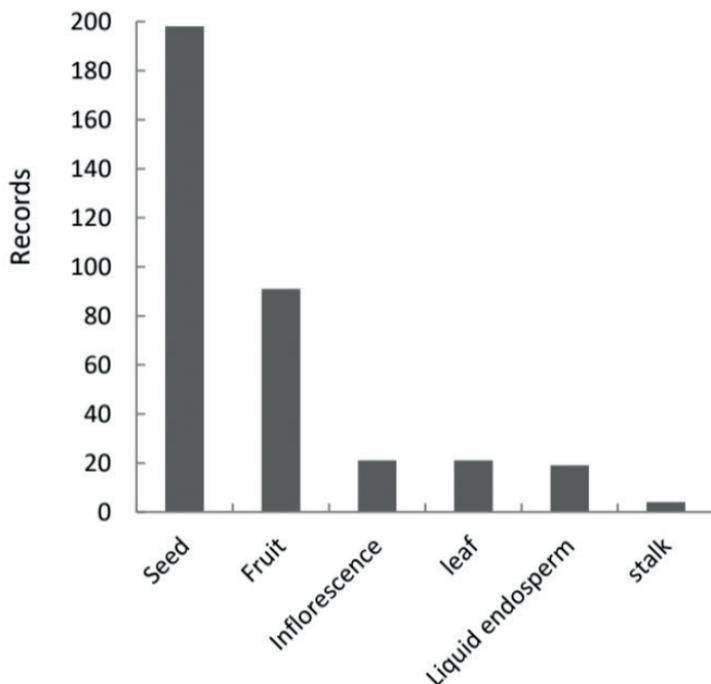


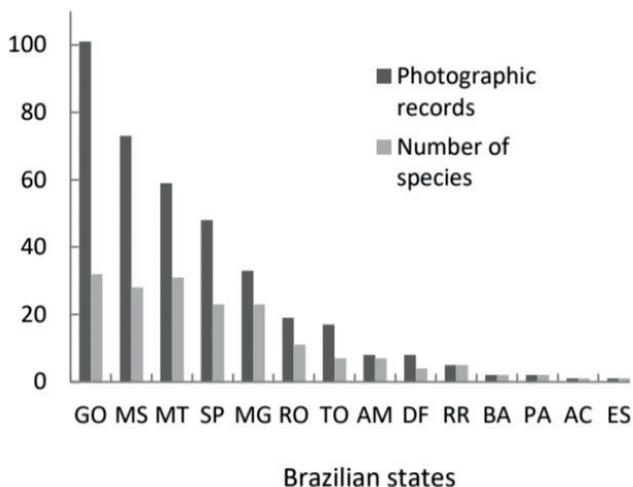
FIGURA 2. Consumption per item.

### Origem das espécies alimentícias

Em 77,50% dos episódios, as plantas alimentícias foram nativas (n=62), particularmente *Caryocar brasiliensis* (Caryocaraceae), e 22,50% exóticas (n=18), com destaque para *Terminalia catappa* (Combretaceae). Das espécies nativas, 20,96% são endêmicas do Brasil (n=13), sobretudo *Attalea speciosa* (Arecaceae). Enquanto, 27,41% (n=17) se comportaram como exóticas regionais, tendo ao menos, 1 registro fora de suas áreas (estado) de ocorrência. Das espécies exóticas, 44,44% (n=8) são naturalizadas, e 38,88% (n=7) foram de espécies cultivadas, destacando-se *Mangifera indica* (Anacardiaceae).

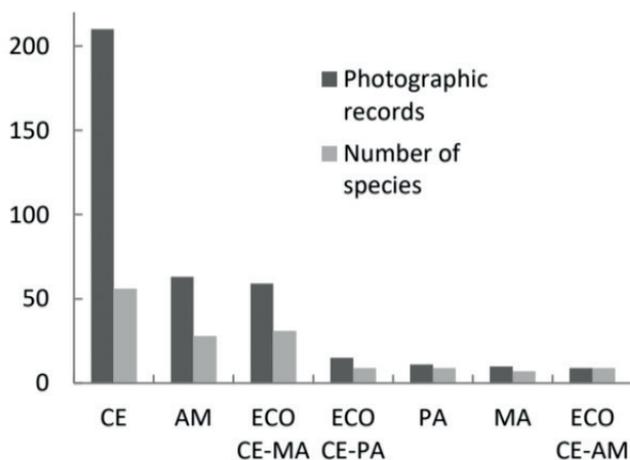
### Distribuição dos episódios

Com relação às áreas geográficas, a (Figura 3) descreve o consumo em 14 estados brasileiros, assim como a (figura 4) expõe a dieta nos 4 biomas e 3 zonas de ecótonos.



Acronym: GO= Goiás; MS= Mato Grosso do Sul; MT= Mato Grosso; SP= São Paulo; MG= Minas Gerais; RO= Rondônia; TO= Tocantins; AM= Amazonas; DF= Distrito Federal; RR= Roraima; BA= Bahia; PA= Pará; AC= Acre; ES= Espírito Santo.

FIGURA 3. Records by state.



Acronyms: CE = Vegetation of the Brazilian interior; AM = Amazon; ECO = ecotone; PA = Wetlands; MA = Atlantic Forest.

FIGURA 4. Records by biome.

A similaridade (índice de Jaccard), representado na (Figure 5; Figure 6), demonstraram alta dissimilaridade ( $IJ < 0,5$ ) entre as espécies alimentícias, em relação aos estados, assim como, para os biomas. A similaridade máxima entre os estados foi de 0,37 com mínima de 0,00. Com correlação cofenética de 0,8858. Para bioma a máxima foi de 0,30 e, mínima de 0,00. Cujas correlação cofenética de 0,7832.

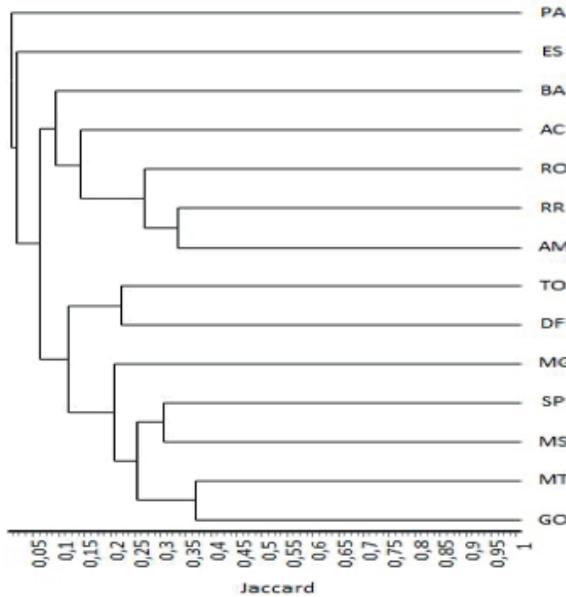


FIGURA 5. Similarity between states.

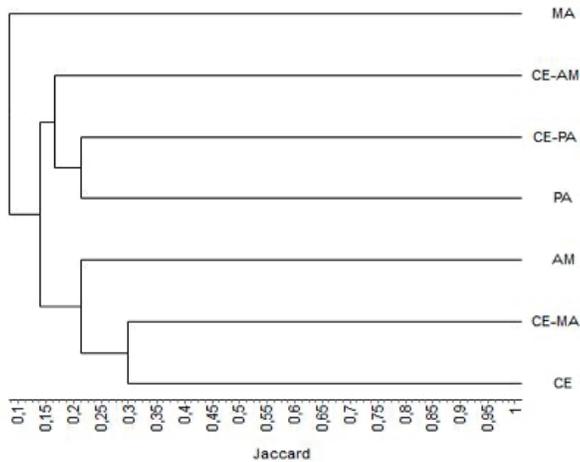


FIGURA 5. Similarity between biomes.

## DISCUSSÃO

Neste estudo pudemos identificar, pela primeira vez, 46 novas espécies na dieta da arara-canindé. Conseguimos determinar sua composição alimentar em uma ampla faixa de distribuição e em diferentes biomas. Expandindo assim, o conhecimento acerca da sua historia natural. Pontuamos o impacto do consumo de espécies nativas e exóticas, sobretudo, a conservação dos seus recursos e dos habitats cruciais para conservação.

Demonstrando com isso, a eficácia da ciência cidadã. Apesar do uso incipiente, este método de pesquisa apresenta grande potencial para influenciar políticas e orientar o gerenciamento dos recursos, produzindo conjuntos de dados que seriam inviáveis de gerar (Kosmala et al. 2016).

A possibilidade de inovação na dieta da arara-canindé é alta, esta espécie explora vários habitats (Sick 1997), onde é provável que amplie sua dieta ao longo do tempo (Ducatez et al. 2014). Entre as novas espécies, identificamos 21 famílias distintas, com destaque para Arecaceae (n=14) (Forshaw 1989).

O consumo prioritário de sementes 52,51% (n=198), e em menor frequência os demais, corroboram a bibliografia (Sick 1997, Renton et al. 2015). Para sementes, foram utilizadas 16 famílias, sobretudo Fabaceae (n=12) e Arecaceae (n=9). O consumo de sementes demonstrou haver algum controle no recrutamento e estabelecimento das espécies consumidas, promovendo com isso a diversidade de espécies arbóreas em florestas neotropicais (Higgins 1979, Francisco et al. 2012). Contudo, o consumo de frutos, pode afetar positivamente o funcionamento de ecossistemas pela dispersão de sementes, via epizocoria (Villalobos and Bagnó 2012; Baños-Villalba et al. 2017). Os frutos foram utilizados em 9 famílias botânicas, com destaque para Arecaceae (n=13).

Para folhas foram 8 famílias, em maior parte Anacardiaceae, Arecaceae e Fabaceae (todas n=3). Contudo, a utilização das folhas podem evidenciar outros fenômenos biológicos, que não necessariamente alimentação, uma vez que arara-canindé, utiliza folhas para afiar o bico.

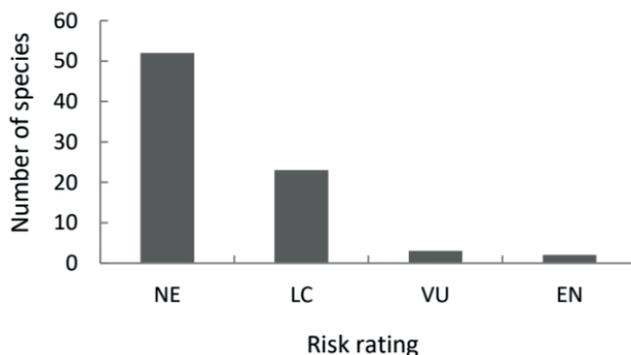
Em 11 famílias, foram utilizadas as flores, principalmente Fabaceae (n=4). Apesar de ocorrer em raras ocasiões, os psitacideos podem influenciar a reprodução de comunidades vegetais, particularmente via predação (Galetti 1993, Gilardi and Toft 2012) a partir da polinização (Maués and Venturieri 1996, Araújo 2011).

O endosperma líquido foram consumidos em 5 famílias, destacando-se Arecaceae, em variedade de espécies e Poaceae, pela frequência de registros.

O caule foi acessado em três famílias em maior quantidade em Arecaceae (n=2).

Evidenciamos uma associação significativa da arara-canindé no consumo de espécies exóticas (Silva 2018). Ambientes antrópicos são ricos em espécies exóticas (Muñoz et al. 2007, cf. Silva et al. 2015). Tal consumo demonstra que essa ave pode resistir muito bem aos fatores deletérios dos tecnoecossistemas. Dentre as espécies exóticas mais procuradas, *T. catappa*, *M. indica* e *R. oleracea*, os itens consumidos foram sementes. Podendo haver algum controle destas, em detrimento da conservação de comunidades nativas (Silva 2005).

A demográfica das espécies que compõe a dieta da arara-canindé, apresentada na (Figure 7), demonstra grande desconhecimento para a maior parte das plantas quanto ao seu estado de conservação.



Acronyms: NE = no information, regarding risk; LC = low risk; VU = vulnerable; EN = in danger.

FIGURA 7. Degree of threat.

Isto sugeri campo para pesquisas e ressalta uma preocupação quanto à conservação das espécies consumidas pela arara-canindé.

Em Goiás apesar de ter uma frequência maior de registros, a amplitude de plantas utilizadas foi muito próxima de estados com frequências menores, como em Mato Grosso. Possivelmente, sua amplitude de nicho alimentar se assemelha para algumas localidades. Apesar de considerada em risco nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, (Machado et al. 1998, Bergallo et al. 1999, São Paulo 2018). Demonstramos que, em São Paulo e Minas Gerais o estado de conservação da arara-canindé parece melhorar.

A alta dissimilaridade ( $IJ < 0,5$ ) entre estados e biomas demonstra o hábito generalistas da arara-canindé (Croat 1967), e como não são territoriais, movimentaram-se pelos mosaicos vegetativos sazonalmente (Ragusa-netto and Fecchio 2006). Nos casos de sobreposição ampliaram seu nicho ao invés de reduzi-lo (Roth 1984), possivelmente respondendo a fontes altamente concentradas em cada região, maximizando sua eficiência de forrageamento (Silva 2018). Os estados do Pará e Espírito Santo foram distintos dos demais, pelas baixas ocorrências e por se darem com espécies exóticas ou exóticas regionais. A Bahia se agrupou a região norte, isto se deu pelo baixo número de episódios e com espécies que ocorrem no norte como *M. flexuosa* (Arecaceae). Os agrupamentos centro-oeste e sudeste se deram em conformidade com a fitofisionomia em comum.

Para o bioma de Mata Atlântica, sua altíssima dissimilaridade se deu pela frequência no consumo de espécies endêmicas como *S. oleracea* (Arecaceae) e exóticas como *T. catappa* (Combretaceae). Enquanto que o ecótono Cerrado-Mata Atlântica, apresentou-se em maior conformidade sobre o domínio da fitofisionomia do Cerrado. Assim como o ecótono Cerrado-Amazônia em relação às áreas pantaneiras. Na Amazônia, os episódios se deram com espécies de ocorrência em outros biomas e em estados com mais de um domínio fitofisionômico. Ocorreram também muitos episódios com espécies exóticas. O cerrado com área total de 2.036.448 km<sup>2</sup>, apresenta somente 3,1% áreas de proteção integral CNUC/

MMA ([https://www.mma.gov.br/images/arquivos/A0\\_Brasil\\_600\\_DPI\\_02\\_2019.pdf](https://www.mma.gov.br/images/arquivos/A0_Brasil_600_DPI_02_2019.pdf)). Essa realidade é preocupante para a conservação dos nichos tróficos da arara-canindé. Em 38,98% da área de cerrado são áreas antrópicas. Em que, 26,45% são pastagens cultivadas (MMA 2002). O cerrado representou 55,70% (n=210) dos episódios de alimentação e 70% (n=56) do total de espécies consumidas. As áreas de ecótono somaram 22,01% (n=83) dos episódios. Evidenciando grande relevância para ecologia alimentar da arara-canindé.

Este estudo inovador na forma de coleta, aplicação e identificação dos dados, pelo uso de ciência cidadã, nos leva a concluir que: I) Plataformas de ciência cidadã podem contribuir para o conhecimento da história natural da vida silvestre, para preencher lacunas e/ou expandir tais informações. Nosso modelo é a arara-canindé, mas acreditamos que investigações similares podem ser realizadas com outros psitacídeos; II) Corroboramos hábitos alimentares, sobretudo, os expandimos com a identificação de novas espécies alimentícias; III) Determinamos as plantas consumidas para vários estados e biomas, e com isso estabelecemos a variedade de sua alimentação; IV) Acreditamos que tais dados contribuem para ações de conservação desse psitacídeo em paisagens antropogênicas que, a propósito, é a tônica do mundo atual.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade do Oeste Paulista, a qual nos ofereceu infraestrutura para a condução dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Araújo, F. P.; Barbosa, A. A. A.; Oliveira, P. E. (2011). Floral resources and hummingbirds on an island of flooded forest in Central Brazil. *Flora*, v. 206, p. 827- 835.
- Baños-Villalba, A. G.; Blanco, J. A.; Díaz-Luque, F. V.; Dénes, F.; Hiraldo & J. L. T (2017). Seed dispersal by macaws shapes the landscape of an Amazonian ecosystem. *Scientific Reports* 7: 7373.
- Beehler, B. M (2010). The forgotten science: a role for natural history in the twenty-first century? *Journal of Field Ornithology*, v.81, p. 1-4.
- Benavidez, A. F. C.; Palacio, L. O.; Rivera, A. L.; Echevarria, E. N. P. (2018). Diet of Neotropical parrots is independent of phylogeny but correlates with body size and geographical range. *Ibis*, v. 160, p. 742-754. DOI: [doi.org/10.1111/ibi.12630](https://doi.org/10.1111/ibi.12630)
- Bergallo, H. G.; Rocha, C. F. D.; Sluys, M. V.; Alves, M. A. S (1999). A fauna ameaçada do Estado do Rio de Janeiro. *Ciência Hoje*, v. 26, p. 18 – 23.
- Berkunsky, I. P.; Quillfeldt, D.J. Brightsmith et al (2017). Current threats faced by Neotropical parrot populations. *Biological Conservation*, v. 214, p. 278-287. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.08.016>.
- Croat, T.B (1967). Seasonal flowering in central Panama. *Ann. Missouri Bot. Gard.*

Devictor, V; Whittaker R. J; BELTRAME, C (2010). Beyond scarcity: citizen science programmes as useful tools for conservation biogeography. *Diversity and Distributions* 16:354-362. <https://doi.org/10.1111/j.14724642.2009.00615.x>.

Dirzo, R; Miranda, A (1991). Altered patterns of herbivory and diversity in the forest understory: a case study of the possible consequences of contemporary defaunation. In P. W. Price, T. M. Lewinsohn, G. W. Fernandes, W. W. Benson, eds. *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions.*, Pp. 273–287., John Wiley & Sons, Inc, New York.

Ducatez, S. J; Clavel & L. Lefebvre (2014). Ecological generalism and behavioral innovation in birds: technical intelligence or the simple incorporation of new foods? *Journal of Animal Ecology* 84: 79–89.

Fleming, T. H; KRESS, W. J (2013). *The ornaments of life.* University of Chicago Press, Chicago, IL.

Forshaw, J. M (1989). *The Parrots of the World*, 3 ed., Lansdowne Press, Willoughby.

Francisco, L.R; Moreira, N (2012). Manejo, reprodução e conservação de psitacideos Brasileiros. *Revista Brasileira de reprodução animal*, v.36, n.4.

Galetti, M (1993). Diet of the scaly-headed parrot (*Pionus maximiliani*) in a semideciduous forest in southeastern Brazil. *Biotropica*, vol. 25, No. 4, (dec., 1993), 419-425.

Gilardi, J. D; Toft, C. A (2012). Parrots eat nutritious foods despite toxins. *PLoS ONE*, São Francisco, v.7, n.6, e38293. DOI: 10.1371/journal.pone.0038293.

Higgins, M. L (1979). Intensity of seed predation on *Brosimum utile* by Mealy Parrot (*Amazona farinosa*). *Biotropica* 11: 80.

ICMBIO; IUCN. Portaria MMA nº 444, de 17 de dezembro de 2014. INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate change 2007; The physical Bases.* Switzerland: IPCC, 2007. 18p. contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on the Climate Change. IUCN. *Red List of Threatened Species: version 2017-3, 2018.* Disponível em: [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Acesso em: 16/03/2018.

Kosmala, M; Wiggins, A; Swanson, A; Simmons, B (2016). Assessing data quality in citizen science. *14(10): 551–560.* *Front Ecol Environ.*

Lorenzi, H (2008). *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.* vol. 1, 5ª Edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Lorenzi, H (2009<sup>a</sup>). *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.* vol. 2, 3ª Edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Lorenzi, H (2009<sup>b</sup>). *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.* vol. 3, 1ª Edição. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Lorenzi, H; KAHN, L. R; NOBLINK, E. F (2010). *Flora Brasileira Lorenzi: Arecaceae (Palmeiras).* Nova Odessa, Instituto Plantarum, Brasil.

Lorenzi, H; Bacher, M. A. V. T (2018). *Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas.* Nova Odessa, Instituto Plantarum, Brasil.

Machado, A. B. M; G. A. B. da Fonseca, R. B. Machado, L. M. S. Aguiar & L. V. Lins (1998). Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil.

Maue's, M. M; Venturieri, G. C (1996). Ecologia da polinização do Bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart). Clusiaceae. Boletim de Pesquisa 170. Embrapa-CPATU, Belém.

MMA (Ministério do Meio Ambiente) (2002). Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade Brasileira. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília.

Muñoz, M. C; Londoño, G. A; Rios, M. M & Kattan, G. H (2007). Diet of the Cauca Guan: exploitation of a novel food source in times of scarcity. *The Condor* 109: 841–851.

Ragusa-netto, J; Fecchio, A (2006). Plant food resources and the diet of a parrot community in a gallery forest of the southern pantanal (BRAZIL). *Braz. J. Biol.*, 66(4): 1021-1032.

Ramos, V. S; Durigan, G. A. D. C; Franco, M. F; Siqueira, R. R. R (2015). Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação de espécies. EDUSP, São Paulo, Brasil.

Renton, K., A; Salinas-melgoza, M. A; Parra-martínez, S. M (2015). Resource requirements of parrots: nest site selectivity and dietary plasticity of Psittaciformes. *Journal of Ornithology* 156:73-90 <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1255-9>.

Roth, P (1984). Repartição do habitat entre psitacídeos simpátricos no sul da amazônia. *CTA AMAZÔNICA*, 1, (1-2) : 175-221.

SÃO PAULO (Estado). Decreto no 63.853, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2018. Declara as espécies da fauna silvestre no Estado de São Paulo regionalmente extintas, as ameaçadas de extinção, as quase ameaçadas e as com dados insuficientes para avaliação, e dá providências correlatas. Secretaria de Governo, aos 27 de novembro de 2018.

Sick, H (1997). *Ornitologia Brasileira, uma Introdução*, Nova Fronteira, Rio de Janeiro.

Silva, P. A (2005). Predação de sementes pelo maracanã-nobre (*Diopsittaca nobilis*, Psittacidae) em uma planta exótica (*Melia azedarach*, Meliaceae) no oeste do estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira. Ornitologia*. 13: 183-185.

Silva, P. A (2018). Massive consumption of unripe Slash Pine (*Pinus elliottii*) seed by Blue and yellow Macaws (*Ara ararauna*). *Ornitologia Neotropical* 29:301-308.

Silva, P. A; MELO, C (2013). Foraging of the Golden-capped Parakeet (*Aratinga auricapillus*) in an anthropogenic landscape in Brazil. *Ornitologia Neotropical* 24:55-66.

Silva, P. A; MELO, C; BRITO, L (2015). Calyx-water consumption by Blue and yellow Macaws in *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae) floral buds. *Ornitologia Neotropical* 26: 201–206.

Souza, V. C; Lorenzi, H (2008). *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II*. Nova Odessa, Instituto Plantarum, Brasil.

Souza, V. C; Flores, T. B; Colletta, G. D; Coelho, R. L. G (2018). Guia das plantas do Cerrado. Piracicaba, Taxon Brasil Editora e Livraria.

Terborgh, J; Robinson, S. K; Parker, T. A; Munn, C. A; Pierpont, N (1990). Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs* 60:213-238. <https://doi.org/10.2307/1943045>.

Villalobos, M. P; Bagno, M. A (2012). Avian frugivores feeding on *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) fruits in Central Brazil. *Revista Brasileira. Ornitologia*. 20: 26-29.

Wiggins, A; Crowston, K (2015). Surveying the citizen science landscape. *First Monday*. V. 20: p.1.

Wisz, M. S. J; Pottier, W. D; Kissling, L; Pellisier, J; Lenoir, C. F (2013). The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological. Review*. 88:15 30. 56:295-307.

## CAPÍTULO 3

# CONFECÇÃO E APLICAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE GENÉTICA EM UMA ESCOLA DA EDUCAÇÃO BÁSICA, NA CIDADE DE ZÉ DOCA- MA

*Data de submissão: 08/12/2023*

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Clemilda Lopes Pinheiro**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/6286154226883753>

### **Maria Eduarda da Silva Carvalho**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/8227402177758684>

### **Cilene Miranda Andrade Pinheiro**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/2379974718138410>

### **Emanoel da Luz Silva Sousa**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/4565170398249432>

### **Maiza de Souza Palmeira**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/8887251842273290>

### **Júlio César Carvalho de Oliveira**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/1515070071033034>

### **Antonia Claudia da Conceição Palmeira**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/8834474096531833>

### **Ana Carla Silva Jansen**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/4905415169864624>

### **Albeane Guimarães Silva Almeida**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
São Luís - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/0835388208080665>

### **Jaqueline Diniz Pinho**

Universidade Estadual do Maranhão  
(UEMA)  
Zé Doca - Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/6694295336757147>

**RESUMO:** O uso de modelos didáticos são ótimas ferramentas para o ensino de Genética, pois auxilia na compreensão de conteúdos de difícil assimilação, essas alternativas metodológicas são utilizadas pelos professores em sala, como forma

de desenvolver melhor o aprendizado dos discentes. Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo, confeccionar e aplicar modelos didáticos para os alunos como forma de facilitar o ensino e aprendizagem da disciplina de genética, de uma turma da 3<sup>o</sup> série do ensino médio, em uma escola da educação básica, na cidade de Zé Doca. Foram realizadas aulas teóricas dos temas: ácidos nucleicos, mitose e meiose, seguida da aplicação dos modelos didáticos, referente aos mesmos temas. Para avaliação do grau de entendimento dos alunos, foram aplicados dois questionários relacionados aos conteúdos e modelos. Diante dos resultados obtidos, percebe-se que os recursos didáticos utilizados em sala de aula, contribuíram de forma positiva e relevante para o desenvolvimento e aprendizado dos discentes. Portanto, foi de suma importância a utilização dos questionários envolvendo tanto a teoria quanto a prática. A elaboração e aplicação dos modelos didáticos buscou promover uma aprendizagem significativa e contextualizada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino-aprendizagem; Ensino de Genética; Metodologia ativa.

## DESIGN AND APPLICATION OF DIDACTIC MODELS FOR TEACHING GENETICS IN A BASIC EDUCATION SCHOOL IN THE CITY OF ZÉ DOCA, MA

**ABSTRACT:** The use of didactic models are great tools for teaching genetics, as they help to understand content that is difficult to assimilate. These methodological alternatives are used by teachers in the classroom as a way of better developing student learning. In this context, the aim of this research was to make and apply didactic models for students as a way of facilitating the teaching and learning of the subject of genetics, in the 3rd grade class at a basic education school in the city of Zé Doca. Lectures were given on the topics of nucleic acids, mitosis and meiosis, followed by the application of didactic models on the same topics. To assess the students' level of understanding, two questionnaires were administered relating to the content and the models. Given the results obtained, it can be seen that the didactic resources used in the classroom made a positive and relevant contribution to the students' development and learning. Therefore, the use of questionnaires involving both theory and practice was of the utmost importance. The development and application of the didactic models sought to promote meaningful and contextualized learning.

**KEYWORDS:** Teaching and learning; Genetics teaching; Active methodology.

## INTRODUÇÃO

Por muitos anos, as disciplinas foram abordadas de maneira tradicional, com o professor desempenhando o papel exclusivo de transmitir conhecimento aos alunos, e estes que tinham pouca ou nenhuma participação ativa na sala de aula. Eles eram, em essência, meros espectadores. Com o tempo, surgiram abordagens mais dinâmicas para entregar o conteúdo, introduzindo práticas pedagógicas que contribuíram consideravelmente para a melhoria do aprendizado, inclusive em relação a tópicos mais complexos (Santos; Silva, 2011).

As práticas no processo de ensino e aprendizagem ainda são pouco exploradas dentro de sala de aula, sendo mais comuns aulas expositivas, sem uso de recursos

didáticos, tornando-as cansativas e monótonas, o que acaba sendo desgastante tanto para os professores quanto para os alunos (Pereira et al., 2014).

É notório que os recursos metodológicos utilizados dentro da sala de aula são ferramentas inovadoras e por muitas vezes surpreende o aluno de forma positiva, fazendo com que estes tenham estímulos na hora de aprender, isso favorece no entendimento de conteúdos complexos e mais abstratos (Lima; Garcia, 2011). Entre os recursos que podem ser utilizados estão os modelos didáticos. Estes, são em sua grande maioria representações da realidade, e auxiliam no entendimento de conteúdos considerados difíceis de compreender ou até mesmo que estão fora do contexto dos alunos (Krasilchik, 2012).

Na disciplina de Biologia, o conteúdo de Genética é o que apresenta uma maior dificuldade de assimilação dos alunos. Tal fato pode ser decorrente de um ensino baseado na tradicionalidade, na memorização dos conteúdos, uso do vocabulário muito específico, e /ou aula com termos técnicos (Carabetta, 2010). Diante disso, é notório que o ensino tradicional, apenas com aulas expositivas dialogadas, é um fator desmotivante para os alunos. Sendo, portanto, de suma importância aulas de formas mais atrativas (Duarte, 2018).

Trabalhar em sala de aula com o auxílio desses recursos, favorece o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, pois esta abordagem torna o aluno cada vez mais ativo na busca pela construção do seu próprio conhecimento (Souza, 2007). Dentre os principais recursos utilizados nas aulas no ensino de Biologia, destacam-se os jogos lúdicos, as maquetes, dentre outros materiais didáticos que vêm ganhando destaque dentro de sala de aula (Gonçalves, 2012; Gonçalves; Gniech Karasawa, 2021).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a confecção de modelos didáticos de baixo custo, que visam abordar os conteúdos de Genética, sobretudo: ácidos nucleicos, mitose e meiose I e II.

## **METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido na Escola Estadual Centro de Ensino Professor Francisco de Assis Amorim de Araújo, na cidade de Zé Doca, Maranhão, Brasil. Na terceira série do ensino médio, turma 302, no turno vespertino. A turma contém 30 alunos aproximadamente, cuja maioria residem na cidade ou povoados próximos.

Foram ministradas aulas teóricas, expositivas e dialogadas com o uso de slides. Os conteúdos abordados foram: Ácidos nucleicos, Mitose e Meiose. Ao final de cada aula foram utilizados os materiais didáticos, do tipo maquetes. Os materiais utilizados para a elaboração das maquetes foram: Palitos de dente; Tesoura; E.V.A; Folha A4; Cola; Massa de modelar; Folhas de isopor; Pincel e Papelão.

Logo após a finalização dos modelos didáticos, os alunos responderam o primeiro questionário, no qual, era referente ao assunto teórico, contendo oito questões objetivas. O segundo questionário foi referente a avaliação da utilização das maquetes em sala de aula, contendo sete questões, objetivas e discursivas, com o objetivo de avaliar o seu aprendizado após o uso do recurso didático.

Os dados foram obtidos através de frequência escolar, e foram tabulados a partir da coleta realizada através das respostas nos questionários, e em seguida representados em forma de gráficos e tabela que foram produzidos com o auxílio da plataforma Excel.

## RESULTADOS

A primeira etapa consistiu na ministração das aulas teóricas, na qual ocorreram com o uso de slides, e em seguida a aplicação dos modelos, o primeiro modelo aplicado foi o de ácidos nucleicos, como mostrado na figura 1. Vale ressaltar que as aulas teóricas foram de suma importância para o primeiro contato dos alunos, pois até o momento, os alunos afirmaram nunca terem tido aulas sobre os assuntos abordados.

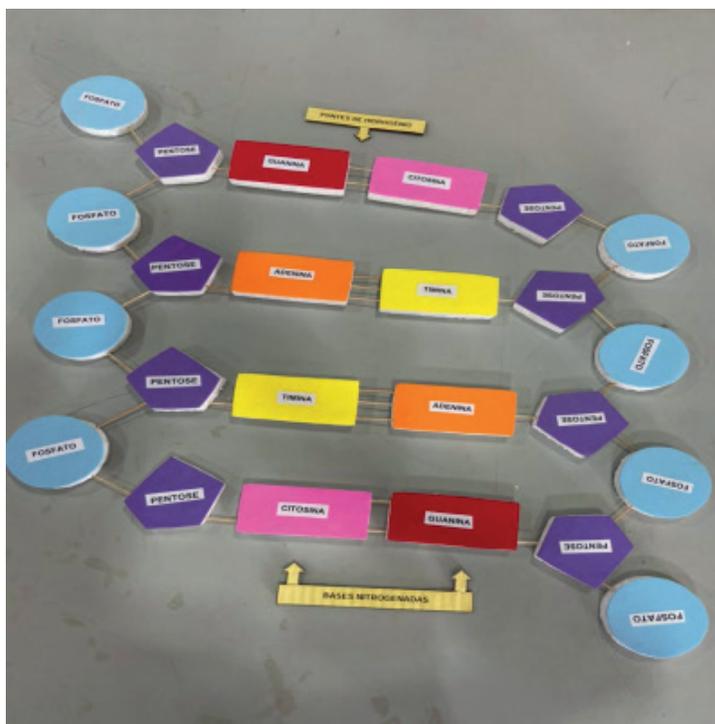


Figura 1. Modelo didático de Ácidos Nucléico

Fonte: Autores (2023)

No segundo momento foi aplicado a maquete de mitose, como consta na figura 2. Nesse momento os alunos aproveitaram para sanar suas dúvidas em relação ao que não ficou claro na aula teórica, observou-se que os alunos participaram de forma ativa na identificação das fases da mitose.

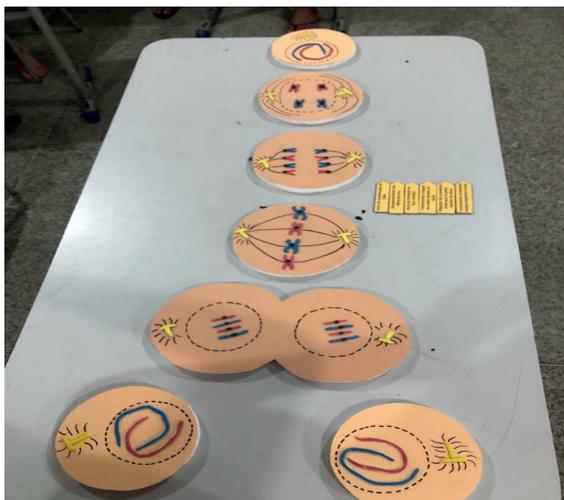


Figura 2. Modelo didático de Mitose

Fonte: Autores (2023)

O terceiro momento foi marcado pelo conteúdo de meiose, ocorreu a montagem da maquete pelos alunos, observou-se que os alunos participaram da prática com êxito e animação, figura 3.



Figura 3. Modelo didático de Meiose

Fonte: Autores (2023)

## Aplicação do questionário referente aos conteúdos

Logo após a aplicação dos modelos didáticos, os alunos responderam a um questionário que visava avaliar o seu aprendizado quanto aos conteúdos. A tabela 1 descreve a quantidade de erros e acertos de cada questão abordada no questionário 1. Todas as questões eram objetivas, onde haviam 5 opções e apenas uma era a correta. Comparando as oito questões, constatou-se que a questão 04 em que se tratava sobre o assunto de ácidos nucleicos, foi a que os alunos mais erraram. Por outro lado, a questão 07 em que se tratava do assunto de mitose, foi a que os alunos mais acertaram.

Questões	Erros	Acertos
01. Nos seres multicelulares, a mitose é um processo que tem como principal função?	18	07
02. A meiose é um tipo de divisão celular, na qual?	08	14
03. Em relação ao processo de divisão celular podemos afirmar que:	12	13
04. Sobre os ácidos nucleicos é incorreto afirmar que:	21	03
05. As bases nitrogenadas que compõem um nucleotídeo podem ser divididas em pirimidinas e purinas. Quais bases podem ser classificadas como pirimidinas?	12	12
06. Quando queremos observar os cromossomos, qual a melhor fase de divisão celular para realizar essa tarefa?	15	10
07. A mitose é um processo de divisão celular equacional, pois:	10	15
08. A meiose é um processo de divisão celular que ao concluir obtém-se:	14	10

Tabela 01. Quantidade de erros e acertos do questionário 1 de acordo com as questões.

Fonte: Autores (2023)

## Aplicação do questionário referente aos modelos didáticos

Nos gráficos abaixo, constam dos resultados obtidos com a aplicação dos questionários, nos quais estão relacionados ao uso dos modelos didáticos em sala de aula. Foram feitos questionamentos aos alunos quanto ao uso dos recursos didáticos, como seguem abaixo:

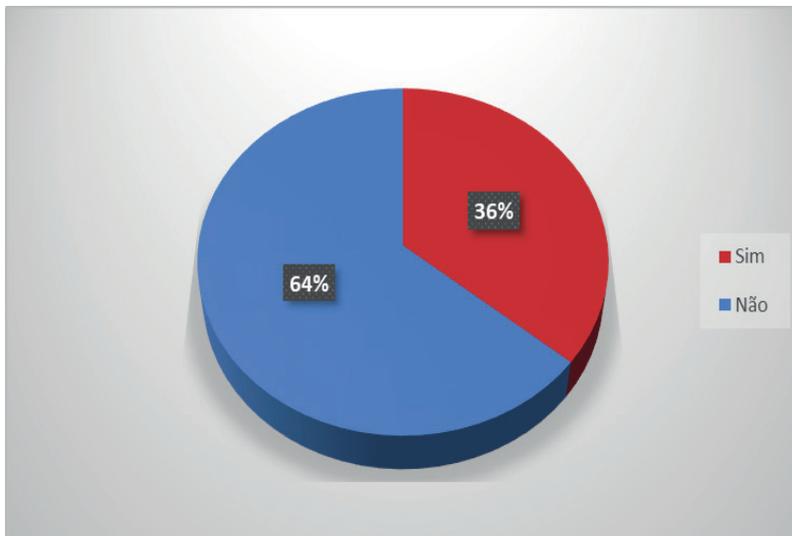


Gráfico 1. Você já teve alguma aula prática sobre o assunto de Genética?

Fonte: Autores (2023)

A partir dos resultados das respostas, pode-se afirmar que 64% dos alunos não tiveram qualquer contato com aula prática sobre o assunto abordado na presente questão, apenas 36% dos alunos afirmaram que tiveram aula prática sobre o assunto de Genética (Gráfico 1).

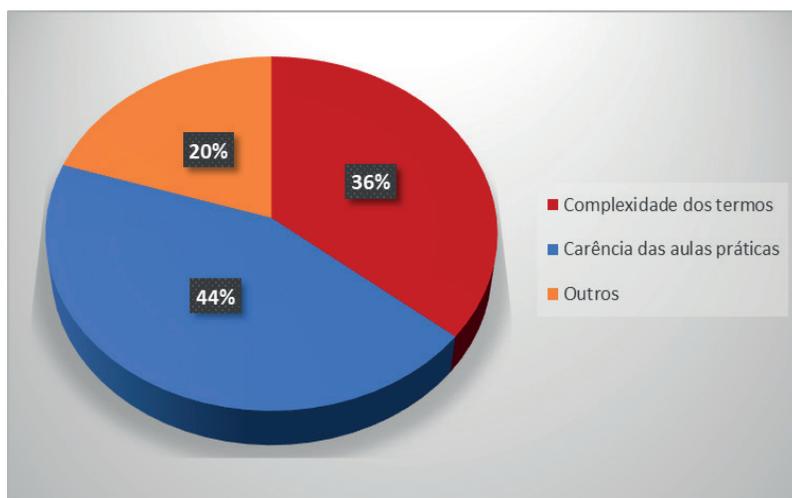


Gráfico 2. Qual a sua principal dificuldade no entendimento do conteúdo de Genética?

Fonte: Autores (2023)

Em relação às dificuldades para compreender o conteúdo de genética, 44% informaram que a dificuldade é devido à falta de aulas práticas e 36% dos alunos responderam que a complexidade dos termos era o que mais dificultava o entendimento do conteúdo (Gráfico 2).

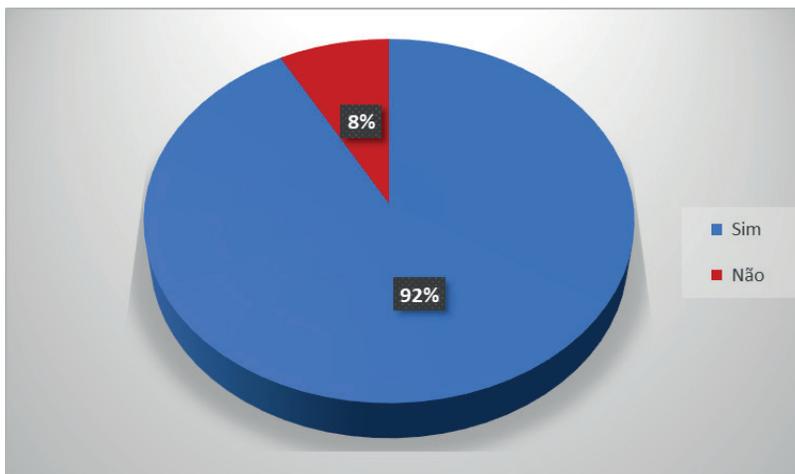


Gráfico 3. Você gostou dos modelos didáticos utilizados em sala de aula?

Fonte: Autores (2023)

O grau de satisfação dos alunos com relação aos modelos didáticos foi de 92% (Gráfico 3). Ou seja, os modelos didáticos foram satisfatórios para a compreensão do assunto de Genética.

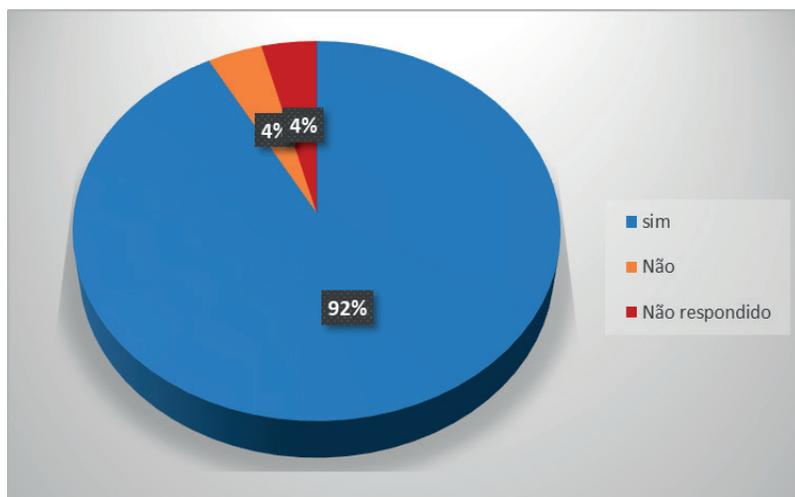


Gráfico 4. Na sua opinião os modelos foram eficazes para o seu entendimento no ensino de Genética?

Fonte: Autores (2023)

Para a maioria dos alunos (92%), os modelos didáticos utilizados em sala de aula, após a aula expositiva, foram eficazes e contribuíram na compreensão do assunto de Genética. E, apenas 4% dos entrevistados responderam que os modelos não são eficientes. E por fim, 4% dos alunos não responderam à pergunta (Gráfico 4).

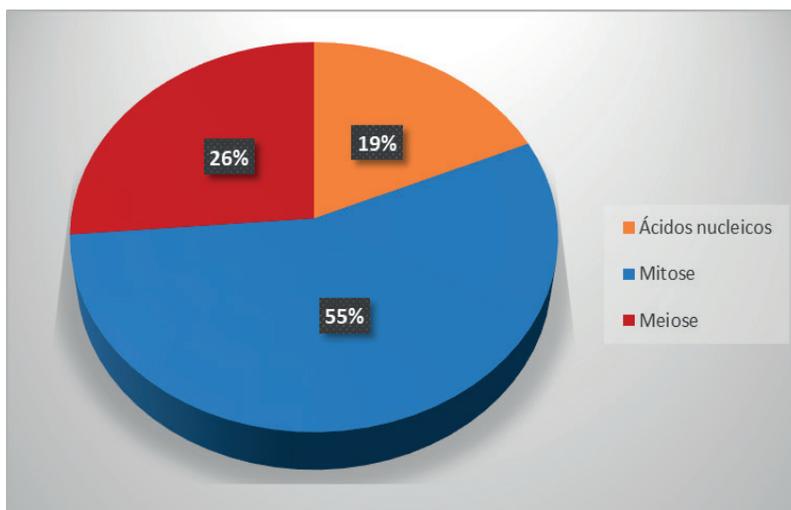


Gráfico 5. Os materiais didáticos facilitam sua compreensão sobre os assuntos abordados?

Fonte: Autores (2023)

O gráfico 5 apresenta os resultados sobre os conteúdos melhor assimilados pelos alunos no conhecimento em Genética. Diante disso, nota-se que o assunto de mitose obteve 55% de aprovação, enquanto meiose obteve 26% e ácidos nucléicos 19% de aprovação. Nessa questão, era permitido que os alunos marcassem mais de um conteúdo, se assim achassem necessário.

## DISCUSSÃO

Uma das grandes dificuldades encontradas na escola é a falta de laboratório de Ciências, o que acaba dificultando a compreensão dos alunos em determinados conteúdos. Fonseca (2016) menciona que o uso do laboratório é extremamente importante, pois segundo ele, a proposta é aprender por meio da experiência, o laboratório é considerado uma metodologia de trabalho ativa, na qual acaba relacionando os conceitos e a experimentação.

No que se refere às aulas teóricas, durante a exposição das mesmas, os alunos não apresentaram tanto interesse em comparação com a aula prática, na qual, à medida que os modelos eram observados e montados pelos próprios alunos, as dúvidas iam surgindo e sendo sanadas ao decorrer da construção desses modelos. Moran (2018) ressalta que

quando o aluno se envolve na aula, sente-se motivado e encontra sentido nas atividades propostas. Ainda de acordo com o autor, os métodos alternativos permitem trabalhar os conceitos de Genética no Ensino Médio, de maneira que possam instigar o interesse dos educandos.

De acordo com o resultado do questionário 1, é notório que a quantidade de erros foi maior que a quantidade de acertos, ou seja, mesmo depois da aplicação dos modelos, os alunos ainda ficaram com algumas lacunas. Isso pode ser explicado pela quantidade de tempo disponível para a aplicação do projeto, e pelo fato dos alunos nunca terem tido qualquer contato com os assuntos abordados, ficando assim, uma sobrecarga de informações. Ainda mais, notou-se que as questões sobre mitose e meiose tiveram grandes quantidades de acertos, enquanto o assunto de ácidos nucleicos teve em sua maioria erros. Ou seja, afirmaram que através desses modelos, os termos estudados ficaram mais práticos e compreensíveis. Esse resultado é extremamente satisfatório, pois mostra o quanto é importante o uso de modelos didáticos em sala de aula.

Segundo os resultados do questionário 2, os alunos absorveram os conteúdos de forma mais leve a partir da participação nas aulas práticas. Portanto, através desses resultados, foi possível perceber que a maioria dos alunos se identificaram melhor com o conteúdo de mitose, pois o percentual de satisfação do mesmo foi maior em relação aos demais modelos. É notório que os modelos didáticos se bem trabalhados em salas de aula, trazem benefícios tanto para os professores quanto para os alunos.

Uma pesquisa realizada por Demarchi e Garcia (2018) utilizando dois modelos didáticos no ensino de Biologia constataram que a maioria dos alunos, ou seja, cerca de 99% afirmaram que os modelos utilizados foram eficientes tanto na fixação dos conteúdos teóricos, quanto no aumento do interesse pelas aulas repassadas em sala de aula. E, portanto, consistiu em uma estratégia alternativa de ensino valiosa para o Ensino Médio e relevante na fixação e no entendimento do assunto de Genética.

Em relação ao questionário 2, observou-se que 100% dos alunos declararam que as metodologias didáticas auxiliaram na compreensão dos conteúdos. E, 92% desses alunos afirmaram que os modelos utilizados foram eficazes para o entendimento no ensino de Genética, pois são utilizados como uma forma de observação e comparação com o conteúdo teórico auxiliando-os na aprendizagem, onde podem aprender o conteúdo na prática.

Portanto, esses dados foram de extrema eficácia para avaliar a aprendizagem dos alunos em relação aos modelos didáticos. Diante disto, foi possível observar que os mesmos contribuíram de forma enriquecedora para o esclarecimento de dúvidas que não teriam sido supridas apenas com as aulas teóricas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso dos recursos didáticos mostrou-se eficiente para o aprendizado, uma vez que proporcionaram uma obtenção significativa dos conceitos de forma divertida e prazerosa, enriquecendo e preenchendo as lacunas deixadas pelas aulas expositivas. Desse modo, os resultados aqui apresentados demonstram a importância da utilização dos modelos didáticos em sala, pois promovem uma aprendizagem significativa dos conteúdos, permitindo resolver problemas de maneira ativa, participativa e interativa por parte dos discentes. Por fim, observou-se que a implementação desses recursos didáticos facilitou não só a compreensão dos alunos em relação aos conteúdos, mas também despertou o interesse e a participação dos mesmos ao decorrer das aulas.

## REFERÊNCIAS

CARABETTA, V. J. **Rever, pensar e (res) significar: a importância da reflexão sobre a prática na profissão docente.** Rev Bras Educ Med. v. 34, n. 4, p. 580-6, 2010.

DEMARCHI, A. S.; GARCIA, L. A. O. **Modelos didáticos no ensino de biologia.** Serra, 2018.

DE SOUZA, S. E.; DALCOLLE, G. A. V. G. **O uso de recursos didáticos no ensino escolar.** Arq Mudi. Maringá, PR, v. 11, n. 2, p. 110-114, 2007.

DUARTE, S. M. **Os impactos do modelo tradicional de ensino na transposição didática e no fracasso escolar.** Dissertação (Mestrado em educação) - Universidade Fernando Pessoa, p. 135. Porto, 2018.

FONSECA, W.; SOARES, J. A. **A experimentação no ensino de ciências: relação teoria e prática.** Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE: Cadernos PDE, v. 1, 2016.

GONÇALVES, T. M.; KARASAWA, M. M. G. **“MUTA-AÇÃO: A PROPOSTA DE UM JOGO LÚDICO SOBRE MUTAÇÕES E SÍNDROMES GENÉTICAS NAS DISCIPLINAS DE BIOLOGIA MOLECULAR E GENÉTICA CLÁSSICA.** Arquivos do Mudi, v. 25, n. 1, p. 44-65, 2021.

GONÇALVES, A. A. **Criança e ludicidade: uma análise do programa de extensão ludoteca da Universidade Estadual de Londrina. (Trabalho de Conclusão de Curso).** Departamento de Educação, do Centro de Comunicação, Educação e Artes da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** São Paulo: USP, 2012.

LIMA, D. B.; GARCIA, R. N. **Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio.** Cadernos de Aplicação, Porto Alegre, v. 24, n. 1, 2011.

MORAN, J. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda.** Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, p. 2-25, 2018.

PEREIRA, A. J. et al. **Modelos didáticos de DNA, RNA, ribossomos e processos moleculares para o ensino de genética do ensino médio.** Revista da SBEnBio, Niterói, v. 7, p. 564-571, out. 2014.

SANTOS, M. C. R.; QUEIROZ, P. R. **A utilização do lúdico para a aprendizagem do conteúdo de genética.** Universitas Humanas, v. 8, n. 2, 2011.

# DESAFIOS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA GESTÃO PARTICIPATIVA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: REFLEXÕES E PERSPECTIVAS

*Data de submissão: 18/12/2023*

*Data de aceite: 01/02/2024*

**Kelly Pinheiro dos Santos**

Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro, RJ  
[https://www.cnpq.br/cvlattesweb/PKG\\_MENU.menu?f\\_c od=99AF9C6475FB60C63253711339424394#](https://www.cnpq.br/cvlattesweb/PKG_MENU.menu?f_c od=99AF9C6475FB60C63253711339424394#)

**RESUMO:** Este artigo aborda os complexos desafios enfrentados pela educação ambiental no contexto da gestão participativa nas unidades de conservação. Desta forma, exploramos como a educação ambiental encontra-se inserida no contexto da gestão, trazendo reflexões a respeito de como a mesma pode possibilitar que a gestão seja feita de forma efetiva. Assim trazemos ao debate temas importantes mostrando como a educação ambiental se insere no processo de gestão, buscando a superação de causas estruturais dos problemas ambientais por meio da ação coletiva e organizada, sendo estratégico para oferecer conhecimentos e habilidades que capacitam os gestores a tomar decisões informadas e responsáveis em relação aos recursos naturais. Verificamos que a educação ambiental possui uma série de desafios relacionados à gestão, como a diversidade de públicos

envolvidos e a falta de recursos para o sistema de gestão. Por último trazemos à discussão as abordagens participativas da Educação Ambiental, verificando seu potencial contributivo para dirimir conflitos no âmbito da gestão participativa. Concluímos que a educação ambiental é estratégica para promoção de ações coletivas, contribuindo para a preservação e enfrentamento dos desafios encontrados pela gestão nas unidades de conservação. Sugerimos que a implementação eficaz da educação ambiental pode não apenas melhorar a gestão, mas também contribuir significativamente para a resolução de conflitos inerentes à gestão participativa em ambientes de conservação.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão participativa, unidades de conservação e educação ambiental.

## CHALLENGES OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN PARTICIPATORY MANAGEMENT IN CONSERVATION UNITS: REFLECTIONS AND PERSPECTIVES

**ABSTRACT:** This article addresses the complex challenges faced by environmental education in the context of participatory

management in conservation units. In this way, we explore how environmental education is inserted in the context of management, bringing reflections on how it can enable management to be carried out effectively. Thus, we bring important topics to the debate, showing how environmental education is part of the management process, seeking to overcome structural causes of environmental problems through collective and organized action, being strategic in offering knowledge and skills that enable managers to make informed decisions. and responsible in relation to natural resources. We found that environmental education has a series of challenges related to management, such as the diversity of audiences involved and the lack of resources for the management system. Finally, we bring participatory approaches to Environmental Education to the discussion, verifying their potential to resolve conflicts within the scope of participatory management. We conclude that environmental education is strategic for promoting collective actions, contributing to the preservation and facing the challenges encountered by management in conservation units. We suggest that effective implementation of environmental education can not only improve management, but also significantly contribute to resolving conflicts inherent to participatory management in conservation environments.

**KEYWORDS:** Participatory management, conservation units and environmental education.

## INTRODUÇÃO

A gestão participativa é amplamente reconhecida como um meio eficaz de promover a conservação ambiental e envolver as comunidades locais na proteção de suas áreas naturais. No entanto, sua implementação em unidades de conservação (UCs) apresenta obstáculos substanciais que requerem uma análise aprofundada. Assim, a Educação Ambiental no contexto da gestão de unidades de conservação surge como um importante instrumento de orientação e gestão que pode ser vista como uma estratégia de política pública ambiental, baseada na gestão participativa entre o poder público e os atores locais (Ribeiro, 2016). Entende-se dessa forma que o papel da EA tem grandes possibilidades de contribuir para o fortalecimento da gestão participativa em unidades de conservação no Brasil.

Todavia, a Educação ambiental, encontra uma série de desafios. Segundo Layrargues (2002), o maior desafio e a tarefa prioritária da *educação no processo de gestão ambiental* consistem na possibilidade de, sem negar os conflitos existentes, mas mediando-os democraticamente, instaurar acordos consensuais entre os agentes sociais, por meio da participação, do diálogo, do exercício e da construção da cidadania. Assim reconhecemos que a educação ambiental possui um papel fundamental neste trabalho, em uma perspectiva *prática* de formação de espaço/processo educativo participativo e emancipatório (Loureiro e Cunha, 2008).

Assim, requer uma abordagem interdisciplinar e a integração de diversas partes interessadas, sendo um dos desafios centrais a necessidade de engajamento da comunidade, pois a gestão participativa pressupõe a colaboração ativa de diferentes atores, como governos locais, organizações não governamentais e cidadãos. A diversidade

de perspectivas e interesses pode resultar em conflitos de gestão, tornando crucial o estabelecimento de diálogos e negociações eficazes.

Além disso, a escassez de recursos financeiros e humanos muitas vezes limita a implementação de programas educacionais abrangentes. Para superar esses desafios, é imperativo desenvolver estratégias inovadoras que promovam a participação efetiva, estimulem o senso de responsabilidade ambiental e proporcionem uma compreensão aprofundada das interações entre sociedade e meio ambiente. A construção de parcerias sólidas e o uso de tecnologias educacionais emergentes também podem desempenhar um papel crucial na superação desses obstáculos, fortalecendo assim a educação ambiental na gestão participativa.

## **COMO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL SE INSERE NO PROCESSO DE GESTÃO?**

Uma forma eficaz de envolver as comunidades na gestão ambiental em Unidades de Conservação perpassa pela educação ambiental, que na visão de Quintas (2004), deve ser direcionada para a compreensão e busca de superação das causas estruturais dos problemas ambientais por meio da ação coletiva e organizada. Neste contexto, sua atuação efetua-se como um componente estratégico ao oferecer conhecimentos e habilidades que capacitam os gestores a tomar decisões informadas e responsáveis em relação aos recursos naturais. Ela propicia uma compreensão mais profunda das interações entre atividades humanas e o meio ambiente, sensibilizando os profissionais da gestão para a importância da preservação e conservação. Além disso, a educação ambiental fomenta a participação ativa da comunidade e demais partes interessadas no processo decisório, promovendo uma abordagem colaborativa e inclusiva.

Ao integrar conceitos de sustentabilidade e ética ambiental, a educação ambiental contribui para a formação de gestores mais conscientes, capazes de desenvolver e implementar políticas e práticas que visam equilibrar as necessidades socioeconômicas com a preservação ambiental a longo prazo. Dessa forma, a educação ambiental se consolida como uma peça fundamental no arcabouço da gestão, promovendo a construção de sociedades mais sustentáveis e resilientes.

Reconhecemos que, a implantação de Unidades de Conservação é permeada por uma série de conflitos de natureza diversa, seja pela posse do território, pelo uso dos recursos, pela pesca ou caça predatória, pela extração ilegal de madeira e pela sobreposição de categorias. Sendo assim, gerar na população circunvizinha o sentimento de pertencimento sobre a UC, é fundamental e a educação ambiental pode possibilitar esse processo. Todavia, como pontuam Loureiro e Cunha (2008) não é aceitável se pensar em processos educativos ambientais ignorando a concretude dos agentes sociais envolvidos e os canais institucionais junto ao Estado, necessário para garantir democraticamente sua universalização.

Assim, é preciso considerar que ao introduzir uma comunidade localizada dentro de uma Unidade de Conservação quaisquer programas ou projetos são necessários vários encontros de esclarecimentos e sensibilização acerca da temática ambiental (Andrade e Lima, 2016). Não há como negar que são as populações tradicionais que detêm o conhecimento exímio dos bens naturais e, por isso, têm reivindicado com vigor a autogestão de suas reservas. Leff (2006) enfatiza que as comunidades estão ressignificando o discurso da democracia e da sustentabilidade, desencadeando novos movimentos pela reapropriação e autogestão produtiva da biodiversidade. Logo, suas ações devem ser alicerçadas na transparência nas relações e nos processos instituídos entre os grupos sociais envolvidos com a gestão e o fortalecimento do Estado, sob controle social.

## **DESAFIOS ENCONTRADOS: EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM INTERFACE COM A GESTÃO**

A eficácia da educação ambiental na gestão participativa de unidades de conservação enfrenta uma série de desafios complexos. Primeiramente, a diversidade de públicos envolvidos, incluindo comunidades locais, gestores públicos e organizações não governamentais, demanda abordagens educacionais adaptadas a diferentes contextos e necessidades. Além disso, a conscientização ambiental muitas vezes esbarra em barreiras culturais e socioeconômicas, exigindo estratégias inclusivas que levem em consideração as particularidades de cada grupo. A falta de recursos financeiros e humanos é outro desafio significativo, limitando a implementação de programas educacionais abrangentes e duradouros.

Ademais, a rápida mudança ambiental e as ameaças constantes às unidades de conservação exigem uma educação ambiental dinâmica e atualizada. A superação desses desafios requer um compromisso conjunto de diversas partes interessadas, investimentos substanciais em recursos educacionais e uma abordagem integrada que promova a participação ativa e contínua de todos os envolvidos na preservação e gestão sustentável dessas áreas. Conforme Layrargues (2002), o grande desafio e a principal responsabilidade da educação no âmbito da gestão ambiental residem na capacidade de, sem ignorar os conflitos existentes, mediar democraticamente essas questões, estabelecendo acordos consensuais entre os diversos atores sociais através da participação, do diálogo, do exercício e da promoção da cidadania.

Assim, a Educação Ambiental não tem a finalidade de reproduzir e dar sentido universal a modos de vida e a valores de grupos dominantes, hegemonicamente apresentados ou compreendidos como adequados à harmonização com a natureza (como se esta fosse uma exterioridade à história), impondo condutas. Seu sentido primordial é o de estabelecer processos práticos e reflexivos que levem à consolidação de valores que possam ser entendidos e aceitos como favoráveis à sustentabilidade global, à justiça social

e à preservação da vida (Loureiro, 2008). É importante considerar que, se a sociedade não estiver integrada à gestão de UC e percebê-la apenas como restrição ao uso, sua percepção será negativa e nunca será parceira na proteção dos recursos naturais (FRANÇA et al, 2006).

## **EDUCAÇÃO AMBIENTAL E ABORDAGENS PARTICIPATIVAS**

As áreas de Conservação, à semelhança de qualquer outra extensão territorial ou espaço físico construído de maneira social, política e socialmente, representam intrincadas configurações de interações entre comunidades, territórios e ecossistemas. As estratégias concebidas ou atualizadas de forma social, dinâmica e criativa podem ou não proporcionar oportunidades para resistir à ameaça de destruição dos ecossistemas naturais. (GUERRA & COELHO, 2009). A participação é a promoção da cidadania, a realização do sujeito histórico, o instrumento por excelência para a construção do sentido de responsabilidade e de pertencimento a um grupo, classe, comunidade e local (BAUMAN, 2000).

Destacamos que a Educação Ambiental (EA) apresenta potencial contributivo para dirimir os conflitos no âmbito da gestão participativa (Berlinck et al. 2003) e evitar que atinjam patamares mais elevados quanto para qualificar os atores sociais historicamente excluídos do processo decisório (Silva & Anunciação, 2023). Tal contribuição reside na capacidade da EA em viabilizar o diálogo entre os diversos atores sociais, culminando, em muitos casos, na promoção do sentimento de pertencimento entre os envolvidos. Nesta perspectiva, não temos uma única Educação Ambiental, mas, conforme ressaltou Carvalho (2001) há, uma miríade constituída por sujeitos ecológicos distintos, com visões paradigmáticas de natureza e sociedade, numa rede de interesses e interpretações em permanente conflito e diálogo.

Assim, pontuamos que é necessário que cada sujeito seja visto de maneira única, de forma a valorizar suas características históricas e sociais. Nesta perspectiva, a educação ambiental possibilita o reconhecimento dessas características, principalmente no contexto da gestão ambiental, demandando uma abordagem que contemple uma compreensão profunda das interações entre sociedade e meio ambiente ao longo do tempo. Assim, os aspectos históricos revelam padrões de desenvolvimento, exploração e utilização dos recursos naturais que influenciam diretamente as condições atuais. Além disso, a diversidade cultural desempenha um papel crucial na percepção, valores e práticas relacionadas ao ambiente, moldando as atitudes das comunidades em relação à natureza. A educação ambiental busca, assim, incorporar uma análise crítica desses fatores, promovendo uma compreensão holística e contextualizada da gestão ambiental, visando a construção de soluções sustentáveis e culturalmente sensíveis para os desafios ambientais contemporâneos.

Concordamos com Loureiro e Layrargues (2000), ao indagar sobre a eficácia do modelo de educação ambiental concebido, implementado e institucionalizado pelo aparato governamental no contexto brasileiro, notadamente nas Unidades de Conservação (UCs), principalmente no que diz respeito a aproximar ou afastar as questões sociais das ambientais, evidenciando ou negligenciando as mútuas influências decorrentes da exploração econômica e da concentração de renda, em conjunto com as manifestações de injustiça social, degradação ambiental e a valoração e significado atribuídos à natureza.

Apesar de, a Educação Ambiental ser vista como uma abordagem robusta para lidar com os desafios socioambientais, o qual tem ganhado espaço na sociedade (Guimarães e Medeiros, 2016) na prática, esse reconhecimento não se traduz em soluções efetivas, como indicado por Guimarães (2013). Isso ocorre porque a gestão ambiental continua a enfrentar obstáculos ligados à escassez de recursos financeiros e humanos, resultando da falta de determinação política em superar barreiras tanto no âmbito do conhecimento quanto operacional. Em outras palavras, a falta de um real interesse político impede a efetiva participação da população no processo decisório.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a gestão participativa emerge como uma abordagem crucial para promover a conservação ambiental e envolver as comunidades locais na proteção de suas áreas naturais, especialmente em unidades de conservação (UCs). A Educação Ambiental (EA) se destaca como um instrumento estratégico nesse contexto, proporcionando orientação e gestão eficazes, através da promoção da gestão participativa entre o poder público e os atores locais.

Contudo, a implementação da EA na gestão ambiental de UCs não está isenta de desafios. A necessidade de mediar democraticamente os conflitos, estabelecer acordos consensuais e promover a participação ativa da comunidade são tarefas prioritárias. A abordagem interdisciplinar e a integração de diversas partes interessadas são cruciais, sendo o engajamento da comunidade um dos desafios centrais, dada a diversidade de perspectivas e interesses.

A escassez de recursos financeiros e humanos também representa um obstáculo significativo para a implementação de programas educacionais abrangentes. Para superar esses desafios, são necessárias estratégias inovadoras que promovam a participação efetiva, estimulem o senso de responsabilidade ambiental e proporcionem uma compreensão aprofundada das interações entre sociedade e meio ambiente. A construção de parcerias sólidas e o uso de tecnologias educacionais emergentes são destacados como elementos-chave para fortalecer a EA na gestão participativa.

A inserção da EA no processo de gestão ambiental, especialmente em UCs, revela-se fundamental para capacitar gestores a tomar decisões informadas e responsáveis em

relação aos recursos naturais. Ao integrar conceitos de sustentabilidade e ética ambiental, a EA contribui para formar gestores conscientes, capazes de equilibrar as necessidades socioeconômicas com a preservação ambiental a longo prazo, construindo, assim, sociedades mais sustentáveis e resilientes.

Diante dos desafios encontrados na interface entre educação ambiental e gestão participativa, destaca-se a importância de abordagens adaptadas a diferentes contextos, considerando a diversidade de públicos envolvidos. A rápida mudança ambiental e as ameaças constantes às UCs demandam uma EA dinâmica e atualizada, com o comprometimento conjunto de diversas partes interessadas.

Apesar de a EA ser reconhecida como uma abordagem robusta para os desafios socioambientais, sua eficácia muitas vezes esbarra na escassez de recursos e na falta de determinação política. Para que a população se torne efetivamente parceira na proteção dos recursos naturais, é fundamental integrar a sociedade à gestão de UCs, superando barreiras tanto no conhecimento quanto na operacionalização das ações ambientais. Em última análise, o sucesso da gestão participativa e da EA está intrinsecamente ligado à superação desses obstáculos e ao comprometimento real das autoridades públicas em promover uma mudança efetiva na relação entre sociedade e meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

Andrade, F. A. V., & Lima, V. T. de A. (2016). **Gestão participativa em unidades de conservação: uma abordagem teórica sobre a atuação dos conselhos gestores e participação comunitária.** *Revista Eletrônica Mutações*, 7(13), 021–040.

BAUMAN, Z. **Em busca da política.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2000.

Berlinck, C.N.; Caldas, A.L.R.; Monteiro, A.H.R.R.; Saito, C.H. **Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos.** *Ambiente e Educação*, 8, 117-129, 2003.

CARVALHO, I.C. de M. A. **Invenção ecológica – Narrativas e trajetórias da educação ambiental no Brasil.** Porto Alegre: EDUEFRGS, 2001.

FRANÇA, Nahyda et al. **Gestão participativa em Unidades de Conservação.** Rio de Janeiro: IBASE, 2006.

GUERRA, A. J. T; COELHO, M. C. N. (orgs). **Unidades de Conservação: abordagens e características geográficas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 67-111.

GUIMARÃES, M. **Por uma educação ambiental crítica na sociedade atual.** *Revista Margens Interdisciplinar*, v. 7, n. 9, p. 11-22, 2013.

GUIMARÃES, M.; MEDEIROS, H. **Outras epistemologias em educação ambiental: o que aprender com os saberes tradicionais dos povos indígenas.** *Revista Eletrônica Mestrado em Educação Ambiental, Edição Especial*, 2016.

LAYRARGUES, P. P. **Educação para a gestão ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais.** In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (Org). Sociedade e meio ambiente: a educação ambiental em debate. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 87-155.

LEFF, Enrique. **Racionalidade Ambiental: a reapropriação social da natureza.** Trad. Luis Carlos Cabral. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

LOUREIRO, C. F. B. et al. **Educação ambiental e gestão participativa em unidades de conservação.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ibama, 2008.

LOUREIRO, C. F. B.; CUNHA, C. C. (2016). **Educação ambiental e gestão participativa de unidades de conservação.** *Revista Práxis*, 1, 35–42.

QUINTAS, J. S. **Educação no processo de gestão ambiental: uma proposta de educação ambiental transformadora e emancipatória.** In: LYRRGUWA, P. P. (Coord.). Identidades da educação ambiental brasileira. Brasília: MMA, 2004. p. 113-140.

SILVA, Maria do Socorro Ferreira da; ANUNCIÇÃO, Vicentina Socorro da. **Estratégias de Educação Ambiental para a Gestão Participativa: Experiências em Unidades de Conservação,** Brasil. *Revista Geo UERJ*, Rio de Janeiro, n. 43, 2023.

# LISTERIA MONOCYTOGENES: ANÁLISIS INTEGRAL DE LA PATOGENICIDAD, RESISTENCIA ANTIBIÓTICA Y PREVALENCIA EN LA CADENA ALIMENTARIA

Data de aceite: 01/02/2024

**Nohemi Vazquez**

**Brenda Sofía Loaeza Cruz**

**José Carlos Parada Fabián**

**Ana Karen Álvarez Contreras**

**RESUMEN:** La listeriosis es una enfermedad zoonótica causada principalmente por el consumo de alimentos contaminados con *Listeria monocytogenes*. Debido a su carácter ubicuo, *L. monocytogenes* puede encontrarse en varios alimentos como frutas, verduras y hortalizas, carnes, productos del mar, leche cruda, derivados lácteos, y especialmente en todos aquellos productos que están listos para su consumo. La listeriosis humana se caracteriza por las siguientes manifestaciones clínicas: gastroenteritis, encefalitis, septicemia, meningitis, y abortos espontáneos en mujeres embarazadas. El grado de afectación en el hospedero, está en función del potencial patogénico del microorganismo, y este a su vez está estrechamente relacionado con la presencia de factores de virulencia que posee además, una vez que se ingiere el alimento contaminado *L. monocytogenes* resiste al pH

gástrico, altas concentraciones de sales biliares y a la respuesta inmune, asimismo, este microorganismo tiene la capacidad de atravesar el epitelio intestinal, la barrera hematoencefálica, la placenta e ingresa a células fagocíticas y no fagocíticas por la presencia de internalinas. Por otra parte, el uso indiscriminado de antibióticos ha llevado a un aumento en la aparición de cepas de *L. monocytogenes* resistentes a antibióticos que son utilizados comúnmente en el tratamiento de listeriosis humana, lo cual representa un problema de salud pública. A pesar de que en diferentes países es obligatoria la determinación de *L. monocytogenes* en alimentos, es carente la información acerca de la prevalencia e incidencia del microorganismo, así como de la virulencia y el perfil de resistencia de las cepas circulantes, debido a que su notificación no es de carácter obligatorio.

**ABSTRACT:** Listeriosis is a zoonotic disease caused mainly by the consumption of foods contaminated with *Listeria monocytogenes*. Due to its ubiquitous nature, *L. monocytogenes* can be found in different kinds of foods such as fruits, vegetables, meats, seafood, raw milk, dairy products, and especially in all those

products that are ready for consumption. Human listeriosis is characterized by the following clinical manifestations: gastroenteritis, encephalitis, septicemia, meningitis, and spontaneous abortions in pregnant women. The severity of the disease on the host is related with the pathogenic potential of the microorganism, and this in turn is closely related to the presence of virulence factors that it also has, once the contaminated food is ingested. *L. monocytogenes* resists low pH, high concentrations of bile salts and the immune response. Likewise, this microorganism has the ability to cross the intestinal epithelium, the blood-brain barrier, the placenta and enter phagocytic and non-phagocytic cells due to the presence of internalins. On the other hand, the indiscriminate use of antibiotics has led to an increase in the appearance of *L. monocytogenes* strains resistant to antibiotics that are commonly used in the treatment of human listeriosis, which represents a public health problem. Although the determination of *L. monocytogenes* in foods is mandatory in different countries, information is lacking about the prevalence and incidence of the microorganism, as well as the virulence and resistance profile of the circulating strains, due to their notification not mandatory.

## INTRODUCCIÓN

La inocuidad de los alimentos se define como la característica que garantiza que los alimentos que son para consumo humano no causen daño a la salud, esto quiere decir que durante su elaboración se aplicaron Buenas Prácticas de Manufactura y Buenas Prácticas de Higiene para reducir el riesgo de contaminación en los alimentos con residuos de plaguicidas, metales pesados, agentes de tipo físico que puedan causar una lesión al momento de consumirlos y microorganismos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus* o *L. monocytogenes* (SENASICA, 2016).

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) son generalmente de carácter infeccioso o tóxico, los patógenos de transmisión alimentaria pueden causar discapacidad persistente y en el peor de los casos la muerte. En el caso de una ETA causada por *L. monocytogenes*, si bien es una enfermedad relativamente poco frecuente, esta puede llegar a ser mortal, sobre todo en mujeres embarazadas, lactantes, personas de la tercera edad y personas inmunocomprometidas, situando a la listeriosis como una de las ETA más graves (OMS, 2020). *L. monocytogenes* se encuentra en los productos lácteos que no han sido pasteurizados y en diversos alimentos preparados. El control del crecimiento de *L. monocytogenes* en alimentos es problemático debido a la resistencia que presenta a pH bajo y sobre todo a temperaturas de refrigeración, condiciones que se emplean para conservar los alimentos (ACHIPIA, 2017).

## Historia

*Listeria* debe su nombre a Joseph Lister (1827- 1912), cirujano y microbiólogo inglés considerado como uno de los padres de la microbiología, sin embargo, Lister no tuvo ninguna relación con *Listeria*, porque fue descubierta 14 años después de su muerte, en 1926,

en conejos, por Murray, Webb y Swann, microbiólogos de la Universidad de Cambridge, quienes le dieron nombre de *Bacterium monocytogenes*. Casi simultáneamente James Pirie describió el mismo bacilo en un roedor con fiebre y monocitosis en Kenia llamándolo *Listerella hepatolytica*. Posteriormente otros científicos aislaron a la misma bacteria y le dieron diferentes nombres. Este conflicto fue resuelto por el alemán Heinz Seeliger en 1957, conocido taxónomo, quien en honor a Lister impuso el nombre de *L. monocytogenes*, que hasta la fecha se utilizan (Orsi & Wiedmann, 2016).

## Clasificación

De acuerdo con el Sistema Integrado de Información Taxonómica, la clasificación es la siguiente:

Reino: Bacteria

Phylum: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Listeriaceae

Género: *Listeria*

Especie: *L. monocytogenes*

*L. monocytogenes* pertenece al género *Listeria*, encontrándose también *L. ivanovii*, *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. selligeri* y *L. grayi*. Solo se considera patógena a *L. monocytogenes* generando infección en humanos y animales, en el caso de *L. ivanovii* genera infección en ruminantes. Recientemente, se han identificado cinco nuevas especies *L. aquatica*, *L. floridensis*, *L. cornellensis*, *L. grandensis* y *L. riparia*. De *L. monocytogenes* se conocen trece serotipos: 1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4ab, 4b, 4c, 4d, 4e y 7. Los serotipos más frecuentemente asociados con enfermedades en humanos son 1/2a, 1/2b y 4b (Osimani & Clementi, 2016).

El genoma de *L. monocytogenes* posee un cromosoma circular de 2.944.528 pb con un promedio de G + C de 39%. Se le han identificado 2853 genes, sin embargo, al 35.3% de estos no se les conoce función. Por otro lado, *L. innocua* posee un único cromosoma circular de 3.011.209 pb con un contenido promedio de G + C de 37%. Dentro del género *Listeria*, estas dos especies presentan alto grado de homología en la secuencia del RNA ribosomal 16S (RNAr 16S) siendo las de mayor cercanía taxonómica (Stessl *et al.*, 2021).

## Características del morfológicas y condiciones de crecimiento

*L. monocytogenes* es un bacilo corto Gram positivo, que presenta diploformas en “V”, anaerobio facultativo, catalasa positivo, oxidasa negativo, hidroliza la esculina, además de fermentar ramnosa pero no xilosa (Cuadro 1), es beta hemolítico y no presenta cápsula ni espora, tiene flagelos peritricos, por lo tanto es móvil a 30° C o menos, en la prueba de movilidad 25 °C que en medio semisólido se observa en forma de paraguas cercano a la superficie, a 37° C sus flagelos se inactivan y se vuelve inmóvil, prolifera en un amplio intervalo de temperatura (1 a 45 °C), siendo la temperatura óptima de crecimiento de 30 a 37° C, aun así tiene potencial de crecer, lentamente, en alimentos durante su almacenamiento refrigerado (Hitchins *et al.*, 2022).

Por otro lado, crece en un amplio intervalo de pH de 4.0 a 9.6, con un crecimiento óptimo entre 6.0 y 8.0, la actividad de agua mínima que requiere para su desarrollo es de 0.90, y de manera óptima 0.97, también, es tolerante a concentraciones de cloruro de sodio del 13 al 14%. Debido a estas características puede sobrevivir en alimentos procesados listos para el consumo, conservados y refrigerados (ACHIPIA, 2017).

Especies	Manitol	Ramnosa	Xilosa	<sup>b</sup> B- hemólisis	CAMP <i>S. aureus</i>	CAMP <i>R. equi</i>
<i>L. monocytogenes</i>	-	+ <sup>c</sup>	-	+	+	- <sup>d</sup>
<i>L. ivanovii</i>	-	-	+	+	-	+
<i>L. innocua</i>	-	V <sup>f</sup>	-	-	-	-
<i>L. welshimeri</i>	-	V	+	-	-	-
<i>L. seeligeri</i>	-	-	+	+ <sup>g</sup>	+	-
<i>L. grayi</i> <sup>h</sup>	+	V	-	-		

Cuadro 1. Características bioquímicas para la identificación de *L. monocytogenes*. Tomado de (Hitchins *et al.*, 2022)

<sup>b</sup> Picadura en agar sangre de carnero

<sup>c</sup> Algunas cepas del linaje III de *L. monocytogenes*, que se asocian principalmente con la listeriosis animal, son ramnosa negativas.

<sup>d</sup> Las cepas raras son S+ y R+. La reacción R+ es menos pronunciada que la de *L. ivanovii*. Las cepas fermentadoras de ribosa se clasifican como *L. ivanovii* subsp. *ivanovii* y ribosa no fermentadoras como *L. ivanovii* subsp. *londiniensis*.

<sup>f</sup> V, biotipos variables, más del 10% de cepas para esta característica.

<sup>g</sup> Las cepas de *L. seeligeri* débilmente hemolíticas pueden parecer no hemolíticas.

<sup>h</sup> Incluye dos subespecies de *L. grayi* subsp. *murrayi* reduce el nitrato. *L. grayi* subsp. *grayi* no reduce el nitrato.

## Distribución y hábitat

*Listeria* spp. está distribuida ampliamente en el ambiente, habita principalmente en el suelo, sin embargo, se ha encontrado en cuerpos de agua, aguas residuales y en suelo con vegetación, además, se ha encontrado en una variedad de animales como rumiantes, aves, animales de vida marina, insectos y crustáceos (Matle *et al.*, 2020). Es capaz de infectar a varios tipos de animales, entre ellos mascotas, ganado, reptiles, roedores y aves, adicionalmente, se ha demostrado que entre el 1 y 5% de las personas sanas pueden excretar la bacteria a través de las deposiciones (Orsi & Wiedmann, 2016).

## Alimentos involucrados

Los alimentos de mayor riesgo de contaminación por *L. monocytogenes* son leche cruda, derivados lácteos, carne, embutidos, carnes exóticas, paté, aves de corral, productos de la pesca y productos hortícolas. Todos estos alimentos se han visto implicados en brotes de *L. monocytogenes* (Rodríguez-Auad, 2018).

De acuerdo con el informe de zoonosis de la EFSA-ECDC 2018, la prevalencia de *L. monocytogenes* en países europeos, específicamente en productos lácteos como la leche cruda es de 0.1%, la prevalencia en quesos blandos, semiblandos y quesos duros elaborados con leche cruda y que son sometidos a un tratamiento térmico ligero, es de 0.9 a 1%; y en el caso de estos mismos quesos, pero elaborados con leche pasteurizada, la prevalencia es de 0.3 a 0.4%. En un estudio realizado en Irán por Bastam y colaboradores (2021) en leche cruda, leche pasteurizada y quesos, reportaron la presencia de *L. monocytogenes* en un 2%, siendo las muestras de leche cruda positivas, pero no las de leche pasteurizada y queso fresco, esto en granjas y puntos de venta al por menor.

En los productos hortícolas el interés de la contaminación con *L. monocytogenes* se relaciona con un aumento en los últimos años, ya que se han producido brotes por el consumo de ensaladas preparadas, así como sándwiches con vegetales y verduras. En un estudio realizado por Maćkiw y colaboradores (2021) en Polonia, informaron que la prevalencia de esta bacteria fue muy baja (0.56%) en muestras de vegetales frescos y congelados, comercializados en establecimientos pequeños. En un estudio realizado en Inglaterra por Willis y colaboradores (2020) en muestras de verduras y frutas congeladas que fueron recolectadas durante los años de 2018 a 2019 de comercios locales y restaurantes, reportaron la presencia de la bacteria en un 7%, principalmente en las muestras de verduras y en las muestras donde había una mezcla de frutas con vegetales.

La prevalencia de *L. monocytogenes* en carne ovina, de cerdo y pollo como materia prima, oscila entre 0.1 y 10.5% en países de la Unión Europea (INS, 2015). En un estudio realizado por Barrientos y colaboradores (2015) en Lima, Perú, en canales porcinos determinaron una frecuencia del 7.4 %. En los productos cárnicos, *L. monocytogenes* puede adherirse a superficies inertes como el acero inoxidable y generar biofilm, lo que le permite

mantenerse en las áreas de producción por un largo tiempo. Esto también implica que los utensilios y superficies contaminadas pasen a ser el principal vehículo de transmisión de *L. monocytogenes* a carnes crudas como a productos procesados que ya han pasado por procesos térmicos (Montaño-Millan, 2015).

Los pescados y mariscos pueden albergar a *L. monocytogenes* debido a que se recolectan en entornos naturales donde se pueden encontrar las bacterias. En el caso de ostiones y mejillones frescos, *L. monocytogenes* rara vez se aísla.

El helado es uno de los productos lácteos que se considera un entorno muy adecuado para el crecimiento microbiano debido a su alto valor nutricional, valor de pH casi neutro (pH ~6-7) y largos periodos de almacenamiento. La prevalencia de *L. monocytogenes* en helados es de 5.5% (Shinaway *et al.*, 2017).

## Epidemiología

La listeriosis humana es una de las ETA más graves y aunque se considera rara, se estima que por cada 100 000 habitantes la incidencia anual puede variar desde 0.3 a 0.8% e incluso llegar hasta 5% en brotes epidémicos. La transmisión de *L. monocytogenes* se le atribuye principalmente al consumo de alimentos contaminados listos para su consumo (Mateus *et al.*, 2013), aunque también se han descrito como factores clave la globalización del comercio alimenticio, aumento de la población, lugar geográfico (país y región) y por supuesto, la salud inmunológica de la población susceptible (Wang *et al.*, 2012).

Globalmente, se ha estimado que *L. monocytogenes* causa más de 2,500 infecciones y 500 muertes anuales en los Estados Unidos de América. Es importante destacar que la listeriosis se presenta en forma esporádica en el 95% de los casos; el resto se presenta en brotes que tienden a ocurrir en verano (Orsi & Wiedmann, 2016). Dado que presenta una alta tasa de mortalidad, convierte a la listeriosis en un problema de salud pública; no obstante, los estudios de vigilancia epidemiológica han demostrado que la listeriosis humana se reporta con mayor incidencia en países industrializados (Osimani *et al.*, 2016).

La década de los 80 's (Cuadro 2) fue el periodo de tiempo en que hubo un aumento drástico en la incidencia de listeriosis. El primer brote importante asociado a *L. monocytogenes* transmitido por alimentos se notificó en 1981 en Canadá, relacionado al consumo de ensalada de col elaborada de manera comercial reportando al menos 41 casos y 7 decesos (17% mortalidad) en el que la principal fuente de contaminación fue la fertilización del cultivo con estiércol de oveja. En la década de los 90 's, los brotes asociados a listeriosis se notificaron principalmente en Estados Unidos y algunos países europeos, debido a la contaminación de leche sabor chocolate, quesos frescos, mantequilla, productos cárnicos y lengua de cerdo en gelatina.

Posteriormente, a inicios del siglo XXI en su primera década incrementaron los brotes de *L. monocytogenes* causados principalmente por productos avícolas listos para su

consumo (carnes frías) en Norteamérica. Particularmente, uno de los brotes que provocó “El mayor retiro de carnes en la historia de Estados Unidos”, fue el brote multiestatal en 2002 relacionado a productos de una reconocida empresa avícola que reproduce, cría y procesa pollos.

En 2018, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) y el Centro Europeo para la Prevención y el Control de las Enfermedades (ECDC) en un brote que afectó a 5 países (Austria, Dinamarca, Finlandia, Suecia y Reino Unido) por el consumo de maíz y algunos vegetales congelados, se determinó que la cepa *L. monocytogenes* IVb, ST6 (secuencia tipo 6) fue la razón de los brotes durante las temporadas de 2016, 2017 y 2018. Posteriormente, a través de la secuenciación del genoma completo se identificó a *L. monocytogenes* ST8, una cepa con alta patogenicidad en Dinamarca, Alemania y Francia, en donde se presentaron una serie de fallecimientos (EFSA-ECDC, 2018).

Por otro lado, en el periodo transcurrido entre 2017 y 2018 en Sudáfrica, se reportó el brote más grave a nivel mundial, catalogado así por la Organización Mundial de la Salud (OMS) debido a los 978 casos reportados, en donde el 42% de los neonatos infectados, adquirieron la infección durante el embarazo de sus progenitoras asociado al consumo de salchichas Polokwane. Más tarde, se confirmó que en el 91% de los casos, la cepa involucrada en este brote fue nuevamente del Tipo 6 de *L. monocytogenes* (Quereda *et al.*, 2021).

La incidencia real de Listeriosis en América Latina se encuentra muy subestimada debido a la deficiencia de registros de notificaciones de listeriosis y a la falta de vigilancia epidemiológica, por lo que en este contexto se encuentra un vacío de la estimación real de los casos de listeriosis. No obstante, existen países en el mismo continente declaran de forma obligatoria la notificación de los casos de listeriosis como en Chile y Uruguay (Cuadro 3), en contraparte al Estado Plurinacional de Bolivia, Ecuador, Argentina o Perú donde la notificación de listeriosis no es obligatoria. Por otro lado, a pesar de que en México es poca la información existente sobre los casos de listeriosis, existen registros de casos esporádicos de con una alta tasa de mortalidad (50%), aunque se desconoce la fuente de infección y la cepa de *L. monocytogenes* involucrada (Castañeda-Ruelas *et al.*, 2018). Si bien es cierto que no todos los países cuentan con notificación obligatoria, se realiza la vigilancia pasiva de listeriosis en algunos países de América Latina, no obstante, se exhorta a que los demás países a nivel mundial tomen en cuenta la importancia de la notificación obligatoria de este tipo de microorganismos que son un riesgo para la población en general.

País	Año	Alimento	Casos /Muertes	Serotipo
Canadá	1981	Ensalada de col	41/7	NR
EUA	1983	Leche pasteurizada	49/14	4b
EUA, los Ángeles	1985	Queso estilo mexicano	142/48	4b
Londres	1990	Paté	> 350/90	4b
Francia	1992	Lengua de cerdo	279/88	4b
Nueva Zelanda	1992	Mejillones ahumados	NR	NR
Francia	1993	Rillettes (carne de cerdo en conserva)	NR	NR
EUA	1994	Leche pasteurizada sabor chocolate	NR	NR
Francia	1995	Queso blando de leche cruda	NR	NR
EUA	1998	Salchichas	108/14	4b
Finlandia	1998	Mantequilla	NR	NR
EUA	1999	Salchichas	101/21	1/2a
Francia	1999 -2000	Lengua de cerdo en gelatina	NR	NR
EUA	2000	Queso fresco	13/0	4b
EUA	2000	Carnes frías de pavo	29/7	NR
EUA	2001	Carnes frías	28/0	1/2a
EUA	2002	Carnes frías	54/8	4b
EUA	2002	Productos delicatessen	46/11	NR
EUA	2003	Queso fresco	13/1	4b
EUA	2005	Pollo a la parrilla	3/0	1/2b
EUA	2006	Queso	3/1	4b
EUA	2007	Leche	5/3	4b
Canadá	2008	Embutidos listos para su consumo	57/23	NR
EUA	2008	Ensalada de atún	5/3	1/2a
EUA	2011	Melón	147/33	NR
EUA	2012	Queso Ricota	22/4	NR
EUA	2013	Queso maduro	6/1	NR
Austria, Dinamarca, Finlandia, Suecia y Reino Unido	2018	Maíz congelado	47/9	4b
Dinamarca, Alemania y Francia	2018	Salmón ahumado	12/4	NR
Sudáfrica	2018	Salchichas	978/189	NR
España	2019	Embutidos	226/3 y 7 abortos	NR
EUA	2021	Queso fresco	13/1	NR

NR= no reportado

Cuadro 2. Brotes de listeriosis causado por *L. monocytogenes* reportados en diferentes partes del mundo transmitidos por el consumo de productos alimenticios contaminados.

País	Notificación de casos de listeriosis	Notificación de brotes transmitidos por alimentos	Vigilancia pasiva de <i>L. monocytogenes</i>
Argentina	No obligatoria	No obligatoria	Sí
Bolivia (Estado Plurinacional)	No obligatoria	No obligatoria. Obligatoria para casos diarreicos en niños.	NR
Brasil	No obligatoria	Informes esporádicos	Vigilancia indirecta por aislamientos de <i>L. monocytogenes</i> por brotes asociados a ETA
Chile	Obligatoria desde 2020	Obligatoria	Vigilancia a través del laboratorio nacional de referencia (aislamientos de casos humanos y alimentos)
Colombia	No obligatoria	No obligatoria. Reportes de casos esporádicos en la literatura.	
Ecuador	No obligatoria	Obligatoria	NR
Perú	No obligatoria	Obligatoria	NR
Uruguay	Obligatoria	Obligatoria	Vigilancia de listeriosis invasiva
Venezuela	No obligatoria	Obligatoria	Informes de vigilancia suspendidos desde 2017

NR: No Reportado

Cuadro 3. Notificación epidemiológica de brotes de listeriosis por *L. monocytogenes* reportados en América Latina.

## Manifestaciones clínicas

El cuadro clínico producido por *L. monocytogenes* es muy variable, con un espectro que va desde una colonización asintomática hasta una infección grave con gran riesgo de muerte. El riesgo para desarrollar la infección dependerá de varios factores: i) el nivel de inmunidad del paciente (disminución de la inmunidad celular), ii) la disminución de la acidez gástrica (incrementa la predisposición a la infección) y iii) la virulencia que depende fundamentalmente de la LLO (Fuentes-Marín *et al.*, 2021). La listeriosis puede manifestarse de dos formas: gastroenteritis febril no invasiva y listeriosis invasiva grave, debido a su vía de entrada, la gastroenteritis febril no invasiva es más frecuente (Matle *et al.*, 2020).

## Listeriosis no invasiva

Se manifiesta en adultos inmunocompetentes y generalmente causa meningitis atípica, septicemia y gastroenteritis febril caracterizada por fiebre y diarrea acuosa que dura de dos a tres días, estos síntomas pueden ir acompañados de dolor de cabeza y dolor de espalda. La dosis infectiva fluctúa entre  $10^4$  y más de  $10^9$  UFC/g de alimento. Esta infección suele ser autolimitada y puede resolverse en un periodo corto sin atención médica (Rodríguez-Auad, 2018).

## Listeriosis invasiva

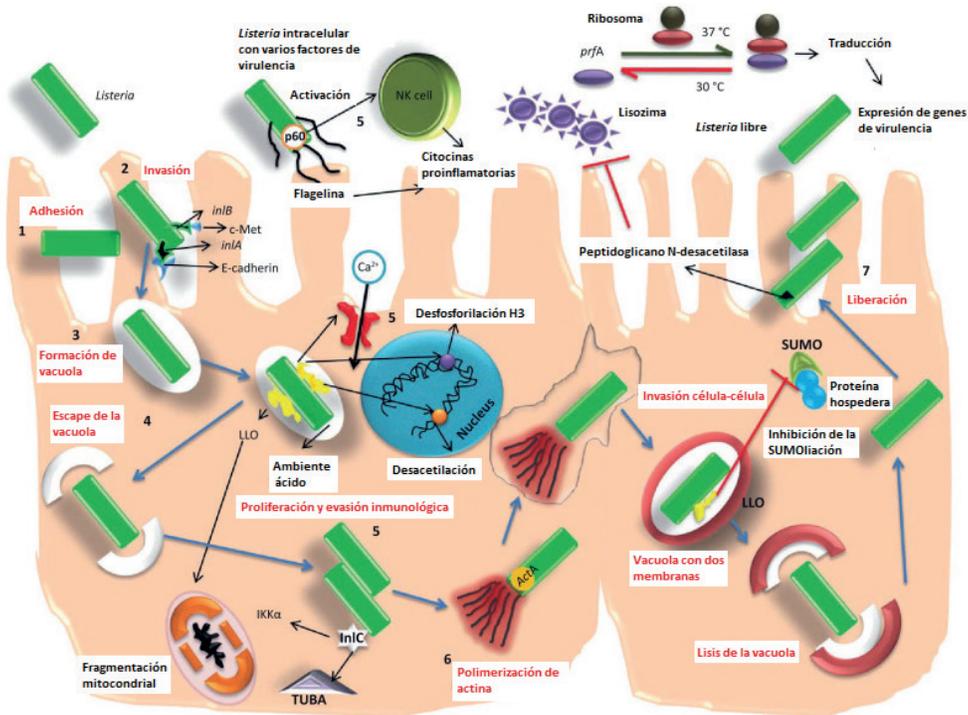
En la listeriosis invasiva afecta principalmente a individuos inmunocomprometidos, neonatos, ancianos, mujeres embarazadas y ocasionalmente individuos sanos, en estos casos un inóculo de  $10^5$  a  $10^7$  UFC/g es suficiente para causar la infección, se manifiesta como sepsis, meningitis, endocarditis, encefalitis, meningoencefalitis, septicemia e infección cerebral (Suárez *et al.*, 2017).

La listeriosis durante el embarazo es una seria amenaza para el feto, ya que un tercio de los casos confirmados de listeriosis de transmisión materno - fetal se resuelven como un aborto o mortinato. En mujeres embarazadas hay un riesgo diecisiete veces mayor de contraer listeriosis invasiva y ocurre principalmente en el tercer trimestre, generalmente se asocia con síntomas similares a los de una gripe con o sin problemas gastrointestinales. Sin embargo, las consecuencias de la infección del feto o del neonato son extremadamente graves e incluyen aborto, parto prematuro, neumonía y meningitis (Charlier *et al.*, 2020).

La listeriosis invasiva es responsable de más del 90% de las hospitalizaciones y con una tasa de letalidad de entre 20 y 30%, lo que la convierte en una de las ETA más graves (Matle *et al.*, 2020).

## Factores de virulencia

*L. monocytogenes* cuenta con varios factores de virulencia que contribuyen a su patogenicidad y actúan en varias etapas del ciclo de infección al hospedero. La mayoría de los factores de virulencia se agrupan a lo largo del cromosoma en la isla de patogenicidad de *Listeria* - 1 (LIPI - 1), sin embargo, LIPI - 3 y LIPI - 4 también se han identificado a través de la secuenciación del genoma completo como portadores de importantes factores de virulencia (Matle *et al.*, 2020).



LLO, listeriolisina O; IKK $\alpha$ , I $\kappa$ B cinasas; SUMO, (por sus siglas en inglés Small Ubiquitin-related Modifier) modificador postraduccional; c-Met, transición mesenquimatoso a epitelial; H, histona.

Figura 1. Factores de virulencia involucrados en la patogénesis de *L. monocytogenes* (modificado de Jadhav, 2015).

## Internalinas

La adhesión e invasión a la célula hospedera por *L. monocytogenes* está mediada principalmente por dos subfamilias de proteínas internalinas. La primera subfamilia son proteínas de superficie grande (70 a 80 kDa), como InIA e InIB, codificadas por los genes *inIA* e *inIB*, que están codificados por el operón *inIAB*. Estas proteínas son reconocidas por poseer en su extremo N-terminal una región LRR (leucine rich repeat) y en su extremo C-terminal una secuencia conservada LPXTG (Leu-Pro-X-Thr-Gly). El segundo grupo son las proteínas de superficie de menor tamaño (25 - 30 kDa) como InIC, InID, InIE, InIF, InIG e InIH que carecen de la región de anclaje de la pared celular C-terminal (Vera *et al.*, 2013).

InIA es una proteína de superficie de 88 kDa que está covalentemente unida a la pared celular bacteriana, se expresa abundantemente y se distribuye uniformemente en la célula, esta se une al receptor eucariótico E - cadherina, promoviendo la internalización de *L. monocytogenes* en los enterocitos y su tránsito a través de la barrera intestinal. La interacción de la E - cadherina es fundamental para la invasión de las células ya que activa vías de señalización complejas para la reorganización del citoesqueleto (Lopes-

Luz *et al.*, 2021). InIB es otra proteína de superficie no unida covalentemente, el cual se une a diferentes receptores como el factor de crecimiento de hepatocito (receptor Met) y con glicosaminoglicanos de las células epiteliales. En el caso de Met, este es un receptor transmembranal con un dominio intracelular con acción tirosina kinasa, esta interacción InIB / Met produce una fosforilación transitoria de Met. Para *L. monocytogenes* esta unión permite una gama más amplia para su internalización en células hospederas, como hepatocitos, fibroblastos y células epitelioideas. Por lo tanto, la bacteria puede invadir diferentes hospederos eucarióticos, pero la eficiencia de la infección depende de la especie (Vera *et al.*, 2013).

Las internalinas son factores de virulencia muy importantes en *L. monocytogenes*, ya que, además de las InIA e InIB, la InIC afecta la rigidez del citoesqueleto, y la señalización inmune innata; InIP media la invasión placentaria e InIJ se expresa únicamente *in vivo*, aunque su receptor celular y tropismo tisular no han sido identificados (Radoshevich & Cossart, 2018).

## Listeriolisina O y fosfolipasas

Una vez que *L. monocytogenes* se internaliza (ya sea por endocitosis o fagocitosis mediada por sus respectivos receptores), expresa otros factores de virulencia que están codificados en la LIPI - 1, permitiendo la liberación de las bacterias presentes en la vacuola (endosoma o fagosoma), y a su vez, se favorece su proliferación en el citosol, y diseminación a las células adyacentes (Quereda *et al.*, 2021).

La listeriolisina O (LLO) es una citolisina dependiente de colesterol codificada por el gen *hly*, que se une al colesterol y forma grandes poros en la membrana vacuolar, tiene un peso molecular de 60 kDa y la conforman 504 aminoácidos. Se produce en la fase exponencial con concentraciones máximas después de 8 a 10 horas de crecimiento y actúa como principal mediador de la ruptura de la membrana del fagosoma que se forma después de fagocitar a la bacteria (Longo *et al.*, 2012).

Una característica de esta citolisina es su actividad a pH bajo, lo que permite que *L. monocytogenes* escape del fagosoma al citosol de la célula infectada sin dañar su membrana plasmática. Además, la LLO influye en los niveles de calcio intracelular y estimula el metabolismo de los fosfoinosítidos para favorecer su entrada. Por otro lado, la alteración de la membrana del fagosoma se ve potenciada por dos fosfolipasas C (PLC), la fosfatidilinositol fosfolipasa C (PI - PLC) y la fosfatidilcolina fosfolipasa C (PC - PLC), las cuales están codificadas por los genes *plcA* y *plcB*, respectivamente (Shangwei Wu, 2015).

La acción citolítica de la LLO se ve aumentada por la acción de PI - PLC, que reconoce como sustrato a fosfatidilinositol y por PC - PLC, una lecitinasa que tiene actividad enzimática sobre fosfatidilcolina, fosfatidilserina y fosfatidiletanolamina. Las dos enzimas cooperan con la LLO en la lisis de las vacuolas primarias y secundarias de las células,

lizando a la célula hospedera por hidrólisis de los lípidos de la membrana. La PC - PLC es expresada como protoenzima y se requiere de la metaloproteasa Mpl dependiente de zinc para su maduración (Matle *et al.*, 2020).

## Proteína polimerizante de actina

Después del escape de las vacuolas, *L. monocytogenes* se disemina rápidamente en el citosol y la proteína ActA (codificada por el gen *actA*) induce la polimerización de la actina del hospedero al actuar como factor promotor de la nucleación, lo cual le confiere movilidad. La polimerización de filamentos de actina se produce en un polo de la bacteria, se forma una estructura semejante a una cola de cometa que facilita el movimiento intracelular permitiendo la invasión a células vecinas. Aunque la principal función de la ActA es mediar el movimiento intracelular y la propagación de célula a célula, también se ha implicado en la agregación bacteriana y la formación de biopelículas, la internalización en las células huésped, el escape de la vacuola de entrada, la inducción de factor nuclear  $\kappa B$  (NF -  $\kappa B$ ) y también evita la autofagia (Vera *et al.*, 2013).

## Proteína asociada a la invasión

La proteína asociada a la invasión (p60), es una proteína extracelular que está codificada por el gen *iap*. La p60 es común entre el género *Listeria* spp., y se considera una enzima hidrolasa de peptidoglicano (mureína), juega un papel importante en la invasión al hospedero, la división celular y la viabilidad. La p60 facilita la separación del tabique durante la etapa final de la división celular, además, participa en la adherencia de *L. monocytogenes* en la célula hospedera (Matle *et al.*, 2020).

## Factor regulador positivo A

La expresión de la mayoría de los factores de virulencia conocidos de *L. monocytogenes* es controlada por el Factor Regulador Positivo A (PrfA) (Figura 2). El PrfA es una proteína de 27 kDa, codificada por el gen *prfA* y está relacionada con la proteína Crp (proteína receptora de AMPc), también conocida como Cap (proteína activadora de catabolitos). Para que se produzca la regulación dependiente de PrfA, este debe reconocer y unirse a una secuencia palindrómica de ADN de 14 pb denominada box - PrfA, que suele estar situada río arriba del sitio de inicio transcripcional de los genes regulados por el PrfA. La complejidad de la regulación de PrfA, que se produce a múltiples niveles (transcripcional, postranscripcional y postraducciona) pone de relevancia la importancia fisiológica de expresar los genes de virulencia solo cuando sea necesario, las cepas que carecen de PrfA funcional no son virulentas (Vera *et al.*, 2013).

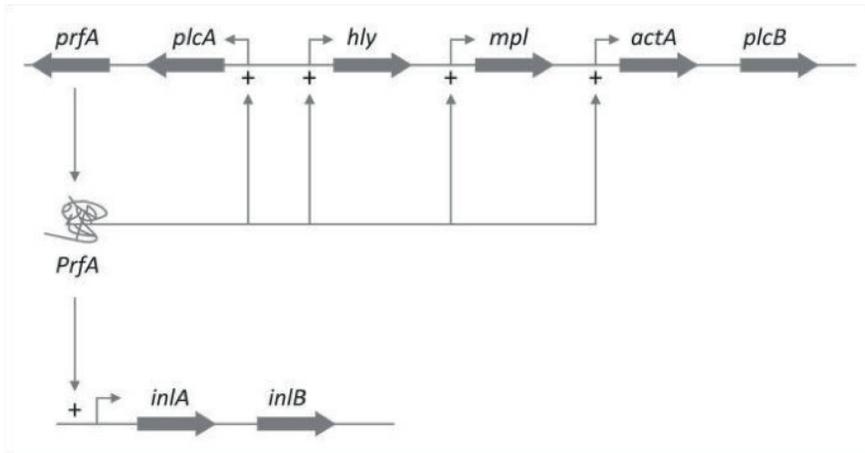


Figura 2. Organización del grupo central de genes de los factores de virulencia de *L. monocytogenes* (modificado de Matle *et al.*, 2020).

A nivel postranscripcional, la actividad de la PrfA se ve influenciada por una serie de factores ambientales y estados fisiológicos, como la presencia de carbohidratos fermentables, estado intracelular, crecimiento en medio mínimo y la entrada en la fase estacionaria (Vera *et al.*, 2013). Sin embargo, es importante mencionar que el factor sigma alternativo  $\sigma^B$  responde al estrés y desempeña un papel importante en la regulación de la expresión génica durante la infección, incluso a través de la coregulación de varios genes dependientes de  $\sigma^B$  y PrfA (Henderson *et al.*, 2020).

## Resistencia antimicrobiana de *L. monocytogenes*

Algunos patógenos transmitidos por los alimentos son intrínsecamente resistentes a ciertos antibióticos y esto está relacionado con su fisiología general, mientras que otros patógenos desarrollan resistencia a los antibióticos por mutación u otros tipos de alteración genética. De acuerdo con la literatura, la resistencia a estos antibióticos podría surgir debido a su uso indebido o al impacto residual de los mismos en el ambiente (Kayode & Okoh, 2023). Diversos estudios han reportado la presencia de *L. monocytogenes* y otras especies de *Listeria* en los alimentos con un perfil de multiresistencia, esto debido al uso desmedido de antibióticos como promotores de crecimiento en la alimentación animal, dando lugar a la propagación de bacterias resistentes al ambiente (Rahimi *et al.*, 2010).

En el caso de plantas de producción de alimentos, la presencia de *L. monocytogenes* es motivo de preocupación porque al ingresar en estos lugares puede persistir en las diferentes áreas de procesamiento, materias primas, trabajadores, drenajes y conductos de ventilación. Por lo tanto, su estricto control se basa en procedimientos de higiene y sanitización. Para esto existen diferentes tipos de desinfectantes que se utilizan en cada

una de las áreas de producción y que tienen diferentes mecanismos de acción; los más utilizados en estas instalaciones son las soluciones a base de cloro y las sales cuaternarias de amonio como el cloruro de benzalconio (Korany *et al.*, 2018). Se ha documentado que *L. monocytogenes* puede generar tolerancia a estos biocidas como el cloruro de benzalconio y los mecanismos que utiliza son similares a los observados en los antibióticos de importancia clínica, provocando una resistencia cruzada a los antibióticos (Duze *et al.*, 2021). La resistencia adquirida también se atribuye a la adaptación al estrés ambiental como el calor, la desecación y el estrés biológico, debido al antagonismo microbiano que podría inducir respuestas de protección cruzada (Rahimi *et al.*, 2010).

En el caso de los productos del mar, los que son cultivados en granjas acuícolas son más propensos a estar expuestos al uso de antibióticos (a diferencia de los productos del mar extraídos del medio silvestre), con los que se alimentan los peces y mariscos para combatir las enfermedades resultantes de las prácticas de cría intensiva (Schar *et al.*, 2020).

De acuerdo con la Administración de Alimentos y Medicamentos (por sus siglas en inglés FDA, 2020), los antibióticos aprobados en EU para el tratamiento y control de enfermedades bacterianas en la acuicultura solo son las tetraciclinas, fenicoles y las sulfonamidas. Por otra parte, los productos de importación pueden estar expuestos a otras clases de antibióticos, incluyendo aquellos que se utilizan en el tratamiento de infecciones en seres humanos. Por lo tanto, el uso de antibióticos en la acuicultura puede generar la aparición de resistencia antimicrobiana en patógenos que causan ETA y que se transmiten por el consumo de estos productos contaminados (Iwamoto *et al.*, 2010). En consecuencia, es importante monitorear los cambios en el desarrollo de la resistencia antimicrobiana en *L. monocytogenes* para mantener opciones viables de tratamiento (Bland *et al.*, 2022).

Si bien la prevalencia por sí sola proporciona información importante sobre la persistencia y los eventos de contaminación, la evaluación de la resistencia antimicrobiana de los aislados ayuda a comprender el riesgo para la salud pública. Aunque *L. monocytogenes* es sensible a la penicilina, el gen *pen A* que codifica una proteína de unión a la penicilina (PBP, por sus siglas en inglés) identificada por primera vez en *Neisseria meningitidis*, se ha asociado con la resistencia de penicilina G en *L. monocytogenes*. Igualmente, la resistencia a los carbapenems entre las bacterias Gram positivas generalmente se desarrolla a través de mutaciones en las PBPs, lo cual podría explicar la resistencia adquirida a meropenem (Meletis, 2016). Si bien, antibióticos como penicilina, clortetraciclina, eritromicina, estreptomina, bacitracina y espectinomicina han sido utilizados como promotores del crecimiento en ganado y otros animales, también se utilizan como tratamiento en humanos, por lo que el uso continuo de estos antimicrobianos en la alimentación del ganado conduce a la formación de cepas bacterianas multirresistentes que podrían afectar gravemente a la salud de los consumidores (Luque-Sastre *et al.*, 2018).

Algunos estudios de *L. monocytogenes* aislados de alimentos, informan sobre la frecuencia de genes que están asociados a la susceptibilidad a los antibióticos utilizados en la listeriosis, no obstante, existen cepas aisladas de alimentos que presentan fenotipos intermedios y resistentes a antibióticos clínicamente relevantes para el tratamiento de la infección, ejemplo de estos antibióticos son ciprofloxacina, cloranfenicol penicilina, clindamicina y tetraciclina. Por otra parte, la resistencia a la eritromicina, gentamicina y rifampicina se informa con menos frecuencia (Bland *et al.*, 2022).

## Aislamiento e identificación de *L. monocytogenes*

Los métodos que se utilizan para el aislamiento de *L. monocytogenes* a partir de alimentos y muestras ambientales se basan en métodos de Microbiología clásica. Estos métodos son sensibles, de bajo costo, pero requieren de varios días para el aislamiento. Por otro lado, con el avance tecnológico, se han desarrollado métodos rápidos para el análisis microbiológico en alimentos. A pesar de que estos métodos son rápidos y pueden dar un resultado confiable, deben ser confirmados por métodos de cultivo.

## Enriquecimiento selectivo

Existen varios medios de enriquecimiento que se pueden utilizar para el aislamiento y detección de *L. monocytogenes* en muestras de alimentos y muestras ambientales. Las agencias reguladoras recomiendan medios de enriquecimiento como el caldo de enriquecimiento de *Listeria* amortiguado (BLEB), Caldo Fraser y caldo de enriquecimiento selectivo para *Listeria* modificado (UVM). Estas metodologías deben tener la sensibilidad de detectar a *Listeria* en 25 g o mL de muestra, para lograr esto, el Manual de Bacteriología Analítica de la FDA (BAM-FDA, 2022), en el capítulo 10 se describe un paso inicial de enriquecimiento para permitir la recuperación de células estresadas o dañadas, con el objetivo de alcanzar un nivel detectable antes de pasar al enriquecimiento selectivo. En el caso de la ISO 11290:2017, Método horizontal para la detección y enumeración de *L. monocytogenes* y de *Listeria* sp., se realiza un enriquecimiento selectivo primario y secundario.

A estos medios de enriquecimiento se les adicionan agentes selectivos para inhibir la microbiota acompañante de la muestra, ya que *Listeria* es de crecimiento lento y puede ser desplazada por otros microorganismos competidores. Los agentes selectivos más utilizados son: ácido nalidíxico para la inhibición de Gram negativos, acriflavina para inhibir el crecimiento de otras bacterias Gram positivas y cicloheximida para la inhibición de hongos y levaduras.

## Aislamiento

Posterior al enriquecimiento selectivo, se procede a sembrar por estría cruzada en medios selectivos. Los medios más utilizados para el aislamiento de *L. monocytogenes* son agar Oxford y agar PALCAM (polimixina, acriflavina, cloruro de litio, ceftazidima, manitol y esculina). Ambos medios se incuban durante 24 a 48 h a 37°C. Las colonias de *Listeria* spp. en el agar Oxford son de un tamaño de 2 - 3 mm de diámetro de color verde oliva con un centro hundido y con un halo de hidrólisis de color negro debido al uso de la esculina.

En el agar PALCAM, las colonias tienen un tamaño de 2 mm de diámetro de color gris verdoso, con halo de hidrólisis de color negro y un centro hundido. Ocasionalmente, pueden desarrollarse otros Gram positivos como *Staphylococcus* spp. o *Enterococcus* spp., sin embargo, se pueden distinguir por la fermentación de manitol, que genera colonias grises o rojo - amarillas debido a la producción de ácidos por estos géneros. La principal limitación de estos medios es que no distinguen a *L. monocytogenes* de *Listeria* spp. Esto ha llevado al desarrollo de medios cromogénico como el Agar *Listeria* según Ottaviani y Agosti (ALOA) y CHROMagar™ *Listeria*. En el agar ALOA se utiliza un cromógeno que detecta la actividad de la  $\beta$ -D-glucosidasa, que es indicativa de especies de *Listeria*; por otro lado, la formación de un halo alrededor de la colonia indica el uso de lecitina por parte de *L. monocytogenes*. En ALOA, todas las colonias de *Listeria* son de color azul verdoso y las colonias de *L. monocytogenes* son azul verdoso con un halo opaco.

## Identificación por pruebas bioquímicas

Las colonias típicas de *Listeria* spp., obtenidas de los medios selectivos y diferenciales tras el subcultivo a un medio no selectivo, se utilizan para su identificación a nivel de especie. Estas pruebas son la tinción de Gram donde se observa al microscopio bacilos cortos Gram positivos; la reacción de catalasa positiva por la liberación de oxígeno y agua en presencia de la enzima; la prueba de movilidad a 25 °C a los 7 días donde se observa crecimiento en forma de sombrilla cerca de la superficie; la fermentación de carbohidratos dando como resultado ramnosa positiva y xilosa negativa; la prueba de hemólisis en agar sangre al 5% de eritrocitos de carnero observando una  $\beta$  hemólisis discreta alrededor de las colonias; y la prueba de Christie–Atkins–Munch–Peterson (CAMP) donde se observa el sinergismo de las hemolisinas de *S. aureus* y *L. monocytogenes*, dando como resultado positivo una zona hemolítica en forma de punta de cerillo. Estas pruebas se requieren en los métodos de la norma ISO, BAM-FDA y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés).

## Identificación genotípica

Se ha documentado que la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), dirigida al gen *hlyA*, es sensible y rápida para confirmar la identificación de *L. monocytogenes* aislada en medios selectivos y diferenciales. La PCR genera excelentes resultados, para eso se debe de realizar una adecuada selección de los genes que se van a amplificar, estos genes pueden ser específicos de género y especie. Aunado a lo anterior, es necesario un adecuado diseño de iniciadores, con un tamaño adecuado de los amplicones y una temperatura de fusión apropiada. Adicionalmente, la PCR requiere de una menor concentración de ADN, con límites de detección bajos, lo cual facilita la identificación de *L. monocytogenes* en las muestras de estudio (Giraldo-Aristizábal *et al.*, 2021).

## PERSPECTIVAS

La detección y estudio de *L. monocytogenes* aislada de alimentos se presenta como una tarea crucial para prevenir la aparición súbita de casos relacionados con este microorganismo. Para lograr este cometido, es imperativo avanzar en el desarrollo de métodos rápidos que no solo permitan evidenciar y caracterizar la bacteria de manera fenotípica, mediante perfiles bioquímicos y factores de virulencia, sino también genotípica, proporcionando así una comprensión más precisa de su distribución y dispersión en brotes alimentarios. En este contexto, la preocupación por la aparición de cepas bacterianas aisladas en alimentos que exhiben resistencia múltiple a los antibióticos está en constante aumento. Por ende, la detección temprana de estas cepas, así como el desarrollo de pruebas que faciliten su identificación, son aspectos cruciales para obtener un entendimiento más profundo de los diversos mecanismos y situaciones que propician la adquisición de tales genes de resistencia.

La importancia de profundizar en el conocimiento fundamental de cada microorganismo involucrado en brotes alimentarios, respaldada por el desarrollo de metodologías efectivas para su detección, nos orienta hacia el logro de la inocuidad alimentaria a nivel global. Este enfoque integral nos permite abordar no solo la prevención de casos agudos relacionados con *L. monocytogenes*, sino en mitigar la propagación de cepas resistentes a antibióticos, contribuyendo así a un futuro más seguro en el ámbito de la inocuidad alimentaria.

## REFERENCIAS

Agencia Chilena para la Calidad e Inocuidad Alimentaria (ACHIPIA). (2017). "*L. monocytogenes*". Obtenido de Área Soporte al Análisis de Riesgo: <https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Ficha-Peligro-04-Listeria-v01.pdf>

Barrientos H, Edy Waldo, Lucas L, Juan Raúl, Ramos D, Daphne, Rebatta T, Mónica, & Arbaiza F, Teresa. (2015). "*Presencia de Listeria monocytogenes en canales porcinas en Lima, Perú*". Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 26(1), 135-139. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10907>

Bastam, M. M., Jalili, M., Pakzad, I., Maleki, A., & Ghafourian, S. (2021). "Pathogenic bacteria in cheese, raw and pasteurised milk". *Veterinary medicine and science*, 7(6), 2445–2449. <https://doi.org/10.1002/vms3.604>

Bland, R., Brown, S. R. B., Waite-Cusic, J., & Kovacevic, J. (2022). "Probing antimicrobial resistance and sanitizer tolerance themes and their implications for the food industry through the *L. monocytogenes* lens." *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(2), 1777–1802. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12910>

Castañeda-Ruelas, G. M., Chaidez-Quiroz, C., Salazar-Jiménez, E. P., Hernández-Chiñas, U., & Eslava-Campos, C. A. (2018). "*L. monocytogenes* y la listeriosis, problema de salud pública en México". *Salud Pública De México*, 60(4, jul-ago), 376-377. <https://doi.org/10.21149/9466>

CCAES (Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias) (2019). "Informe de fin de seguimiento del brote de listeriosis" [www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/listeriosis/docs/Informe\\_cierre\\_Listeriosis\\_20190927.pdf](http://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/listeriosis/docs/Informe_cierre_Listeriosis_20190927.pdf)

Charlier, C., Disson, O., & Lecuit, M. (2020). "Maternal-neonatal listeriosis. Virulence", 11(1), 391–397. <https://doi.org/10.1080/21505594.2020.1759287>

Duze, S. T., Marimani, M., & Patel, M. (2021). "Tolerance of *Listeria monocytogenes* to biocides used in food processing environments". *Food Microbiology*, 97, 103758. doi:10.1016/j.fm.2021.103758

EFSA-ECDC (2018). "Multi-country outbreak of *Listeria monocytogenes* sequence type 8 infections linked to consumption of salmon products".

Fuentes-Marín, M. D., López- Gómez, M., Miguel- Molinos, A. C., Sabanza- Belloso, M., Ciprian-Negru, G., & Jiménez- Moraleda, B. (Septiembre de 2021). "Infección por listeria monocytogenes: patogenia, diagnóstico y tratamiento". Obtenido de Revista Sanitaria de Investigación: <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/infeccion-por-listeria-monocytogenes-patogenia-diagnostico-y-tratamiento/>

Giraldo-Aristizábal, A., Aguilera-Becerra, A. M., Urbano-Cáceres, E. X., Pedraza -Bernal, A. M., & Jaimes-Bernal, C. P. (2021). "Comparación teórica entre técnicas fenotípicas y genotípicas utilizadas en la identificación de *Listeria monocytogenes*". *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 16(2), 7–19. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5012>

Henderson, L. O., Gaballa, A., Orsi, R. H., Boor, K. J., Wiedmann, M., & Guariglia-Oropeza, V. (2020). "Transcriptional profiling of the *L. monocytogenes* PrfA regulon identifies six novel putative PrfA-regulated genes". *FEMS microbiology letters*, 367(22), fnaa193. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa193>

Hitchins, D., Jineman K., Chen Y. (2022). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 10. "Detection and Enumeration of Listeria monocytogenes in Foods Division of Human Food Safety"*. Office of New Animal Drug Evaluation, Center for Veterinary Medicine, United States Food and Drug Administration, Rockville, Maryland, USA.

INS (Instituto Nacional de Salud). (2015). "Evaluación de riesgo de *Listeria monocytogenes* en salchicha, jamón, mortadela y salchichón en Colombia". Grupo de Evaluación de Riesgos en Inocuidad de Alimentos, 73-75.

ISO (2017). "Microbiología de la cadena alimentaria – Método horizontal para la detección y el recuento de *Listeria monocytogenes* y *Listeria spp.* – Parte 1: Método de detección". Norma internacional ISO 11290–1, Ginebra, Suiza

Iwamoto, M., Ayers, T., Mahon, B. E., and Swerdlow, D. L. (2010). "Epidemiology of seafood-associated infections in the United States". *Clin. Microbiol. Rev.* 23, 399–411. doi: 10.1128/cmr.00059-09

- Jadhav, S., (2015). "*Detection, subtyping and control of Listeria monocytogenes in food processing environments*", Doctoral dissertation, Melbourne, Swinburne University of Technology
- Kayode, A. J., & Okoh, A. I. (2023). "*Antimicrobial-Resistant Listeria monocytogenes in Ready-to-Eat Foods: Implications for Food Safety and Risk Assessment*". *Foods* (Basel, Switzerland), 12(6), 1346. <https://doi.org/10.3390/foods12061346>
- Korany, A.M., Hua, Z., Green, T., Hanrahan, I., El-Shinawy, S.H., El-Kholy, A., Hassan, G., Zhu, M.J., (2018). "*Efficacy of ozonated water, chlorine, chlorine dioxide, quaternary ammonium compounds and peroxyacetic acid against Listeria monocytogenes biofilm on polystyrene surfaces*". *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02296>.
- Longo, D., Fauci, A., Kasper, Hauser, S., Jameson, L., Loscalzo, J. (2012). "*Harrison Principios de Medicina Interna*". 18 edición. Editorial McGraw Hill. Volumen 2. 2976-2979.
- Lopes-Luz, L., Mendonça, M., Bernardes Fogaça, M., Kipnis, A., Bhunia, A. K., & Bühner-Sékula, S. (2021). "*L. monocytogenes: review of pathogenesis and virulence determinants-targeted immunological assays*". *Critical reviews in microbiology*, 47(5), 647–666. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2021.1911930>
- Luque-Sastre, L., Arroyo, C., Fox, E. M., McMahon, B. J., Bai, L., Li, F., & Fanning, S. (2018). "*Antimicrobial Resistance in Listeria Species*". *Microbiology spectrum*, 6(4), 10.1128/microbiolspec.ARBA-0031-2017. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0031-2017>
- Maćkiw, E., Korsak, D., Kowalska, J., Felix, B., Stasiak, M., Kucharek, K., & Postupolski, J. (2021). "*Incidence and genetic variability of Listeria monocytogenes isolated from vegetables in Poland*". *International journal of food microbiology*, 339, 109023. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109023>
- Matle, I., Mbatha, K. R., & Madoroba, E. (2020). "*A review of L. monocytogenes from meat and meat products: Epidemiology, virulence factors, antimicrobial resistance and diagnosis*". *The Onderstepoort journal of veterinary research*, 87(1), e1–e20. <https://doi.org/10.4102/ojvr.v87i1.1869>
- Mateus T., Silva J., Maia RL & Teixeira P. (2013) "*Listeriosis durante el embarazo: un problema de salud pública*", *ISRN Obstetricia y Ginecología* 2013 ( 2013 ), 851712, 1–6. 10.1155/2013/851712
- Meletis G. (2016). "*Carbapenem resistance: overview of the problem and future perspectives*". *Therapeutic advances in infectious disease*, 3(1), 15–21. <https://doi.org/10.1177/2049936115621709>
- Montaño-Millan, D. (2015). "*DETERMINACIÓN DE LA PREVALENCIA DE Listeria monocytogenes EN PLANTAS DE DESPOSTE Y PUNTOS DE VENTA DE TRES REGIONES DE COLOMBIA*". *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*, 20-26.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). Recuperado el 01 de agosto de 2022 de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Orsi, R. H., & Wiedmann, M. (2016). "*Characteristics and distribution of Listeria spp., including Listeria species newly described since 2009*". *Applied microbiology and biotechnology*, 100(12), 5273–5287. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7552-2>
- Osimani, A. & Clementi, F. (2016). "*The occurrence of L. monocytogenes in mass catering: An overview in the European Union*". *International Journal of Hospitality Management* 57, 9-17.

Quereda, J. J., Morón-García, A., Palacios-Gorba, C., Dessaux, C., García-Del Portillo, F., Pucciarelli, M. G., & Ortega, A. D. (2021). "Pathogenicity and virulence of *L. monocytogenes*: A trip from environmental to medical microbiology. *Virulence*", 12(1), 2509–2545. <https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1975526>

Radoshevich, L., & Cossart, P. (2018). "*L. monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis". *Nature reviews. Microbiology*, 16(1), 32–46. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.126>

Rahimi, E., Ameri, M., & Momtaz, H. (2010). "Prevalence and antimicrobial resistance of *Listeria species* isolated from milk and dairy products in Iran". *Food Control*, 21, 1448-1452.

Rodríguez-Auad, Juan Pablo. (2018). "Panorama de la infección por *Listeria monocytogenes*". *Revista chilena de infectología*, 35(6), 649-657. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182018000600649>

Schar, D., Klein, E. Y., Laxminarayan, R., Gilbert, M., and Van Boeckel, T. P. (2020). "Global trends in antimicrobial use in aquaculture". *Sci. Rep.* 10:21878. doi: 10.1038/s41598-020-78849-3

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad, y Calidad Agroalimentaria). (2016). Recuperado el 01 de agosto del 2022 de: <https://www.gob.mx/senasica/articulos/una-definicion-clara-de-inocuidad-70674?idiom=es>

Shangwei Wu. (2015). "*Molecular Medical Microbiology*". 2 edición. Volumen 1. Pág. 423-448.

Shinaway, S.H., Meshref, A.M., Zeinhom, M.M., & Hafez, D.A. (2017). "The survival of *listeria monocytogenes* in yoghurt and ice cream". *Journal Of Veterinary Medical Research*, 24 (2): 235-246.

Stessl, B., Wagner, M., & Ruppitsch, W. (2021). Multilocus Sequence Typing (MLST) and Whole Genome Sequencing (WGS) of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua*. *Methods in molecular biology* (Clifton, N.J.), 2220, 89–103. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0982-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0982-8_7)

Suárez, R., Idiarte, L., Franchi, R., Pereira, L., Darrigol, J., Morales, M., Baldovino, R., Guerra, M., & Fernández, A. (2017). "*Listeriosis invasiva. Presentación de un caso clínico y revisión de la literatura*". *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 88(5), 274-278. Recuperado en 13 de noviembre de 2023, de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1688-12492017000500274&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-12492017000500274&lng=es&tlng=es).

U.S. Food and Drug Administration (2020). *Animal Drugs @FDA*. Available at: <https://animaldrugsatfda.fda.gov/adafda/views/#/search> (Accessed 18 August 2020).

Vera, A., González, G., Domínguez, M., & Bello, H. (2013). "Principales factores de virulencia de *L. monocytogenes* y su regulación". *Revista chilena de infectología*, 30(4), 407-416. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182013000400010>

Wang Y., Zhao A., Zhu R., Lan R., Jin D., Cui Z. (2012). "Diversidad genética y tipificación molecular de *Listeria monocytogenes* en China", *BMC Microbiology* 12 ( 1 ), 119 10.1186/1471-2180-12-119

Willis, C., McLauchlin, J., Aird, H., Amar, C., Barker, C., Dallman, T., Elviss, N., Lai, S., & Sadler-Reeves, L. (2020). "Occurrence of *Listeria* and *Escherichia coli* in frozen fruit and vegetables collected from retail and catering premises in England 2018-2019". *International journal of food microbiology*, 334, 108849. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108849>

# MECANISMOS DE RESPOSTA E REGULAÇÃO DO ESTRESSE OXIDATIVO EM *SALMONELLA* *ENTERICA*

---

Data de aceite: 01/02/2024

### **Eduardo de Paula Nascente**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/1827127305090157>

### **Ursula Nunes Rauecker**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2867564972215554>

### **Ana Maria de Souza Almeida**

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/8462560870100009>

### **Mariana Moreira Lopes**

Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/2253207606560844>

### **Maria Auxiliadora Andrade**

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/9441751521255467>

### **Moema Pacheco Chediak Matos**

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/6513964838316485>

### **Lívia Mendonça Pascoal**

Universidade Federal de Goiás  
Goiânia – Goiás  
<http://lattes.cnpq.br/9516000855522978>

**RESUMO:** Da mesma forma que ocorre com outras bactérias, certos sorovares de *Salmonella* sp. desenvolveram estratégias defensivas eficazes para evitar o estresse oxidativo provocado pelas espécies reativas de oxigênio, especialmente quando confrontados com doses subletais. Para além do estresse oxidativo, os microrganismos enfrentam outros fatores estressantes, como estresse ácido e térmico, mudanças osmóticas e escassez de água. Esses desafios são frequentemente explorados pela indústria como métodos alternativos à destruição microbiana. Compreender e estudar os mecanismos por trás desse processo têm sido necessários para determinar a ativação de novos genes envolvidos na resposta adaptativa ao estresse, mas também a fatores de virulência presentes durante a infecção bacteriana no hospedeiro. Assim, o conjunto dessas informações é necessário para elaboração de novos produtos

antimicrobianos, bem como, melhor compreensão da virulência e patogênese de *Salmonella enterica*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacteriologia; Estresse; Salmonelose; Saúde pública.

## RESPONSE MECHANISMS AND REGULATION OF OXIDATIVE STRESS IN *SALMONELLA ENTERICA*

**ABSTRACT:** Similar to other bacteria, certain serovars of *Salmonella* sp. have developed effective defensive strategies to counter oxidative stress induced by reactive oxygen species, especially when exposed to sublethal doses. Beyond oxidative stress, microorganisms encounter additional stressors such as acid and thermal stress, osmotic changes, and water scarcity. These challenges are often explored by the industry as alternative methods to microbial destruction. Understanding and studying the mechanisms behind this process are necessary not only to determine the activation of new genes involved in the adaptive stress response but also to identify virulence factors present during bacterial infection in the host. Thus, this information is essential for the development of new antimicrobial products, as well as for a better understanding of the virulence and pathogenesis of *Salmonella enterica*.

**KEYWORDS:** Bacteriology; Stress; Salmonellosis; Public Health.

### INTRODUÇÃO

O gênero *Salmonella*, pertencente família *Enterobacteriaceae*, é constituído por bactérias gram-negativas, com capacidade de infectar humanos e animais. É subdividida em duas espécies, *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*, de forma que a primeira apresenta numerosos sorovares típicos e não típicos (GRIMONT; WEILL, 2007). Em contraste com as salmonelas tifoides, que são patógenos restritos às infecções em seres humanos, sorovares não tifoidais, como Enteritidis e Typhimurium, são capazes de infectar uma grande variedade de hospedeiros, causando quadro severo de gastroenterite (LAROOCK; CHAUDHARY; MILLER, 2015).

Surtos de salmonelose em seres humanos têm sido associados a diferentes fontes de infecção. Casos recentes têm sido relacionados à transmissão da bactéria por alimentos de origem animal, frutas, contato com aves domésticas e em animais de vida livre (CHILLER, 2019; MBA-JONAS et al., 2018; ANDERSON et al., 2016; GAMBINO-SHIRLEY et al., 2018). Em sistemas de produção animal, avicultura, suinocultura, e recentemente, bovinocultura, são apontados como grandes problemas emergentes de saúde pública (ANDERSON et al., 2016; GOSLING et al., 2018). Este fato é agravado pela participação de sorovares altamente patogênicos e zoonóticos, como *Salmonella* Enteritidis e Choleraesuis resistentes a antimicrobianos (BORGES et al., 2017; MOLINO et al., 2019).

Muitos dos surtos causados, tanto em humanos quanto em sistemas de produção animal, estão relacionados a sorovares multirresistentes a diversos antibióticos (GIERALTOWSKI et al., 2016). A resistência antimicrobiana emergiu em *Salmonella* Typhi,

Paratyphi e Typhimurium, inicialmente aos medicamentos tradicionais de primeira linha, como cloranfenicol, ampicilina e trimetoprim-sulfametoxazol (CRUMP et al., 2015). Além disso, alguns sorovares têm apresentado susceptibilidade reduzida aos desinfetantes comerciais à base de cloro e peróxido de hidrogênio (LONG et al., 2016).

A maioria dos antimicrobianos e biocidas disponíveis no mercado, promovem a destruição bacteriana causando a oxidação de diferentes moléculas da célula (HARMS; MAISONNEUVE; GERDES, 2016). O estresse oxidativo promove alterações significativas na fluidez de membrana pelas modificações na composição dos lipídios, danos às proteínas e, conseqüentemente, inativação de sistemas enzimáticos e destruição de DNA (YUN et al., 2016; EZRATY et al., 2017).

Entretanto, assim como outras bactérias, alguns sorovares de *Salmonella* sp. foram capazes de adquirir medidas defensivas suficientes para evitar o estresse oxidativo causado pelas espécies reativas de oxigênio, principalmente quando expostas a doses subletais (IMLAY, 2013). Desta forma, a extensa exposição a antibióticos e desinfetantes podem causar adaptação dos microrganismos ao estresse oxidativo, aumentando sua capacidade de resistência não só no ambiente, mas também na evasão do sistema imune durante a infecção, uma vez que macrófagos e neutrófilos produzem espécies reativas de oxigênio (ROMERO et al., 2017).

Além do estresse oxidativo, existem outros fatores estressantes aos quais os microrganismos são expostos, como estresse ácido e térmico, alterações osmóticas e baixa disponibilidade de água, sendo explorados principalmente pela indústria de alimentos como métodos alternativos a destruição microbiana (STORZ; HENGGE, 2011). Entretanto, compreender a ação das espécies reativas de oxigênio sobre a sobrevivência bacteriana, bem como, a resposta celular envolvida é de extrema importância para explorar e elaborar estratégias eficazes para o combate aos microrganismos, em especial, diferentes sorovares de *Salmonella enterica* de importância em saúde pública.

Neste contexto, o objetivo desta revisão é abordar os principais tipos de estresse em *Salmonella enterica*, com enfoque aos mecanismos de resposta e regulação gênica utilizados por esse patógeno durante o estresse oxidativo, seja ele exógeno ou endógeno.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Estresse bacteriano

Em ambientes naturais (exógenos) ou durante os processos envolvidos na infecção e colonização no hospedeiro (endógeno), as bactérias estão expostas à diferentes condições adversas que podem interferir na sua sobrevivência e desenvolvimento. Dentre os principais fatores estressantes que podem promover o chamado estresse bacteriano, pode-se citar o estresse ácido, osmótico, de dessecação ou hídrico, térmico e o oxidativo. O estado de

estresse promove desequilíbrio significativo na homeostase celular, impondo modificações em atividades enzimáticas específicas, disponibilidade de nutrientes, modificações na membrana celular e alterações morfológicas de macromoléculas, que na maioria das vezes resultará na morte do microrganismo (SLEATOR; HILL, 2002).

Entretanto, para sobreviverem a essas condições, alguns microrganismos desenvolveram a capacidade de responderem simultaneamente a uma ampla variedade de tensões, de forma que os vários sistemas de respostas ao estresse interagem entre si por um complexo de redes regulatórias. Esses sistemas são coordenados por proteínas envolvidas na transcrição bacteriana, que regulam a expressão de diversos genes, variando de acordo com o tipo de estresse ao qual a bactéria é exposta. Esses genes permitem a sobrevivência da bactéria no meio ambiente, desempenhando também um papel importante na virulência de espécies, como por exemplo, em *Salmonella enterica* e *Escherichia coli* (REQUENA, 2012).

## Estresse ácido

A resposta ao estresse ácido é um fenômeno complexo que envolve diversas modificações na expressão de proteínas e alguns eventos associados a nível de regulação gênica (FOSTER, 1995). As bactérias conseguem crescer em ambientes com diferentes concentrações de íons hidrogênio, sendo divididas em acidofílicas, neutrofílicas e alcalifílicas, de modo que as pertencentes a este último grupo são as de maior importância em saúde humana e animal (MOAT; FOSTER; SPECTOR, 2002).

Entretanto, *Escherichia coli* e *Salmonella enterica*, são espécies bacterianas com capacidade de crescerem em pH ente 6,5-7,5. Quando em estresse ácido, ocorre a produção de enzimas que realizam a conversão de metabólitos ácidos em neutros ou metabólitos neutros em produtos alcalinos. As principais enzimas envolvidas nesse processo incluem a glutamato descarboxilase, lisina descarboxilase e a arginina descarboxilase. As bactérias gram-negativas realizam principalmente a modulação das bombas primárias de prótons, bem como, dos antiportadores de  $K^+/H^+$  e  $Na^+/H^+$  (MOAT; FOSTER; SPECTOR, 2002).

Estudos demonstram que diferentes sorovares de *Salmonella enterica* conseguem tolerar ambiente ácido letal, induzindo sistemas de resposta adaptativa de tolerância ao ácido, caracterizada pelo envolvimento de mais de 40 proteínas de choque ácido (LEE; SLONCZEWSKI; FOSTER, 1994). Essas proteínas são produzidas em condições de pH subletal, aumentando a capacidade do microrganismo sobreviver em condições com níveis de pH que seriam letais (BAIK et al., 1996).

Devido a isso, existe uma variabilidade fenotípica entre amostras de *Salmonella enterica* em relação às respostas ao estresse ácido, conforme demonstrado em estudo realizado por Lianou; Nychas; Koutsoumanis (2017), ao avaliarem oito sorovares diferentes. Esses autores observaram que na maioria das amostras avaliadas, algumas

exibiram resistência ao ambiente ácido semelhante ou inferior aos seus homólogos não tratados. Para explicar essa diferença entre sorovares ainda são necessários estudos que avaliem tanto a fluidez de membrana, quanto mutações e variações dos diferentes níveis de expressão gênica associados ao estresse ácido (BANG et al., 2002; YANG et al., 2014).

Em muitos desses sorovares, as chamadas proteínas de choque ácido modulam as características da superfície da célula bacteriana, como hidrofobicidade e atuação das porinas de membrana externa, controle de pH citoplasmático e reparo macromolecular (FOSTER, 1991; FOSTER, 1993; BEARSON; WILSON; FOSTER, 1998). Quando em pH ácido, *Salmonella* Typhimurium promove principalmente a indução do fator sigma alternativo (rpoS) na fase logarítmica, enquanto a porina OmpR tem maior envolvimento na fase estacionária (BEARSON; WILSON; FOSTER, 1998). Muitas porinas possuem domínios extra e intracitoplasmáticos que atuam como sensores e sinalizadores em situações de estresse ácido, sendo importantes até mesmo para a virulência bacteriana (CHOI; GROISMAN, 2016).

Entretanto, Ren et al. (2015), demonstraram alguns mecanismos distintos envolvidos na sobrevivência de *Salmonella enterica*. Esses autores observaram que as bactérias se adaptam melhor ao ambiente ácido quando realizam a acetilação reversível de suas proteínas. Esse processo auxilia no metabolismo bacteriano, uma vez que em pH ácido, a desacetilação proteica resulta na produção de prótons e ânions que são exportados para o meio extracelular e, conseqüentemente, impedem que o pH diminua mais ainda (MCBRIAN et al., 2013).

## Estresse osmótico

O estresse osmótico está intimamente correlacionado ao estresse de dessecação, uma vez que tal estresse geralmente precede o estresse de dessecação, enquanto os arredores perdem água e os solutos ficam concentrados (D'AOUST, 1997). A dessecação danifica a membrana externa bacteriana e aumenta o nível intracelular de cloreto de sódio, danificando proteínas intra e extracelulares, que conseqüentemente, afeta a cinética de enzimas e reações bioquímicas (SLEATOR; HILL, 2002).

A exposição ao estresse osmótico ativa mecanismos para reter ou adquirir água do meio extracelular, baseado na síntese ou aquisição de solutos compatíveis que podem ser concentrados sem interromper os processos celulares (LI et al., 2012). Os principais solutos envolvidos incluem íons inorgânicos e moléculas orgânicas. Em bactérias gram-negativas, já foi demonstrado que o transporte do íon inorgânico K<sup>+</sup> é mediada por simpatizantes de K<sup>+</sup> H<sup>-</sup> (Trk<sup>+</sup>) e por um transportador de K<sup>+</sup> ATPase do tipo P Kdp (ALTENDORF et al., 2009; KRAMER, 2010).

Em contrapartida, dentre as principais moléculas orgânicas envolvidas estão trealose, glicina betaína, ectoína e prolina. Essas moléculas são transportadas por sistemas

especializados, como por exemplo, o transportador ABC, sendo codificados por genes organizados em operons, sendo o ProP, ProU, BetT, BetU os mais envolvidos (CSONKA, 1989; SLEATOR; HILL, 2002; LI et al., 2012). Os operons ProP e ProU são amplamente distribuídos e não possuem especificidade do substrato, diferentemente de BetT e BetU, operon específico da colina e betaína, respectivamente (MURDOCK et al., 2014).

O principal agente causador do estresse osmótico é o cloreto de sódio (NaCl), destacando-se ainda o glicerol e o cloreto de potássio. São agente utilizados na indústria de alimentos com o objetivo de reduzir a atividade de água de uma determinada matriz alimentar, limitando assim o crescimento bacteriano (FINN et al., 2015). Entretanto, o que se observa é a existência de uma alta heterogeneidade das respostas individuais das bactérias, principalmente em *Salmonella enterica*, havendo complexidade no comportamento das populações microbianas (ZHOU et al., 2011; ASPRIDOU; AKRITIDOU; KOUTSOUMANIS, 2018).

Ao avaliarem a resposta transcriptômica de *Salmonella Typhimurium* exposta aos três produtos humectantes citados anteriormente, Finn et al. (2015), observaram que existe diferença na expressão de genes de resposta ao estresse osmótico entre os agentes testados. Bactérias expostas a NaCl e KCl apresentam aumento na expressão de genes relacionados aos sistemas de transporte de solutos osmoprotetores, diferentemente do glicerol, agente não aniônico que inibiu esses mecanismos osmoadaptativos, estimulando positivamente os genes associados aos lipopolissacarídeos e proteínas da membrana celular (FINN et al., 2015).

Quando exposta a diferentes concentrações de cloreto de sódio, *Salmonella Agona* apresentou crescimento, sobrevivência e morte simultânea das células estressadas, desencadeando um comportamento conhecido como fenômeno “*Phoenix*” (ASPRIDOU; AKRITIDOU; KOUTSOUMANIS, 2018). Nesse fenômeno, nota-se que após o estímulo estressante há diminuição da curva de crescimento, seguido por um período em que os números permanecem inalterados e, a partir de então, um crescimento exponencial das bactérias (COLLEE; KNOWLDEN; HOBBS, 1961). Esse fenômeno é explicado pela seleção de uma parte da população, seguida de crescimento das células bacterianas sobreviventes (MELLEFONT; MCMEEKIN; ROSS, 2005).

## Estresse de dessecação ou hídrico

*Salmonella* sp. responde ao estresse por dessecação por vias complexas que envolvem ações fisiológicas imediatas, bem como, respostas genéticas coordenadas. Já foram identificados 61 genes e seis regiões intergênicas necessárias para superar o estresse de dessecação, com enfoque aos genes *atpH*, *atpG* e *corA*. Envolve uma série de processos relacionados à produção e conversão de ATP, transporte e metabolismo de íons inorgânicos, ativação de transportadores ABC (*ATP-Binding Cassette*) e sistemas de dois componentes (MANDAL; KWON, 2017).

Em análise transcriptômica de *Salmonella* Typhimurium submetida a estresse de dessecação, Maserati et al. (2017), observaram que a baixa atividade de água impacta significativamente na regulação gênica. Alguns dos genes identificados estão envolvidos na diminuição de reações enzimáticas, replicação e reparo de DNA. Alguns diminuem a eficiência no processamento pós-transcricional de tRNA, e principalmente, codificam fatores de virulência. Acredita-se que os genes relacionados à virulência auxiliam na produção temporária de estruturas extracelulares com o papel de proteger a célula da dessecação (MASERATI et al., 2017).

A dessecação pode induzir também a tolerância cruzada a vários outros fatores estressantes em *Salmonella* Enteritidis, Newport, Infantis e Typhimurium (GRUZDEV; PINTO; SELA, 2011). Assim, aquelas bactérias expostas ao estresse de dessecação subletal tendem a apresentar maior taxa de sobrevivência quando expostas ao etanol, hipoclorito de sódio, cloreto de didecil-dimetil-amônio, peróxido de hidrogênio, cloreto de sódio, sais biliares, calor seco e até mesmo a irradiação, conforme demonstrado em estudo realizado por Gruzdev; Pinto; Sela (2011).

## Estresse térmico

Para responderem à elevação da temperatura, as células bacterianas possuem termosensores, ou seja, sistemas biológicos que incluem proteínas, lipídios, fluidez de membrana e RNAs responsáveis pela detecção de alterações da temperatura interna celular. Normalmente, são encontrados na região 5'UTR, e envolvem a ativação de fatores de transcrição que aumentam a expressão de genes específicos envolvidos na superprodução de proteínas de choque térmico (HSPs) (HERENDEEN; VANBOGELEN; NEIDHARDT, 1979; LIM; GROSS, 2011).

As HSPs são representadas principalmente por chaperonas e proteases dependentes de ATP, sendo responsáveis por promover a estabilização de proteínas celulares, como ligação das proteínas desdobradas e inibição da agregação irreversível não específica (ROBINSON, 2013; HASLBECK; VIERLING, 2015). Esse processo é coordenado principalmente pelos fatores sigma alternativos rpoH ( $\sigma_{32}$ ) e rpoE ( $\sigma_{24}$ ), responsáveis por respostas citoplasmática e extracitoplasmática, respectivamente (MORIMOTO, 1998; MORITA et al., 1999; MORITA et al., 1999).

Recentemente, Mercer et al. (2017) estudaram a presença do locus de resistência ao calor (LHR) em *Salmonella enterica*, uma ilha genômica de 14 kb responsável por atribuir resistência ao calor em um isolado de *Escherichia coli* (AW1.7). Segundo os autores, a resistência ao calor neste isolado não foi atribuída aos fatores sigma alternativos, e sim à presença desse locus (RUAN et al., 2011). Acredita-se que essa região está presente em enterobactérias, sendo responsável pela produção de proteínas de choque térmico, proteases e proteínas de membrana envolvidas no transporte de solutos compatíveis

(MERCER et al., 2015).

Sirsat et al. (2015) observaram também que em *Salmonella Typhimurium* submetida a estresse térmico, ocorre a indução de um outro fator sigma, o rpoS ( $\sigma^{38}$ ). Este gene está associado à RNA polimerase capaz de controlar a expressão de mais de 50 proteínas envolvidas em outros tipos de injúrias, principalmente ao estresse ácido (LIANOU; KOUTSOUMANIS, 2013). Devido a este fato, espécies de *Salmonella* submetidas a situações de estresse térmico subletal podem apresentar proteção cruzada frente a outros fatores estressantes, como o ácido, ou vice-versa (FONG; WANG, 2016; KANG et al., 2018).

## Estresse oxidativo

Os organismos aeróbicos utilizam oxigênio molecular para a respiração e oxidação de nutrientes para obtenção de energia, produzindo espécies reativas de oxigênio durante esse processo (IMLAY, 2008). Os organismos possuem sistemas finamente regulados para manter níveis baixos de espécies reativas de oxigênio (EROs), ou seja, sua produção e eliminação são bem equilibradas, resultando em um nível dessas moléculas em estado estacionário. Entretanto, o aumento no nível de EROs no estado estacionário, resultado de um desequilíbrio entre os processos de geração e eliminação, são letais aos microrganismos, desencadeando o chamado estresse oxidativo (SIES, 1985; LUSHCHAK, 2014).

O estresse oxidativo bacteriano pode ocorrer tanto de forma endógena, como de forma exógena. A forma endógena relaciona-se a mecanismos de defesa do hospedeiro durante o processo de infecção, de forma que células imunológicas que usam a NADPH oxidase, exploram esse tipo de mecanismo durante a fagocitose. A forma exógena é representada pela utilização de agentes biocidas/desinfetantes, radiação ultravioleta, ionizantes e outros compostos químicos que geram oxigênio intracelular. Com isso, haverá uma maior concentração de oxigênio ativo, excedendo a capacidade de defesa da bactéria (CABISCOL; TAMARIT; ROS, 2000).

## Espécies reativas de oxigênio (EROs)

Muitas vezes, espécies reativas de oxigênio (EROs) são utilizadas como sinônimos para radicais livres. Radicais livres são moléculas ou fragmentos moleculares que possuem elétrons desemparelhados, atuando assim, como mediadores para a transferência de elétrons em reações bioquímicas (HARMAN, 1957). Assim, as EROs podem ser definidas como aqueles radicais livres que possuem elétrons desemparelhados no centro do átomo de oxigênio, sendo usado na maioria das vezes para identificar alguns radicais livres (FINKEL, 1998).

As EROs podem ser divididas em dois grupos, espécies radicalares e não radicalares. Dentre as espécies radicalares derivadas do oxigênio, pode-se citar o ânion superóxido ( $O_2^-$ ), radical peridroxila ( $HOO^\bullet$ ), radical hidroxila ( $OH^\bullet$ ), radical alcoxila ( $RO^\bullet$ ), radical peroxila ( $ROO^\bullet$ ) e ânion carbonato ( $CO_3^{\bullet-}$ ). As espécies não radicalares podem ser representadas pelo peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), ácido hipocloroso ( $HOCl$ ), oxigênio singlete ( $1O_2$ ), hidroperóxidos orgânicos ( $ROOH$ ) e ozônio ( $O_3$ ) (HALLIWELL, 2016).

As EROs podem ser obtidas pela respiração celular, principalmente  $O_2^-$  e  $H_2O_2$ , sintetizados por sistemas enzimáticos de células fagocíticas (NADPH oxidase, mieloperoxidases), como neutrófilos e macrófagos, e exposição à radiação ionizante ou por outros processos de desinfecção (HALLIWELL, 2016; HANCOCK; DESIKAN; NEILL, 2001). Assim, a produção pode ocorrer por meio de reação em cadeia, representado pela captação de elétrons de um composto químico, formando um novo radical livre; ou pelo sistema de transporte de elétrons da respiração celular, em que na maioria das vezes o oxigênio recebe elétrons nas mitocôndrias celulares (HANCOCK; DESIKAN; NEILL, 2001).

Em condições aeróbicas, mais de 90% do oxigênio é reduzido em água pela cadeia de transporte de elétrons, localizada na membrana plasmática em procariontes, utilizando os mecanismos de quatro elétrons sem liberação de EROs (OTT et al., 2007). O restante do oxigênio é reduzido por reações sucessivas de um elétron, com consequente produção de radical aniônico superóxido ( $O_2^-$ ) acompanhado pela redução de um elétron com a incorporação de dois prótons para produção de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (LUSHCHAK, 2014).

O peróxido de hidrogênio não é considerado um radical livre, porém, é uma molécula que, quimicamente, apresenta maior reatividade que o oxigênio molecular, estando assim incluída no grupo de espécies reativas de oxigênio. A molécula de peróxido de hidrogênio que aceita mais um elétron é dividida em radical hidroxil e ânion hidroxil. Desta forma, o radical hidroxila consegue interagir com mais um elétron e um próton, para a formação de água (FISCHER, 1987). Esse processo de decomposição do  $H_2O_2$  tem a ação de íons ferro ou cobre, caracterizando as chamadas reações de Fenton e de Haber-Weiss (SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004).

As diversas EROs são produzidas continuamente pelos microrganismos, e quando em elevadas quantidades, possuem a capacidade de oxidar carboidratos, aldeídos, aminoácidos e alguns compostos heterocíclicos (LIM; GROSS, 2011). Os organismos vivos possuem um sistema antioxidante complexo e multinível que opera para eliminar as EROs ou minimizar seus efeitos negativos, que envolve enzimas como catalase e superóxido dismutase, e algumas proteínas e moléculas como tioredoxina e glutaredoxina e glutatona (IMLAY, 2008). Em bactérias, todo esse processo é regulado geneticamente, basicamente por dois reguladores transcricionais chamados de OxyR e SoxRS, a serem discutidos a seguir (STORZ; IMLAY, 1999).

## Regulação do sistema de defesa

Em bactérias gram-negativas, principalmente *Escherichia coli* e *Salmonella enterica*, os principais sistemas de defesa regulatórios induzidos durante o estresse oxidativo englobam as proteínas transcricionais OxyR e SoxRS. O primeiro responde principalmente ao peróxido de hidrogênio e, o segundo, à compostos redox-ativos (NUNOSHIBA et al., 1992; ZHENG; ASLUND; STORZ, 1998). Além disso, sabe-se que alguns genes regulados pelo sistema fator sigma RNA polimerase (RpoS) podem estar envolvidos na resposta ao estresse oxidativo nesses microrganismos (KOH; ROE, 1996).

Seo et al. (2015) demonstram que um total de 68 genes em 51 unidades de transcrição pertencem aos reguladores OxyR e SoxRS. Eles regulam diretamente os genes associados a uma série de modificações na célula bacteriana. Esses mecanismos estão relacionados principalmente a desintoxicação, proteção e reparo de danos ao DNA e de proteínas, biossíntese de metionina e aminoácidos aromáticos, biossíntese de lipídios A e crescimento de peptidoglicanos na parede celular, bem como, transporte de íons metálicos divalentes (SEO et al., 2015).

### a) OxyR

O OxyR é um sensor e regulador transcricional identificado inicialmente em *Escherichia coli* e *Salmonella Typhimurium*, membro da família de fatores de transcrição bacteriana LysR (STORZ; TARTAGLIA; AMES, 1990). Na presença de peróxido de hidrogênio é ativado por meio da formação de uma ligação dissulfeto entre os resíduos de cisteína C199 e C20879,80 (KULLIK et al., 1995; LEE et al., 2004). Quando oxidado, o OxyR se liga aos seus promotores alvo como um tetrâmero, ocupando quatro sulcos principais adjacentes ao montante dos genes que serão ativados transcricionalmente (TOLEDANO et al., 1994).

A inativação desse regulon oxidado ocorre após a redução da ligação dissulfeto presente entre Cis-199 e Cis-208, indicando que o OxyR funciona como um comutador redox celular reversível (ZHENG; ASLUND; STORZ, 1998). O processo de redução é mais lento que a oxidação, assim como em outros sistemas de proteínas transcricionais, permitindo que o OxyR oxidado permaneça por um maior tempo em um ambiente de redução geral nas células bacterianas (ASLUND et al., 1999; TAO, 1999).

O OxyR oxidado está envolvido na transcrição de aproximadamente 38 genes em 28 unidades transcricionais. Desse total, 26 genes em 17 unidades transcricionais estão relacionados diretamente à expressão de enzimas antioxidantes em resposta ao estresse oxidativo (SEO et al., 2015). Os principais genes ativados incluem *dps* (proteína semelhante à ferritina de ligação ao DNA), *groA* (regulador do crescimento de proteína alfa), *grxA* (glutaredoxina), *katG* (catalase), *ahpCF* (subunidades F e C da alquilidoperóxido-NADPH oxido-redutase), *fur* (regulação da Fe-homeostase) e *oxyS* (RNA regulador)

(STORZ; ALTUVIA, 1994; ALTUVIA et al., 1997; ZHENG et al., 2001; ZHENG et al., 2001; KHADEMIAN; IMLAY, 2017).

O OxyR também funciona como um repressor transcricional de alguns genes em condições normais de crescimento, ligando-se em uma região mais extensa dos promotores-alvo do que no estado oxidado, obstruindo a ligação à RNA polimerase (TOLEDANO et al., 1994). Mesmo sendo uma importante proteína reguladora da expressão de catalases e peroxidases em enterobactérias, em algumas outras bactérias Gram-negativas, como *Pseudomonas aeruginosa*, a OxyR pode atuar como repressora na expressão de gene da catalase (HEO et al., 2010).

Em *Salmonella Typhimurium*, estudos demonstraram que a deleção de OxyR diminuiu a capacidade antioxidante da célula pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio, devido a menor expressão de peroxidases com consequente aumento na sensibilidade à H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (BURBANK; ROPER, 2014). Nesse caso as células tornam-se viáveis, mas não cultiváveis (VBNC) quando submetidas ao estresse ambiental, sugerindo que a eliminação desse estado ocorra principalmente através de mecanismos de detecção de *quorum sensing* considerados ainda obscuros (LIAO et al., 2019).

Além de responder ao estresse oxidativo, a proteína reguladora OxyR possui a capacidade de regular positivamente genes envolvidos na virulência de *Salmonella enterica*. Zhang et al. (2018), verificaram que OxyR é capaz de regular positivamente e diretamente o antígeno capsular de polissacarídeo de virulência (Vi) em *Salmonella Typhi*. Essa proteína regula a expressão do locus *viaB*, região que inclui genes responsáveis pela regulação, biossíntese e exportação do polissacarídeo capsular Vi. Esses achados demonstram que OxyR auxilia as células bacterianas a suprimirem a detecção pelo sistema imunológico inato (ZHANG et al., 2018).

#### b) SoxRS

O estresse causado por elevados níveis de superóxido é regulado por um par de genes *soxRS*, que controlam um sistema regulon denominado SoxRS. O SoxR é um regulador membro da família de reguladores de transcrição MerR, um dos primeiros caracterizados no processo de resposta ao estresse oxidativo (STORZ; HENGGE, 2011). A proteína SoxS é membro da família de reguladores transcricionais AraC/XyIS, uma vez que sua expressão é capaz de ativar pelo menos 15 genes (HIDALGO; DING; DEMPLE, 1997).

A proteína SoxR é expressa continuamente, uma vez que se constitui um regulador transcricional homodimérico, que contém grupos de ferro-enxofre [2Fe – 2S] redox-ativos. A oxidação desses grupos regula a atividade transcricional da proteína, uma vez que, enquanto reduzido, não interfere no processo transcricional. Desta maneira, para que as proteínas SoxR sejam ativadas, deve-se ocorrer a oxidação do *cluster* [Fe-S], conforme detectado por estudos de ressonância paramagnética eletrônica de células que superexpressam o SoxR (GAUDU; MOON; WEISS, 1997). Como consequência, haverá

aumento na taxa de transcrição do *soxS*, um gene que codifica um segundo ativador da transcrição, a proteína SoxS (LI; DEMPLE, 1994; JAIR et al., 1996).

Em enterobactérias, principalmente *Escherichia coli* e *Salmonella enterica*, os níveis aumentados de SoxS resultantes da exposição aos compostos redox-ativos, ativam diretamente a transcrição de genes envolvidos na expressão de enzimas contra O<sub>2</sub><sup>-</sup>, reparo de DNA, efluxo de antimicrobianos, geração de NADPH, inibição de síntese de porinas e modificações na camada de lipopolissacarídeos (STORZ; SPIRO, 2011). Dentre eles, os principais são *sodA* (superóxido dismutase de manganês), *fpr* (ferredoxina/flavodoxina-NADPH redutase), *zwf* (glicose 6-fosfato desidrogenase), *fumC* (fumarase C), *nfo* (endonuclease IV), *acnA* (aconitase A) e *micF* (RNA regulador) (HIDALGO; DEMPLE, 1994; ZHENG et al., 1999).

Os genes *soxR* e *soxS* têm sido relacionados a resistência aos antibióticos e biocidas, conforme demonstrado por Ritter et al. (2019), ao avaliarem o genoma de *Salmonella* Enteritidis envolvidas em surtos de origem alimentar. De acordo com os autores, *soxR* juntamente com *marA*, podem ativar a expressão de *acrAB*. Esses genes são importantes na regulação da permeabilidade de membrana, codificando sistemas de efluxo tripartido AcrAB-TolC. Acredita-se que esse sistema seja importante no processo de resistência a diversos antimicrobianos, principalmente os da classe de quinolonas e ao cloro (BALLESTE-DELPIERRE et al., 2014; GRAY; WHOLEY; JAKOB, 2013).

## Danos à bactéria e mecanismos de resposta ao estresse

Quando o estresse oxidativo perdura, importantes macromoléculas são danificadas, o que impacta na fisiologia bacteriana. A oxidação das bases nitrogenadas de DNA, especialmente a guanina, desencadeia modificações mutagênicas, quebras de fita e morte bacteriana se não forem reparadas imediatamente (LLOYD; CARMICHAEL; PHILLIPS, 1998; FANG, 2011). Além disso, a inativação de enzimas metabólicas pode prejudicar a biossíntese de aminoácidos e, induzir a um quadro de auxotrofia para aminoácidos de cadeia ramificada, contendo enxofre e aromáticos (BENOV; FRIDOVICH, 1999).

A peroxidação lipídica e, conseqüentemente, modificações na permeabilidade de membrana constituem uma das primeiras alterações observadas na oxidação (CADENAS, 1989). A peroxidação dos lipídios é constituída por reações em cadeia iniciadas pela perda de um átomo de hidrogênio do carbono de ácidos graxos insaturados. Em seguida, é incorporado oxigênio molecular no carbono central do radical lipídico (L<sup>•</sup>), originando um radical lipídico peroxila (LOO<sup>•</sup>) (CADENAS, 1989; DAVIES, 2000).

O radical peroxila consegue intensificar a reação em cadeia da peroxidação, que leva principalmente à formação de hidroperóxido, radicais livres e compostos carbonílicos (CERUTTI, 1985). Também foi determinado que a decomposição de hidroperóxidos, mediados por íons catalíticos de metais de transição, produzem produtos ainda mais reativos.

Dentre eles, radicais alcóxi (RO•), radicais peróxil (ROO•), que podem formar oxigênio singlet, hidroxila (•OH) e alguns aldeídos, incluindo malondialdeído e 4- hidroxinonenal (SLATER, 1984; UEDA et al., 1985).

Ao submeterem *Salmonella Typhimurium* ao estresse oxidativo causado por campo elétrico pulsado, Yun et al. (2016) observaram intensa peroxidação lipídica caracterizada pelo aumento das concentrações de malondialdeído, havendo modificações na morfologia celular. O estresse oxidativo causa ainda mudanças na composição de ácidos graxos na bactéria, com diminuição significativa do ácido octadecenoico e do ácido octadecadienoico, de modo que o conteúdo de ácidos graxos cíclicos não sofre grande impacto (YUN et al., 2016).

Essas diferenças podem ser decorrentes da regulação de dessaturases de ácidos graxos após o estresse, ação direta dos radicais livres ou pelas modificações nas expressões gênicas associadas à biossíntese de ácidos graxos (ALVAREZ-ORDONEZ et al., 2008; LOS; MURATA, 2004). Segundo os autores, ocorre a regulação negativa na expressão dos genes *cfa* e *fabA* e regulação positiva de *fabD*, determinando modificações nos lipídios de membrana devido à diminuição da razão de conteúdo de ácidos graxos insaturados para ácidos graxos saturados (YUN et al., 2016).

A peroxidação lipídica e mudança no perfil lipídico de *Salmonella* sp. impactam significativamente na fluidez e permeabilidade da membrana celular, tornando essa estrutura alvo durante a destruição microbiana. A injúria à membrana confere regulação positiva de genes da citocromo bo-oxidase, como (*cyoA*, *cyoB* e *cyoC*), proteína pertencente a uma das citocromo oxidases respiratórias predominante na membrana que atua na geração da força motriz do próton (YUN et al., 2016; KIM et al., 2005).

Buscando compreender melhor a regulação da permeabilidade da membrana externa, Heijden et al. (2016) ao estudarem o influxo de peróxido de hidrogênio em *Salmonella Typhimurium*, descobriram a atuação dos poros das proteínas de membrana (OMPs). As OMPs mais abundantes são (OmpA, OmpC, OmpD, OmpF), porém, foi observado que somente OmpC e OmpA facilitam a difusão do peróxido de hidrogênio antes e após o ponto de comutação, respectivamente (VAN DER HEIJDEN et al., 2016).

Esses poros podem ser rapidamente abertos ou fechados frente ao estresse oxidativo, com destaque ao OmpA, que difere dos demais por possuir um extenso domínio periplásmico, abrigando duas cisteínas capazes de formarem uma ligação dissulfeto interna (LU et al., 2015). No mecanismo proposto que leva à abertura e fechamento do poro OmpA por seu domínio periplásmico, esse processo permite a elaboração de estratégias eficazes para aumentarem a permeabilidade de antimicrobianos (VAN DER HEIJDEN et al., 2016; MORONES-RAMIREZ et al., 2013).

A oxidação de proteínas é um importante evento envolvido durante o estresse oxidativo em *Salmonella enterica*, caracterizado principalmente por modificações covalentes nas cadeias de aminoácidos. Essas alterações incluem a formação de sulfóxido

de metionina, ácido cisteico, iso-aspartato, clorotirosina e nitro-tirosina (KERN et al., 2005; CHONDROGIANNI et al., 2014). Com o objetivo de reparação das funções proteicas, diversas enzimas possuem a capacidade de reativar estruturas danificadas, como por exemplo, a metionina sulfóxido redutase consegue reparar a metionina oxidada (metionina sulfóxido, Met-SO) em Met (MAHAWAR et al., 2011).

A conversão de aspartato (Asp) em iso-aspartato (iso-Asp) também é uma das modificações mais conhecidas, de forma que a proteína-isoaspartil metiltransferase (PIMT) é a enzima responsável por catalisar o processo de reparação (VIGNESWARA et al., 2006). A PIMT converte iso-Asp em éster iso-aspartilmetílico, realizando a transferência do grupo metil da S-adenosilmetionina. Esses esteres metílicos são altamente instáveis e hidrolizados rapidamente para formarem succinimidas. Este ciclo se repete várias vezes e a maioria dos iso-Asp é convertida em Asp (DEVRY; CLARKE, 1999).

Recentemente, Kumawat et al. (2016) descreveram a importância dessa proteína na virulência de *Salmonella* Typhimurium em aves domésticas, sendo capaz de responder positivamente ao estresse oxidativo. Segundo os autores, a expressão positiva do gene *pimt*, regulador da atividade da proteína PIMT, aumenta a sobrevivência da bactéria quando exposta ao peróxido de hidrogênio e hipoclorito. Além disso, Pesingi et al. (2017) sugeriram um novo papel dessa proteína, necessária para a sobrevivência de *Salmonella enterica* submetida ao estresse térmico, aumentando ainda mais o seu potencial de virulência.

O impacto do estresse oxidativo no metabolismo de enterobactérias tem sido estudado recentemente (DRAZIC et al., 2015). Em ambientes oxidativos, ocorre o aumento significativo de glicose-6-fosfato-1-desidrogenase, codificada pelo gene *zwf*, de forma que o fluxo metabólico pode ser redirecionado para a via das pentoses fosfato. Consequentemente, haverá o aumento das concentrações da coenzima NADPH, importante para o regeneração das enzimas redox tioredoxina e glutaredoxina (SEO et al., 2015; CHRISTODOULOU et al., 2018).

Além disso, durante a oxidação, algumas enzimas com aglomerados de ferro-enxofre (Fe-S) são sensíveis e se tornam afuncionais após à oxidação, tornando, assim o ciclo dos ácidos tricarbóxicos sensível à ação das espécies reativas de oxigênio (CRAIG; SLAUCH, 2009). A deleção de genes responsáveis pela expressão das enzimas superóxidos dismutases (*sodAB*) em *Salmonella* Typhimurium, promoveu a redução de aconitases, aumento de ânions superóxidos e acúmulo de diversos metabólitos como isocitrato e citrato (NOSTER et al., 2019).

Um estudo de proteômica em *Salmonella enterica* exposta ao peróxido de hidrogênio, demonstrou haver aumento na expressão de mais de 115 proteínas, com enfoque às catalases (KatE, KatG e KatN) e peroxidases (AhpCF, TsaA e Tpx), envolvendo ainda as responsáveis pela reparação de DNA (RecA, RecE e Gyrl) (FU et al., 2017). Além disso, na presença de um agente oxidante, é possível observar uma regulação positiva de genes envolvidos na aquisição e utilização de ferro, sendo que essas proteínas são importantes na formação do grupos ferro-

enxofre e, consequentemente na reparação de danos causados pelas EROs (FU et al., 2017; IYER; KOONIN; ARAVIND, 2002).

### **Influência do estresse oxidativo durante a infecção por *Salmonella enterica***

Durante o processo de infecção, *Salmonella enterica* enfrenta diversos obstáculos que interferem diretamente em sua virulência. Importantes espécies reativas de oxigênio (ERO) são geradas pelos neutrófilos e pelas células fagocíticas, dentre eles o ânion superóxido ( $O_2^-$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). Assim, as bactérias possuem complexos sistemas de detoxificação das EROs, que auxiliam na sua sobrevivência durante a infecção no hospedeiro (HENARD; VAZQUEZ-TORRES, 2011).

O ânion superóxido é incapaz de atravessar as membranas, diferentemente do superóxido de hidrogênio. O  $H_2O_2$  é formado em resposta à ação da superóxido dismutase, sendo transportado para o citosol pelas aquaporinas (SLAUCH, 2011). Entretanto, nas etapas iniciais da maturação do fagossomo, a NADPH oxidase aumenta a concentração de  $O_2^-$  dentro do compartimento (KAMEN et al., 2008). Devido ao ambiente ácido no fagossomo, parte do superóxido é protonado ao radical per-hidroxil, tornando-se assim, permeável à membrana (KORSHUNOV; IMLAY, 2002).

Como citado anteriormente, a oxidação dos grupos de ferro-enxofre (Fe-S) promove a liberação de elevadas quantidades de ferro, sendo utilizado nas reações de Fenton-Haber-Weiss com  $O_2^-$  e  $H_2O_2$ , aos radicais hidroxila, uma das moléculas de maior potencial oxidativo dentre as EROs (CRAIG; SLAUCH, 2009). No citosol, as EROs são degradadas em hidrogênio, água oxigenada e oxigênio molecular pelas catalases e peroxidases. De fato, esse processo é regulado primariamente pelas proteínas transcricionais e genes discutidos anteriormente, porém, tem sido observada a influência desse processo na modulação da virulência de *Salmonella* sp. (CHRISTMAN; STORZ; AMES, 1989; CABEZAS et al., 2018).

Por ser uma bactéria intracelular, *Salmonella enterica* apresenta uma dinâmica redox intrabacteriana para sobreviver em macrófagos, conforme elucidado por Van Der Heijden et al. (2015). Segundo esses autores, o sistema bacteriano de secreção SPI-2 tipo III é necessário para estratégias de evasão de EROs, de forma que esse processo depende de um vacúolo intacto contendo o microrganismo. Além disso, aquelas que conseguem evadir a formação dos vacúolos aumentam o estresse redox em macrófagos humanos e murinos (VAN DER HEIJDEN et al., 2015).

Durante o processo inflamatório, *Salmonella* Typhimurium sofre um ciclo de ácido tricarbóxico (TCA) incompleto no intestino, fato este correlacionado pela produção de compostos oxidados por infiltração de neutrófilos (WINTER et al., 2010). Spiga et al. (2017) relataram que receptores de elétrons derivados do processo inflamatório induzem um ciclo TCA oxidativo. Assim, *Salmonella* utiliza como fontes de carbono os ácidos dicarbóxicos fermentáveis, principalmente o succinato, para alimentar diretamente o ciclo TCA durante

estresse oxidativo, permitindo assim sua sobrevivência nas células animais (SPIGA et al., 2017).

Recentemente, Cabezas et al. (2018) apontaram a importância de outro fator de transcrição, além dos já descritos. O fator SlyA atua na regulação da expressão de vários genes envolvidos na virulência (*sopD*, *sopE*, *hilA*) e metabolismo central (*kgtP*, *fruK*, *glpA*) de *Salmonella* Typhimurium submetida ao estresse oxidativo por peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio. Segundo os autores, a maior expressão de SlyA ocorre em resposta ao aumento das concentrações de espécies reativas de oxigênio, mantendo-se normal em condições basais. Além disso, sugere-se ainda que esses mecanismos envolvidos podem modular o curso da infecção por *Salmonella* Typhimurium (CABEZAS et al., 2018).

Durante o estresse oxidativo, *Salmonella* Typhimurium tem ainda a capacidade de regular positivamente os genes *sitABCD* e *mntH*, importantes sistemas envolvidos no transporte de manganês (KROGER et al., 2013). Esse tipo de resposta é necessário para aumentar a importação dessa molécula para auxiliar a atividade de SodA, causando conseqüentemente, a degradação de ânion superóxido. Desse modo, a aquisição de manganês permite que *Salmonella* Typhimurium supere as defesas antimicrobianas do hospedeiro, auxiliando seu crescimento no intestino (DIAZ-OCHOA et al., 2016).

## Estresse oxidativo subletal

Quando expostas a injúrias que não causem a morte, as bactérias respondem ao estresse com variações transitórias na expressão gênica por meio de diversos regulons e modificações de membrana celular, com modificação na proporção de ácidos graxos saturados e insaturados (STORZ; HENGGE, 2011; YUN et al., 2016). Com isso, esses microrganismos possuirão maiores taxas de sobrevivência por serem mais tolerantes ao fator estressante quando em dose/intensidade subletal, podendo desenvolver ainda, proteção cruzada a outros tipos de estresse não relacionados (RODRÍGUEZ-ROJAS et al., 2019; MELO et al., 2017).

Esses fatos foram demonstrados em estudos realizados por Obe et al. (2018) e Uddin; Jeon; Ahn (2019), *Salmonella* Heidelberg foi capaz de se adaptar a condições subletais de estresse oxidativo, além de desenvolver uma variante mais virulenta, com aumento significativo na capacidade de formação de biofilmes e redução na susceptibilidade a antibióticos, como gentamicina, estreptomicina e amoxicilina com ácido clavulânico. Em um cenário inverso, o estresse causado por baixas doses de antibióticos foi capaz de induzir proteção cruzada contra tensões ácidas, osmóticas e térmicas em *Salmonella* Typhimurium (UDDIN; JEON; AHN, 2019).

Sanz-Puiga et al. (2019) ao avaliarem o comportamento de *Salmonella* Typhimurium tratadas com doses subletais consecutivas usando campos de alta pressão hidrostática e campos elétricos pulsados, observaram que mesmo as bactérias desenvolvendo maior

resistência a essas tecnologias não-térmicas, não houve implicações na sua virulência. Assim, ainda é necessário verificar se a resistência observada nesses estudos é temporal ou transitória, levando ainda em consideração o surgimento esporádico e a seleção de mutantes espontâneos com resistência permanente (SANZ-PUIGA et al., 2019; GAYAN et al., 2016).

Quanto a formação de biofilmes, Dhakal et al. (2019) demonstraram em seu estudo que alguns sorovares de *Salmonella enterica*, principalmente Heidelberg, Typhimurium e Enteritidis, podem produzir biofilmes mais resistentes quando expostas a doses subletais de cloro. Esse comportamento pode ser atribuído a boa capacidade destes sorovares em reagir ao estresse oxidativo subletal, havendo a regulação positiva dos genes de biofilme *bssS* e *ycfR* (WANG et al., 2010).

Além disso, com o aumento gradativo da concentração de cloro ocorre aumento do período de latência (fase lag) em quatro a seis horas. O aumento desse período pode resultar em uma regulação negativa dos genes envolvidos no controle do metabolismo bacteriano, na atividade ribossômica, proteica, comportamento osmótico e de proteínas de membrana reguladoras do pH (WANG et al., 2010). Assim, poderá permitir uma maior sobrevivência dos microrganismos no meio após a remoção do fator estressante (LI et al., 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse oxidativo promove modificações significativas na estrutura e fisiologia de *Salmonella enterica*, causado principalmente pelo peróxido de hidrogênio e ânion superóxido. Entretanto, os sistemas regulatórios OxyR e SoxRS são importantes para as regulações de diversos genes envolvidos na sobrevivência endógena e exógena desta bactéria, possibilitando ainda, proteção cruzada a outros tipos de estresse e, conseqüentemente, aumento da sua capacidade de sobrevivência.

De fato, mesmo sendo intensamente estudada nas décadas de 1980 e 1990, estudos de proteômica, genômica e metabolômica tornaram-se importantes ferramentas destinadas à avaliação do comportamento de *Salmonella* frente à injúria oxidativa. Esses estudos têm sido necessários para determinar a ativação de novos genes envolvidos na resposta adaptativa ao estresse, mas também a fatores de virulência presentes durante a infecção bacteriana no hospedeiro. Assim, o conjunto dessas informações é necessário para elaboração de novos produtos antimicrobianos, bem como, melhor compreensão da virulência e patogênese de *Salmonella enterica*.

## REFERÊNCIAS

ALTENDORF, K.; et al. **Osmotic Stress**. EcoSal Plus., v. 3, n. 2, p. 1-42, 2009.

ALTUVIA, S.; et al. **A small, stable RNA induced by oxidative stress: role as a pleiotropic regulator and antimutator**. Cell., v. 90, n. 1, p. 43-53, 1997.

ALVAREZ-ORDONEZ, A.; et al. **Modifications in membrane fatty acid composition of *Salmonella typhimurium* in response to growth conditions and their effect on heat resistance**. Int J Food Microbiol., v. 123, n. 3, p. 212-219, 2008.

ANDERSON, T. C.; et al. **Multistate outbreak of human *Salmonella* Typhimurium infections linked to live poultry from agricultural feed stores and mail-order hatcheries, United States 2013**. One Health, v. 2, p. 144-149, 2016.

ASLUND, F.; et al. **Regulation of the OxyR transcription factor by hydrogen peroxide and the cellular thiol disulfide status**. Proc Natl Acad Sci USA., v. 96, n. 11, p. 6161-6165, 1999.

ASPRIDOU, Z.; AKRITIDOU, T.; KOUTSOUMANIS, K. P. **Simultaneous growth, survival and death: The trimodal behavior of *Salmonella* cells under osmotic stress giving rise to “Phoenix phenomenon”**. Int J Food Microbiol., v. 285, p. 103-109, 2018.

BAIK, H. S.; et al. **The acid tolerance response of *Salmonella typhimurium* provides protection against organic acids**. Microbiology, v. 142, n. 11, p. 3195-3200, 1996.

BALLESTE-DELPIERRE, C.; et al. **Molecular study of quinolone resistance mechanisms and clonal relationship of *Salmonella enterica* clinical isolates**. Int J Antimicrob Agents, v. 43, n. 2, p. 121-125, 2014.

BANG, I. S.; et al. **Autoinduction of the ompR response regulator by acid shock and control of the *Salmonella enterica* acid tolerance response**. Mol Microbiol., v. 44, n. 5, p. 1235-1250, 2002.

BEARSON, B. L.; WILSON, L.; FOSTER, J. W. **A low pH-inducible, PhoPQ-dependent acid tolerance response protects *Salmonella typhimurium* against inorganic acid stress**. J Bacteriol., v. 180, n. 9, p. 2409-2417, 1998.

BENOV, L.; FRIDOVICH, I. **Why superoxide imposes an aromatic amino acid auxotrophy on *Escherichia coli*. The transketolase connection**. J Biol Chem., v. 274, n. 7, p. 4202-4206, 1999.

BORGES, K. A.; et al. **Phenotypic and Molecular Characterization of *Salmonella* Enteritidis SE86 Isolated from Poultry and Salmonellosis Outbreaks**. Foodborne Pathog Dis., v. 14, n. 12, p. 742-754, 2017.

BURBANK, L.; ROPER, M. C. **OxyR and SoxR modulate the inducible oxidative stress response and are implicated during different stages of infection for the bacterial phytopathogen *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii***. Mol Plant Microbe Interact., v. 27, n. 5, p. 479-490, 2014.

CABEZAS, C. E.; et al. **The transcription factor SlyA from *Salmonella* Typhimurium regulates genes in response to hydrogen peroxide and sodium hypochlorite**. Res Microbiol., v. 169, n. 6, p. 263-278, 2018.

- CABISCOL, E.; TAMARIT, J.; ROS, J. **Oxidative stress in bacteria and protein damage by reactive oxygen species.** *Int Microbiol.*, v. 3, n. 1, p. 3-8, 2000.
- CADENAS, E. **Biochemistry of oxygen toxicity.** *Annu Rev Biochem.*, v. 58, p. 79-110, 1989.
- CERUTTI, P. A. **Prooxidant states and tumor promotion.** *Science*, v. 227, n. 4685, p. 375-381, 1985.
- CHILLER, T. **Salmonella/foodborne outbreaks in USA.** *Pathology*, v. 51, p. 59-60, 2019.
- CHOI, H.; et al. **Structural basis of the redox switch in the OxyR transcription factor.** *Cell.*, v. 105, n. 1, p. 103-113, 2001.
- CHOI, J.; GROISMAN, E. A. **Acidic pH sensing in the bacterial cytoplasm is required for Salmonella virulence.** *Mol Microbiol.*, v. 101, n. 6, p. 1024-1038, 2016.
- CHONDROGIANNI, N.; et al. **Protein damage, repair and proteolysis.** *Mol Aspects Med.*, v. 35, p. 1-71, 2014.
- CHRISTMAN, M. F.; STORZ, G.; AMES, B. N. **OxyR, a positive regulator of hydrogen peroxide-inducible genes in Escherichia coli and Salmonella typhimurium, is homologous to a family of bacterial regulatory proteins.** *Proc Natl Acad Sci U S A.*, v. 86, n. 10, p. 3484-3488, 1989.
- CHRISTODOULOU, D.; et al. **Reserve Flux Capacity in the Pentose Phosphate Pathway Enables Escherichia coli's Rapid Response to Oxidative Stress.** *Cell Syst*, v. 6, n. 5, p. 569-578, 2018.
- COLLEE, J. G.; KNOWLDEN, J.; HOBBS, B. **Studies on the growth, sporulation and carriage of Clostridium welchii with special reference to food poisoning strains.** *J Appl Bacteriol.*, v. 24, p. 326-339, 1961.
- CRAIG, M.; SLAUCH, J. M. **Phagocytic superoxide specifically damages an extracytoplasmic target to inhibit or kill Salmonella.** *PLoS One*, v. 4, n. 3, p. 1-9, 2009.
- CRUMP, J. A.; et al. **Epidemiology, Clinical Presentation, Laboratory Diagnosis, Antimicrobial Resistance, and Antimicrobial Management of Invasive Salmonella Infections.** *Clin Microbiol Rev.*, v. 28, n. 4, p. 901-937, 2015.
- CSONKA, L. N. **Physiological and genetic responses of bacteria to osmotic stress.** *Microbiol Rev.*, v. 53, n. 1, p. 121-47, 1989.
- D'AOUST, J. *Salmonella* species. In: DOYLE, M.; BEUCHAT, L.; MONTVILLE, T. (ed.). **Food microbiology: fundamentals and frontiers.** 1. ed., Washington, United States: ASM Press, 1997. p. 135-137.
- DAVIES, K. J. **Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems.** *IUBMB Life*, v. 50, n. 4-5, p. 279-289, 2000.
- DEVRY, C. G.; CLARKE, S. **Polymorphic forms of the protein L-isoaspartate (D-aspartate) O-methyltransferase involved in the repair of age-damaged proteins.** *J Hum Genet.*, v. 44, n. 5, p. 275-288, 1999.

- DHAKAL, J.; et al. **Effect of Chlorine-Induced Sublethal Oxidative Stress on the Biofilm-Forming Ability of *Salmonella* at Different Temperatures, Nutrient Conditions, and Substrates.** J Food Prot., v. 82, n. 1, p. 78-92, 2019.
- DIAZ-OCHOA, V. E.; et al. ***Salmonella* Mitigates Oxidative Stress and Thrives in the Inflamed Gut by Evading Calprotectin-Mediated Manganese Sequestration.** Cell Host Microbe, v. 19, n. 6, p. 814-825, 2016.
- DRAZIC, A.; et al. **Metabolic Response of *Escherichia coli* upon Treatment with Hypochlorite at Sub-Lethal Concentrations.** PLoS One, v. 10, n. 5, p. 1-21, 2015.
- EZRATY, B.; et al. **Oxidative stress, protein damage and repair in bacteria.** Nat Rev Microbiol., v. 15, n. 7, p. 385-396, 2017.
- FANG, F. C. **Antimicrobial actions of reactive oxygen species.** MBio, v. 2, n. 5, p. 1-6, 2011.
- FINKEL, T. **Oxygen radicals and signaling.** Curr Opin Cell Biol., v. 10, n. 2, p. 248-253, 1998.
- FINN, S.; et al. **Exposure of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium to Three Humectants Used in the Food Industry Induces Different Osmoadaptation Systems.** Appl Environ Microbiol., v. 81, n. 19, p. 6800-6811, 2015.
- FISCHER, A. B. **Intracellular production of oxygen-derived free radicals.** Proceedings of a Brook Lodge Symposium, v. 27-29, p. 99-104, 1987.
- FONG, K.; WANG, S. **Heat resistance of *Salmonella enterica* is increased by pre-adaptation to peanut oil or sub-lethal heat exposure.** Food Microbiol., v. 58, p. 139-147, 2016.
- FOSTER, J. W. **Low pH adaptation and the acid tolerance response of *Salmonella typhimurium*.** Crit Rev Microbiol., v. 21, n. 4, p. 215-237, 1995.
- FOSTER, J. W. ***Salmonella* acid shock proteins are required for the adaptive acid tolerance response.** J Bacteriol., v. 173, n. 21, p. 6896-6902, 1991.
- FOSTER, J. W. **The acid tolerance response of *Salmonella typhimurium* involves transient synthesis of key acid shock proteins.** J Bacteriol., v. 175, n. 7, p. 1981-1987, 1993.
- FU, J.; et al. ***Salmonella* proteomics under oxidative stress reveals coordinated regulation of antioxidant defense with iron metabolism and bacterial virulence.** J Proteomics, v. 157, p. 52-58, 2017.
- GAMBINO-SHIRLEY, K.; et al. **Flea market finds and global exports: Four multistate outbreaks of human *Salmonella* infections linked to small turtles, United States-2015.** Zoonoses Public Health, v. 65, n. 5, p. 560-568, 2018.
- GAUDU, P.; MOON, N.; WEISS, B. **Regulation of the soxRS oxidative stress regulon. Reversible oxidation of the Fe-S centers of SoxR in vivo.** J Biol Chem., v. 272, n. 8, p. 5082-5086, 1997.
- GAYAN, E.; et al. **Severely Heat Injured Survivors of *E. coli* O157:H7 ATCC 43888 Display Variable and Heterogeneous Stress Resistance Behavior.** Front Microbiol., v. 7, n. 1845, p. 1-8, 2016.

GIERALTOWSKI, L.; et al. **National Outbreak of Multidrug Resistant Salmonella Heidelberg Infections Linked to a Single Poultry Company.** PLoS One, v. 11, n. 9, p. 1-13, 2016.

GOSLING, R. J.; et al. **Observations on the distribution and persistence of monophasic *Salmonella* Typhimurium on infected pig and cattle farms.** Vet Microbiol., v. 227, p. 90-96, 2018.

GRAY, M. J.; WHOLEY, W. Y.; JAKOB, U. **Bacterial responses to reactive chlorine species.** Annu Rev Microbiol., v. 67, p. 141-160, 2013.

GRIMONT, P.; WEILL, F. **Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars.** 9. ed., Paris, France: Institut Pasteur, 2007. p. 166.

GRUZDEV, N.; PINTO, R.; SELA, S. **Effect of Desiccation on Tolerance of *Salmonella* enterica to Multiple Stresses.** Appl Environ Microbiol., v. 77, n. 5, p. 1667-1673, 2011.

HALLIWELL, B. J. G. **Free radicals in biology and medicine.** 4. ed., New York, USA: Oxford Science Publications, 2016. p. 851.

HANCOCK, J. T.; DESIKAN, R.; NEILL, S. J. **Role of reactive oxygen species in cell signalling pathways.** Biochem Soc Trans., v. 29, n. 2, p. 345-350, 2001.

HARMAN, D. **Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry.** J Gerontol., v. 2, p. 298-300, 1957.

HARMS, A.; MAISONNEUVE, E.; GERDES, K. **Mechanisms of bacterial persistence during stress and antibiotic exposure.** Science, v. 354, n. 6318, p. 1390-1401, 2016.

HASLBECK, M.; VIERLING, E. **A First Line of Stress Defense: Small Heat Shock Proteins and their function in protein homeostasis.** J Mol Biol., v. 427, n. 7, p. 1537-1548, 2015.

HENARD, C. A.; VAZQUEZ-TORRES, A. **Nitric oxide and salmonella pathogenesis.** Front Microbiol., v. 2, n. 84, p. 1-11, 2011.

HEO, Y. J.; et al. **The major catalase gene (*katA*) of *Pseudomonas aeruginosa* PA14 is under both positive and negative control of the global transactivator OxyR in response to hydrogen peroxide.** J Bacteriol., v. 192, n. 2, p. 381-390, 2010.

HERENDEEN, S. L.; VANBOGELEN, R. A.; NEIDHARDT, F. C. **Levels of major proteins of *Escherichia coli* during growth at different temperatures.** J Bacteriol., v. 139, n. 1, p. 185-194, 1979.

HIDALGO, E.; DEMPPE, B. **An iron-sulfur center essential for transcriptional activation by the redox-sensing SoxR protein.** Embo Jour, v. 13, n. 1, p. 138-146, 1994.

HIDALGO, E.; DING, H.; DEMPPE, B. **Redox signal transduction via iron-sulfur clusters in the SoxR transcription activator.** Trends Biochem Sci., v. 22, n. 6, p. 207-210, 1997.

IMLAY, J. A. **Cellular defenses against superoxide and hydrogen peroxide.** Annu Rev Biochem., v. 77, p. 755-776, 2008.

IMLAY, J. A. **The molecular mechanisms and physiological consequences of oxidative stress: lessons from a model bacterium.** Nat Rev Microbiol., v. 11, n. 7, p. 443-454, 2013.

IYER, L. M.; KOONIN, E. V.; ARAVIND, L. **Classification and evolutionary history of the single-strand annealing proteins, RecT, Redbeta, ERF and RAD52.** BMC Genomics, v. 3, n. 8, p. 1-11, 2002.

JAIR, K. W.; et al. **Ambidextrous transcriptional activation by SoxS: requirement for the C-terminal domain of the RNA polymerase alpha subunit in a subset of *Escherichia coli* superoxide-inducible genes.** Mol Microbiol., v. 19, n. 2, p. 307-317, 1996.

KAMEN, L. A.; et al. **SHIP-1 increases early oxidative burst and regulates phagosome maturation in macrophages.** J Immunol., v. 180, n. 11, p. 7497-7505, 2008.

KANG, I. B.; et al. **Heat resistance of *Salmonella* Enteritidis under prolonged exposure to acid-salt combined stress and subsequent refrigeration.** Int J Food Microbiol., v. 285, p. 165-172, 2018.

KERN, R.; et al. **Protein isoaspartate methyltransferase is a multicopy suppressor of protein aggregation in *Escherichia coli*.** J Bacteriol., v. 187, n. 4, p. 1377-1383, 2005.

KHADEMIAN, M.; IMLAY, J. A. ***Escherichia coli* cytochrome c peroxidase is a respiratory oxidase that enables the use of hydrogen peroxide as a terminal electron acceptor.** Proc Natl Acad Sci USA., v. 114, n. 33, p. 6922-6931, 2017.

KIM, B. H.; et al. **The formation of cyclopropane fatty acids in *Salmonella* enterica serovar Typhimurium.** Microbiology, v. 151, n. 1, p. 209-218, 2005.

KOBAYASHI, K. **Sensing Mechanisms in the Redox-Regulated, [2Fe-2S] Cluster-Containing, Bacterial Transcriptional Factor SoxR.** Acc Chem Res., v. 50, n. 7, p. 1672-1678, 2017.

KOH, Y. S.; ROE, J. H. **Dual regulation of the paraquat-inducible gene pqi-5 by SoxS and RpoS in *Escherichia coli*.** Mol Microbiol., v. 22, n. 1, p. 53-61, 1996.

KORSHUNOV, S. S.; IMLAY, J. A. **A potential role for periplasmic superoxide dismutase in blocking the penetration of external superoxide into the cytosol of Gram-negative bacteria.** Mol Microbiol., v. 43, n. 1, p. 95-106, 2002.

KRAMER, R. **Bacterial stimulus perception and signal transduction: response to osmotic stress.** Chem Rec., v. 10, n. 4, p. 217-29, 2010.

KROGER, C.; et al. **An infection-relevant transcriptomic compendium for *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium.** Cell Host Microbe, v. 14, n. 6, p. 683-695, 2013.

KULLIK, I.; et al. **Mutational analysis of the redox-sensitive transcriptional regulator OxyR: regions important for oxidation and transcriptional activation.** J Bacteriol., v. 177, n. 5, p. 1275-1284, 1995.

KUMAWAT, M.; et al. **Contribution of protein isoaspartate methyl transferase (PIMT) in the survival of *Salmonella* Typhimurium under oxidative stress and virulence.** Int J Med Microbiol., v. 306, n. 4, p. 222-230, 2016.

LAROCK, D. L.; CHAUDHARY, A.; MILLER, S. I. ***Salmonella* interactions with host processes.** Nat Rev Microbiol., v. 13, n. 4, p. 91-205, 2015.

LEE, C.; et al. **Redox regulation of OxyR requires specific disulfide bond formation involving a rapid kinetic reaction path.** Nat Struct Mol Biol., v. 11, n. 12, p. 1179-1185, 2004.

LEE, I. S.; SLONCZEWSKI, J. L.; FOSTER, J. W. **A low-pH-inducible, stationary-phase acid tolerance response in *Salmonella typhimurium*.** J Bacteriol., v. 176, n. 5, p. 1422-1426, 1994.

LI, B.; et al. **The importance of lag time extension in determining bacterial resistance to antibiotics.** Analyst, v. 141, n. 10, p. 3059-3067, 2016.

LI, H.; et al. **Transcriptomic analysis of *Salmonella* desiccation resistance.** Foodborne Pathog Dis., v. 9, n. 12, p. 1143-1151, 2012.

LI, Z.; DEMPLE, B. **SoxS, an activator of superoxide stress genes in *Escherichia coli*.** Purification and interaction with DNA. J Biol Chem., v. 269, n. 28, p. 18371-18377, 1994.

LIANO, A.; KOUTSOUMANIS, K. P. **Evaluation of the strain variability of *Salmonella enterica* acid and heat resistance.** Food Microbiol., v. 34, n. 2, p. 259-267, 2013.

LIANO, A.; NYCHAS, G.; KOUTSOUMANIS, K. **Variability in the adaptive acid tolerance response phenotype of *Salmonella enterica* strains.** Food Microbiology, v. 62, p. 99-105, 2017.

LIAO, H.; et al. **Quorum-sensing systems trigger catalase expression to reverse the oxyR deletion-mediated VBNC state in *Salmonella Typhimurium*.** Res Microbiol., v. 170, n. 2, p. 65-73, 2019.

LIM, B.; GROSS, C. Cellular Response to Heat Shock and Cold Shock. In: Storz G, Hengge R, editors. **Bacterial Stress Responses.** 2. ed., Washington, United States: ASM Press; 2011. p. 93-114.

LLOYD, D. R.; CARMICHAEL, P. L.; PHILLIPS, D. H. **Comparison of the formation of 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine and single- and double-strand breaks in DNA mediated by fenton reactions.** Chem Res Toxicol., v. 11, n. 5, p. 420-427, 1998.

LONG, M.; et al. **Disinfectant susceptibility of different *Salmonella* serotypes isolated from chicken and egg production chains.** J Appl Microbiol., v. 121, n. 3, p. 672-681, 2016.

LOS, D. A.; MURATA, N. **Membrane fluidity and its roles in the perception of environmental signals.** Biochim Biophys Acta, v. 1666, n. 1-2, p. 142-157, 2004.

LU, S.; et al. **Mapping native disulfide bonds at a proteome scale.** Nat Methods, v. 12, n. 4, p. 329-331, 2015.

LUSHCHAK, V. I. **Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification.** Chem Biol Interact, v. 224, p. 164-175, 2014.

MAHAWAR, M.; et al. **Synergistic roles of *Helicobacter pylori* methionine sulfoxide reductase and GroEL in repairing oxidant-damaged catalase.** J Biol Chem., v. 286, n. 21, p. 19159-19169, 2011.

MANDAL, R. K.; KWON, Y. M. **Global Screening of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium Genes for Desiccation Survival.** Front Microbiol., v. 8, n. 1723, p. 1-12, 2017.

- MASERATI, A.; et al. **General response of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium to desiccation: A new role for the virulence factors *sopD* and *sseD* in survival.** PLoS One, v. 12, n. 11, p. 1-23, 2017.
- MBA-JONAS, A.; et al. **A Multistate Outbreak of Human *Salmonella* Agona Infections Associated With Consumption of Fresh, Whole Papayas Imported From Mexico-United States.** Clinical Infectious Diseases, v. 66, n. 11, p. 1756-1761, 2018.
- MCBRIAN, M. A.; et al. **Histone acetylation regulates intracellular pH.** Mol Cell., v. 49, n. 2, p. 310-321, 2013.
- MELLEFONT, L. A.; MCMEEKIN, T. A.; ROSS, T. **Viable count estimates of lag time responses for *Salmonella* typhimurium M48 subjected to abrupt osmotic shifts.** Int J Food Microbiol., v. 105, n. 3, p. 399-410, 2005.
- MELO, A. N. F.; et al. **Changes in thermo-tolerance and survival under simulated gastrointestinal conditions of *Salmonella* Enteritidis PT4 and *Salmonella* Typhimurium PT4 in chicken breast meat after exposure to sequential stresses.** Int J Food Microbiol., v. 251, p. 15-23, 2017.
- MERCER, R. G.; et al. **Genetic determinants of heat resistance in *Escherichia coli*.** Front Microbiol., v. 6, n. 932, p. 1-13, 2015.
- MERCER, R. G.; et al. **The locus of heat resistance (LHR) mediates heat resistance in *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* and *Enterobacter cloacae*.** Food Microbiol., v. 64, p. 96-103, 2017.
- MOAT, A.; FOSTER, J.; SPECTOR, M. Microbial Stress Responses. In: MOAT, A.; FOSTER, J.; SPECTOR, M. (ed.). **Microbial Physiology**. 4. ed., United States: Wiley-Liss, 2002. p. 582-611.
- MOLINO, M. G.; et al. **Outbreaks of antimicrobial resistant *Salmonella* Choleraesuis in wild boars piglets from central-western Spain.** Transbound Emerg Dis., v. 66, n. 1, p. 225-233, 2019.
- MORIMOTO, R. I. **Regulation of the heat shock transcriptional response: cross talk between a family of heat shock factors, molecular chaperones, and negative regulators.** Genes Dev., v. 12, n. 24, p. 3788-3796, 1998.
- MORITA, M. T.; et al. **Translational induction of heat shock transcription factor sigma32: evidence for a built-in RNA thermosensor.** Genes Dev., v. 13, n. 6, p. 655-665, 1999.
- MORITA, M.; et al. **Heat-induced synthesis of sigma32 in *Escherichia coli*: structural and functional dissection of rpoH mRNA secondary structure.** J Bacteriol., v. 181, n. 2, p. 401-410, 1999.
- MORONES-RAMIREZ, J. R.; et al. **Silver enhances antibiotic activity against gram-negative bacteria.** Sci Transl Med., v. 5, n. 190, p. 1-11, 2013.
- MURDOCK, L.; et al. **Analysis of strains lacking known osmolyte accumulation mechanisms reveals contributions of osmolytes and transporters to protection against abiotic stress.** Appl Environ Microbiol., v. 80, n. 17, p. 5366-5378, 2014.
- NOSTER, J.; et al. **Impact of ROS-Induced Damage of TCA Cycle Enzymes on Metabolism and Virulence of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium.** Front Microbiol., v. 10, p. 1-17, 2019.

NUNOSHIBA, T.; et al. **Two-stage control of an oxidative stress regulon: the *Escherichia coli* SoxR protein triggers redox-inducible expression of the soxS regulatory gene.** J Bacteriol., v. 174, n. 19, p. 6054-6060, 1992.

OBE, T.; et al. **Homologous stress adaptation, antibiotic resistance, and biofilm forming ability of *Salmonella enterica* serovar Heidelberg ATCC8326 on different food-contact surfaces following exposure to sublethal chlorine concentrations**<sup>1</sup>. Poult Sci., v. 97, n. 3, p. 951-961, 2018.

OTT, M.; et al. **Mitochondria, oxidative stress and cell death.** Apoptosis, v. 12, n. 5, p. 913-922, 2007.

PESINGI, P. K.; et al. **Protein-L-Isoaspartyl Methyltransferase (PIMT) Is Required for Survival of *Salmonella* Typhimurium at 42°C and Contributes to the Virulence in Poultry.** Front Microbiol., v. 8, n. 361, p. 1-9, 2017.

REN, J.; et al. **Acetylation Regulates Survival of *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium under Acid Stress.** Appl Environ Microbiol., v. 81, n. 17, p. 5675-5682, 2015.

REQUENA, J. **Stress Response in Microbiology.** 1. ed., Madrid, Spain: Caister Academic Press, 2012. p. 446.

RITTER, A. C.; et al. **Genome analysis reveals insights into high-resistance and virulence of *Salmonella* Enteritidis involved in foodborne outbreaks.** Int J Food Microbiol., v. 306, n. 108269, p. 1-5, 2019.

ROBINSON, R. **Heat Shock Response Regulator Is Pinned to the Membrane.** PLoS Biol., v. 11, n. 12, p. 1, 2013.

RODRÍGUEZ-ROJAS, A.; et al. **Non-lethal oxidative stress boosts bacterial survival and evolvability under lethal exposure.** BioRxiv., p.1-43, 2019.

ROMERO, J. L.; et al. **Resistance to Antibiotics, Biocides, Preservatives and Metals in Bacteria Isolated from Seafoods: Co-Selection of Strains Resistant or Tolerant to Different Classes of Compounds.** Front Microbiol., v. 8, n. 1650, p. 1-16, 2017.

RUAN, L.; et al. **Solute Transport Proteins and the Outer Membrane Protein NmpC Contribute to Heat Resistance of *Escherichia coli* AW1.7**. Appl Environ Microbiol., v. 77, n. 9, p. 2961-2967, 2011.

SANZ-PUIGA, M.; et al. **Resistance changes in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium treated by High Hydrostatic Pressure and Pulsed Electric Fields and assessment of virulence changes by using *Caenorhabditis elegans* as a test organism.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, v. 51, p. 51-56, 2019.

SCHNEIDER, C.; OLIVEIRA, A. **Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico.** Rev Bras Med Esporte, v. 10, n. 4, p. 308-313, 2004.

SEO, S. W.; et al. **Genome-wide Reconstruction of OxyR and SoxRS Transcriptional Regulatory Networks under Oxidative Stress in *Escherichia coli* K-12 MG1655.** Cell Rep., v. 12, n. 8, p. 1289-1299, 2015.

SIES, H. Oxidative stress: introductory remarks. In: SIES, H. (ed.). **Oxidative Stress.** London: Academic Press, 1985. p. 1-8.

- SIRSAT, S.; et al. **Transcriptomic Response of *Salmonella* Typhimurium Heat Shock Gene Expression Under Thermal Stress at 48°C.** Journal of Food Research, v. 4, n. 5, p. 51-56, 2015.
- SLATER, T. F. **Free-radical mechanisms in tissue injury.** Biochem J., v. 222, n. 1, p. 1-15, 1984.
- SLAUCH, J. M. **How does the oxidative burst of macrophages kill bacteria? Still an open question.** Mol Microbiol., v. 80, n. 3, p. 580-583, 2011.
- SLEATOR, R. D.; HILL, C. **Bacterial osmoadaptation: the role of osmolytes in bacterial stress and virulence.** FEMS Microbiol Rev., v. 26, n. 1, p. 49-71, 2002.
- SPIGA, L.; et al. **An Oxidative Central Metabolism Enables *Salmonella* to Utilize Microbiota-Derived Succinate.** Cell Host Microbe, v. 22, n. 3, p. 291-301, 2017.
- STORZ, G.; ALTUVIA, S. **OxyR regulon.** Methods Enzymol., v. 234, p. 217-223, 1994.
- STORZ, G.; HENGGE, R. **Bacterial Stress Responses.** 2. ed., Washington, DC, United States: ASM Press, 2011. p. 506.
- STORZ, G.; IMLAY, J. A. **Oxidative stress.** Curr Opin Microbiol., v. 2, n. 2, p. 188-194, 1999.
- STORZ, G.; SPIRO, S. Sensing and Responding to Reactive Oxygen and Nitrogen Species. In: STORZ, G.; HENGGE, R. (ed.). **Bacterial Stress Responses**, 2. ed., Washington, United States: ASM Press, 2011. p. 157-173.
- STORZ, G.; TARTAGLIA, L. A.; AMES, B. N. **Transcriptional regulator of oxidative stress-inducible genes: direct activation by oxidation.** Science, v. 248, n. 4952, p. 189-194, 1990.
- TAO, K. **In vivo oxidation-reduction kinetics of OxyR, the transcriptional activator for an oxidative stress-inducible regulon in *Escherichia coli*.** FEBS Lett., v. 457, n. 1, p. 90-92, 1999.
- TOLEDANO, M. B.; et al. **Redox-dependent shift of OxyR-DNA contacts along an extended DNA-binding site: a mechanism for differential promoter selection.** Cell., v. 78, n. 5, p. 897-909, 1994.
- UDDIN, M. J.; JEON, G.; AHN, J. **Variability in the Adaptive Response of Antibiotic-Resistant *Salmonella* Typhimurium to Environmental Stresses.** Microb Drug Resist., v. 25, n. 2, p. 182-192, 2019.
- UEDA, K.; et al. **Site-specific DNA damage caused by lipid peroxidation products.** Biochim Biophys Acta., v. 824, n. 4, p. 341-348, 1985.
- VAN DER HEIJDEN, J.; et al. **Direct measurement of oxidative and nitrosative stress dynamics in *Salmonella* inside macrophages.** Proc Natl Acad Sci U S A., v. 112, n. 2, p. 560-565, 2015.
- VAN DER HEIJDEN, J.; et al. ***Salmonella* Rapidly Regulates Membrane Permeability To Survive Oxidative Stress.** MBio, v. 7, n. 4, p. 1-11, 2016.
- VIGNESWARA, V.; et al. **Proteomic identification of novel substrates of a protein isoaspartyl methyltransferase repair enzyme.** J Biol Chem., v. 281, n. 43, p. 32619-32629, 2006.

WANG, S.; et al. **Transcriptomic responses of *Salmonella enterica* serovars Enteritidis and Typhimurium to chlorine-based oxidative stress.** Appl Environ Microbiol., v. 76, p. 5013-5024, 2010.

WINTER, S. E.; et al. **Gut inflammation provides a respiratory electron acceptor for *Salmonella*.** Nature, v. 467, n. 7314, p. 426-429, 2010.

YANG, Y.; et al. **Membrane lipid composition and stress/virulence related gene expression of *Salmonella* Enteritidis cells adapted to lactic acid and trisodium phosphate and their resistance to lethal heat and acid stress.** Int J Food Microbiol., v. 191, p. 24-31, 2014.

YUN, O.; et al. **Effect of Pulsed Electric Field on Membrane Lipids and Oxidative Injury of *Salmonella typhimurium*.** Int J Mol Sci., v. 17, n. 8, p. 1-13, 2016.

ZHANG, Y.; et al. **OxyR positively and directly regulates Vi polysaccharide capsular antigen in *Salmonella enterica* serovar Typhi.** Microb Pathog., v. 124, p. 191-197, 2018.

ZHENG, M.; ASLUND, F.; STORZ, G. **Activation of the OxyR transcription factor by reversible disulfide bond formation.** Science, v. 279, n. 5357, p. 1718-1721, 1998.

ZHENG, M.; et al. **Computation-directed identification of OxyR DNA binding sites in *Escherichia coli*.** J Bacteriol., v. 183, n. 15, p. 4571-4579, 2001.

ZHENG, M.; et al. **DNA microarray-mediated transcriptional profiling of the *Escherichia coli* response to hydrogen peroxide.** J Bacteriol., v. 183, n. 15, p. 4562-4570, 2001.

ZHENG, M.; et al. **OxyR and SoxRS regulation of fur.** J Bacteriol., v. 181, n. 15, p. 4639-4643, 1999.

ZHOU, K.; et al. **Lag phase of *Salmonella enterica* under osmotic stress conditions.** Appl Environ Microbiol., v. 77, n. 5, p. 1758-1762, 2011.

## EFEITOS DO ESTRESSE TÉRMICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS SUBMETIDAS AO PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

*Data de aceite: 01/02/2024*

**Mateus Hillmann de Lima**

Bolsista PIBIC/ Fundação Araucária  
Unespar/Campus Paranavaí

**Franciele Zanardo Bohm**

Orientadora  
Unespar/Campus Paranavaí

É preciso considerar que o estresse ambiental pode contribuir para o aumento da diversidade e para a ocupação de diferentes ambientes, graças a expressão de genes que irão conferir características adaptativas ou mecanismos de tolerância ou aclimatação ao estresse (LOPES, 2018).

Como conhecido, diversos fatores que divergem das condições ótimas as quais normalmente as plantas estão adaptadas, contribuem para desencadear mudanças morfofisiológicas nas mesmas, tais como disponibilidade hídrica, temperatura do ar, concentração de gases, sais, entre outros. Esse estresse a que a planta é submetida tem um papel importante na distribuição das espécies, tanto relacionado aos mecanismos de aclimatação e adaptação das espécies, quanto para a compreensão dos processos metabólicos subjacentes aos danos provocados por determinado estresse (BROETTO et al, 2017, p.10).

As plantas assim como os demais seres vivos estão expostas a mudanças ambientais que podem ser uma fonte de

### INTRODUÇÃO

A produção e obtenção de alimentos é uma preocupação em todos os países do mundo. Constantemente são noticiadas situações de estresse para as culturas vegetais, como o aumento da temperatura global que afeta principalmente o crescimento e produtividade de culturas de regiões tropicais (DIAS, 2018). O estresse causado por variações de temperatura, especialmente mais altas, podem afetar especialmente a velocidade de absorção de água, e a reativação das reações metabólicas, fundamentais aos processos de mobilização de reservas e a retomada de crescimento da radícula (SANTOS, 2021).

estresse. O estresse pode levar ao comprometimento fisiológico da planta, provocar danos ao seu desenvolvimento e pode causar até a morte. O estresse também pode levar a expressão de genes que irão expressar proteínas responsáveis por respostas adaptativas ao estresse (DÍAS, 2012; KACHROO & KACHROO, 2020).

Atualmente as mudanças de temperatura são cada vez mais expressivas, mas é preciso considerar que as plantas sempre foram submetidas a estresse ambiental, nesse sentido os indivíduos que apresentam características capazes de tolerar o estresse são capazes de sobreviver em ambiente inóspito e transmitir suas características para a próxima geração.

As hortaliças tem papel de destaque na economia brasileira, a alface, *Lactuca sativa* L é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), é rica em vitamina A e de fácil cultivo, apreciada pelo sabor e textura em todas as regiões brasileiras. O tomate *Solanum lycopersicum*, está entre as cinco hortaliças mais consumidas no Brasil (CONAB, 2021). Devido a importância econômica, estudos sobre germinação, crescimento e desenvolvimento destas plantas despertam o interesse dos pesquisadores (RITTER, 2014; FORMIGHEIRI, et al., 2018; ALVES, 2019; ARCANJO et al., 2021).

Já está bem descrito na literatura científica que as plantas apresentam mecanismos de defesa contra diferentes tipos de estresse. Estes mecanismos incluem a Resistência sistêmica adquirida (SARS) que consiste em um conjunto de alterações fisiológicas provocadas por algum dano na estrutura da planta, como um ataque de inseto (ROCHA, 2000).

O dano provoca a liberação de espécies reativas de oxigênio (ERO) que em baixas concentrações atuam como moléculas de sinalização celular para promover a síntese de proteínas de defesa, como fitoalexinas, que são antibióticos naturais, proteínas que atacam fungos e proteínas que aumentam a resistência das plantas (DÍAZ, 2012; KACHROO & KACHROO, 2020). Estes compostos são liberados por um período de 90 dias. Desta forma, dependendo do tipo de ciclo de vida da planta esta liberação pode protegê-la até que ocorra a produção dos frutos.

É possível disparar os mecanismos de defesa das plantas sem provocar danos a ela? Alguns estudos foram conduzidos neste sentido e outros estão em andamento e incluem a utilização de vírus para causar sintomas brandos e disparar SARS ou a utilização de compostos químicos que são produzidos naturalmente pelas plantas, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio e ácido salicílico (ROCHA, 2000; DÍAZ, 2012; CABRERA et al, 2021).

A indução de respostas de defesa antes de infecções de micro-organismos ou de possíveis estresses ambientais podem oferecer uma proteção precoce para a planta e contribuir com o sucesso no combate a infecções. Além disso o estabelecimento de uma prática da indução precoce das defesas das plantas pode contribuir com a redução da

utilização de agrotóxicos para o combate de doenças e pragas diminuindo a contaminação do meio ambiente e dos alimentos com toxinas.

Os estudos sobre o metabolismo e fisiologia das respostas de defesa das plantas aumentaram nas duas últimas décadas, principalmente devido a descoberta de moléculas envolvidas na sinalização celular que disparam as respostas de defesa, como o óxido nítrico (KACHROO & KACHROO, 2000). Mas ainda há muito para compreender sobre estas respostas e sobre como é possível dispará-las para aumentar a proteção da planta.

A preservação do meio ambiente tem sido foco de debates mundiais, mas faltam atitudes concretas para a preservação do meio ambiente. O sistema orgânico de produção de alimentos reflete em um sistema de produção de alimentos que contribui com a preservação do meio ambiente. Este sistema não utiliza insumos químicos e nem sementes geneticamente modificadas. Segundo a Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento de outubro de 2011; a qual diz que o cultivo de orgânicos deve ocorrer sem a adição de compostos químicos sintéticos, é correta a utilização de sementes orgânicas neste modo de produção (CARLETT et al., 2019).

Sementes orgânicas não são encontradas facilmente pelos produtores e quando estão disponíveis, estas sementes apresentam custo mais elevado.

Ao longo do tempo as sementes convencionais foram alvo de pesquisas de melhoramento genético e tratamentos químicos para proporcionar aumento na produtividade e maior resistência à patógenos (DA ROSA & DE GREGORY, 2021). As sementes de origem orgânica, por não receber modificações genéticas ou tratamentos acabam sendo menos produtivas que as sementes convencionais.

O objetivo deste trabalho foi estudar a germinação e crescimento inicial de plântulas de alface e tomate, de origem orgânica e convencional, submetidas ao estresse térmico com ou sem pré-tratamento químico com peróxido de hidrogênio.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os experimentos foram realizados no laboratório de pesquisa da UNESPAR/Campus Paranavaí. As sementes convencionais de alface e tomate foram obtidas comercialmente e as sementes orgânicas foram obtidas da horta orgânica do campus.

As sementes de alface ou tomate de origem orgânica ou convencional receberam separadamente pré-tratamento com o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), elas foram imersas na solução de  $H_2O_2$  10mM por 40 minutos e posteriormente era colocadas para germinar em placas de Petri contendo duas folhas de papel de germinação e embebidas em 4mL de água destilada. Cada placa de Petri recebeu 10 sementes. Foram feitas três placas de Petri para cada tratamento: Convencional sem pré-tratamento com  $H_2O_2$ , convencional com pré-tratamento com  $H_2O_2$ , orgânica sem pré-tratamento com  $H_2O_2$ , orgânica com pré-tratamento com  $H_2O_2$  este bloco experimental foi acondicionado em câmara do tipo B.O.D a 25°C com

fotoperíodo de 12h de claro. Outro bloco experimental, com os quatro tratamentos descritos foram acondicionadas em câmara do tipo B.O.D a 30°C com fotoperíodo de 12h de claro. Foram realizadas quatro repetições de ambos os blocos. As placas foram cultivadas durante sete dias com contagem de germinação a cada 24h.

Após o término do período de germinação determinado para cada espécie a porcentagem de germinação (G) foi calculada usando a fórmula:  $G = (N / A) \times 100$  Onde N: número de sementes germinadas; A: número total de sementes colocadas para germinar.

A sementes germinadas foram contadas a cada 24 horas. Para constatar a germinação foi observado a protrusão da radícula (FERREIRA; ÁQUILA, 2000). O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido considerando:  $(IVG = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn)$ . Em que: N, número de plântula verificadas no dia da contagem; D, números de dias após a semeadura, sendo realizado a contagem em números de dias após a semeadura.

Após os 7 dias, as radículas das plântulas de alface eram excisadas e medidas com o auxílio de uma régua milimetrada. As plântulas de tomate, devido ao período mais longo para germinar foram excisadas e medidas no décimo quinto dia após a germinação. Todos os resultados foram expressos em centímetros.

Para a determinação da absorbância da clorofila, foi utilizada a metodologia descrita por Engel e Poggiani (1991), foram pesados 0,100 g de folhas frescas de cada tratamento e maceradas com 5 ml de acetona 80%. O extrato foi filtrado e a leitura da absorbância da clorofila foi feita em espectrofotômetro a 663 nm, 645 nm e 652 nm. Os resultados foram expressos em miligrama (mg) de clorofila por grama de peso fresco de tecido foliar. Os cálculos foram feitos segundo as seguintes equações.

$$\text{Clorofila a} = (12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}) V / 1000W$$

$$\text{Clorofila b} = (22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}) V / 1000W$$

$$\text{Clorofila total} = A_{652} \times 1000 \times V / 1000W / 34,5$$

Análise estatísticas: Os experimentos foram realizados em blocos inteiramente casualizados (pré-tratamentos com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em temperaturas de 25°C ou 30°C), cada bloco continha três placas de Petri para cada tratamento e foram realizadas quatro repetições.

A análise estatística dos resultados foi efetuada usando o programa Sisvar®, foi realizada a análise de variância ANOVA. As diferenças entre as médias foram submetidas ao teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 (P < 0,05) foram considerados estatisticamente significativos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 01 apresenta os resultados de IVG, de sementes de alface nos tratamentos descritos. O pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reduziu a velocidade de germinação das sementes convencionais e orgânicas, porém a porcentagem de germinação foi menor para as sementes de origem orgânicas. A temperatura de 30°C reduziu o IVG e porcentagem de

germinação de ambas as sementes, mas foi menor nas sementes que receberam o pré-tratamento com peróxido de hidrogênio. Estes resultados indicam que o pré-tratamento das sementes de alface prejudicou a germinação e pode indicar que a concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10mM seja tóxica para esta hortaliça.

TRATAMENTO	IVG	% GERMINAÇÃO
CONVENCIONAL SEM PERÓXIDO 25°C	2,81 <sup>a</sup>	95,5 <sup>a</sup>
CONVENCIONAL COM PERÓXIDO 25°C	2,77 <sup>a,b</sup>	93,7 <sup>a</sup>
ORGÂNICA SEM PERÓXIDO 25°C	3,07 <sup>a</sup>	92,7 <sup>a,b</sup>
ORGÂNICA COM PERÓXIDO 25°C	2,62 <sup>a,b</sup>	86,5 <sup>a,b,c</sup>
CONVENCIONAL SEM PERÓXIDO 30°C	2,22 <sup>b,c</sup>	73,2 <sup>c,d</sup>
CONVENCIONAL COM PERÓXIDO 30°C	1,76 <sup>c</sup>	69,5 <sup>d</sup>
ORGÂNICA SEM PERÓXIDO 30°C	2,66 <sup>a,b</sup>	77,5 <sup>b,c,d</sup>
ORGÂNICA COM PERÓXIDO 30°C	1,84 <sup>c</sup>	76,3 <sup>c,d</sup>

Tabela 01. Índice de velocidade de germinação (IVG) e porcentagem de germinação (% Germinação) de sementes de alface de origem convencional e orgânicas submetidas as pré-tratamento com peróxido de hidrogênio e estresse térmico. Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey p<0,05.

A germinação pode ser utilizada para avaliar o estresse em plantas, o crescimento inicial é o parâmetro mais importante para determinar se um determinado tipo de estresse irá comprometer o desenvolvimento, pois envolve uma série de reações metabólicas que irão desencadear o crescimento inicial da planta (LUCHESE et al., 2018).

Embora a germinação das sementes orgânicas tenha sido mais lenta, foi possível observar que o crescimento da raiz foi mais rápido em ambiente controlado. É preciso considerar que em ambiente natural a velocidade de germinação é importante para o desenvolvimento futuro da planta, uma vez que, sementes de espécies diferentes estão germinando e ocorre competição pela sobrevivência, desta forma a planta que lança sua raiz primeiro para obter água e recursos minerais do solo irá também primeiro alongar o caule e originar suas folhas para a captação de luz (FORMIGHEIRI, et al.,2019). Mas em ambientes de cultivo, como ocorre entre as hortaliças, cujo objetivo é a comercialização não ocorre a competição e a velocidade de germinação passa a ter menor importância. Para verificar o crescimento inicia das plântulas nos ambientes e tratamentos descritos, as radículas de alface tiveram seu comprimento determinado conforme indica a figura 01.

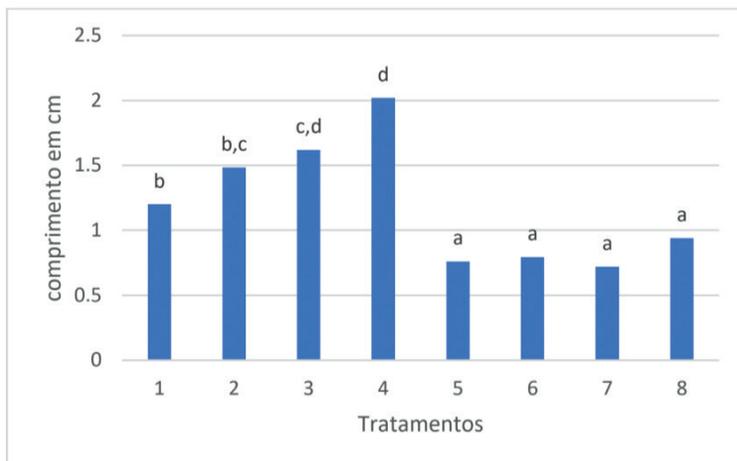


Figura 2: Comprimento de radículas de alfaca oriundas de sementes convencionais e orgânicas submetidas as pré-tratamento com peróxido de hidrogênio e estresse térmico. Os tratamentos de 1 a 4 se referem ao cultivo a 25°C nas seguintes condições: 1- Convencionais sem peróxido de hidrogênio. 2- Convencionais com peróxido de hidrogênio. 3- Orgânicas sem peróxido de hidrogênio. 4- Orgânicas com peróxido de hidrogênio. Os tratamentos de 5 a 8 se referem ao cultivo a 30°C nas seguintes condições: 5- Convencionais sem peróxido de hidrogênio. 6- Convencionais com peróxido de hidrogênio. 7- Orgânicas sem peróxido de hidrogênio. 8- Orgânicas com peróxido de hidrogênio. Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

Os resultados apresentados na figura 01 revelam que os tratamentos feitos a 30°C comprometeram o crescimento inicial de todas as plantas. O peróxido de hidrogênio e a origem das sementes, orgânicas ou convencionais não afetaram as plantas submetidas ao estresse pela temperatura.

Quando as plantas foram submetidas ao tratamento a 25°C, as sementes de origem orgânica apresentaram maior crescimento que as sementes de origem convencional. O pré-tratamento com peróxido de hidrogênio promoveu maior crescimento nas raízes das plântulas em temperatura não estressante de 25°C foi maior nas plântulas de origem orgânica. Este fato pode indicar que nestas plantas o uso de peróxido de hidrogênio pode favorecer maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis que poderão atuar como solutos orgânicos, o que pode promover melhor ajuste osmótico e permitir o maior crescimento das raízes (CARVALHO et al., 2011)

A figura 02 apresenta os resultados dos teores de clorofilas. Os resultados não foram diferentes estatisticamente. É possível observar uma tendência de redução nos níveis de clorofilas das plântulas de origem orgânica cultivadas a 25°C e uma tendência de resposta nas plântulas de origem orgânicas submetidas ao estresse térmico e ao pré-tratamento com  $H_2O_2$  10mM. Como as análises de teores de clorofilas são realizados com plântulas jovens, é possível que as alterações nas concentrações destes pigmentos não puderam ser detectadas, ou que o estresse térmico a 30°C não compromete a produção de clorofilas nas folhas de alfaca.

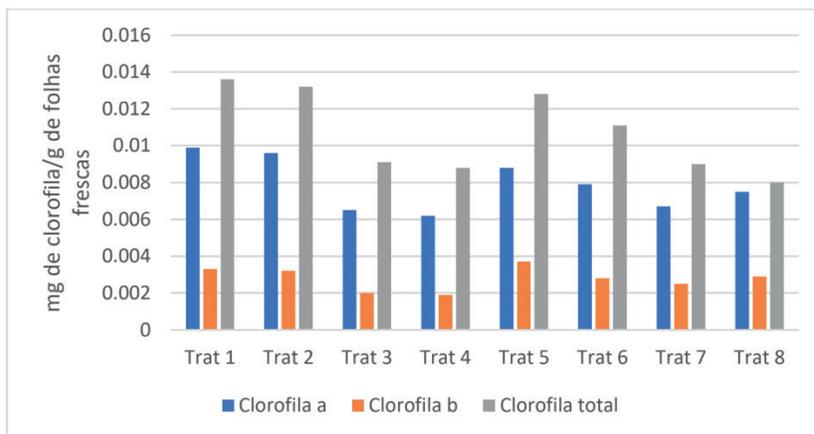


Figura 2. Teores de clorofilas de folhas de alface no sétimo dia de cultivo. As médias não foram diferentes quando submetidas ao teste de Tukey a 5%. Tratamentos cultivados a 25°C: 1- alface convencional sem peróxido, 2- alface convencional com peróxido, 3 – alface orgânica sem peróxido, 4- alface orgânica com peróxido. Tratamentos cultivados a 30°C: 5- alface convencional sem peróxido, 6- alface convencional com peróxido, 7 – alface orgânica sem peróxido, 8- alface orgânica com peróxido.

A tabela 02 apresenta os resultados estudados quanto a germinação do tomate, para esta hortaliça o pré-tratamento com o peróxido de hidrogênio aumentou a velocidade de germinação das sementes convencionais em temperatura de 25°C e não afetou a velocidade de germinação das sementes orgânicas. As sementes cultivadas a temperatura de 30°C mostraram redução significativa no índice de velocidade de germinação e na porcentagem de germinação. É possível observar que as maiores reduções ocorreram nas sementes de origem orgânica.

TRATAMENTO	IVG	% GERMINAÇÃO
CONVENCIONAL SEM PERÓXIDO 25°C	4,53 <sup>a</sup>	94,7 <sup>a,b</sup>
CONVENCIONAL COM PERÓXIDO 25°C	5,09 <sup>b</sup>	98,7 <sup>a</sup>
ORGÂNICA SEM PERÓXIDO 25°C	4,00 <sup>c</sup>	90,5 <sup>b</sup>
ORGÂNICA COM PERÓXIDO 25°C	3,80 <sup>c</sup>	90,2 <sup>b</sup>
CONVENCIONAL SEM PERÓXIDO 30°C	2,96 <sup>d</sup>	60,0 <sup>c</sup>
CONVENCIONAL COM PERÓXIDO 30°C	2,50 <sup>e</sup>	46,7 <sup>d</sup>
ORGÂNICA SEM PERÓXIDO 30°C	1,20 <sup>f</sup>	26,3 <sup>e</sup>
ORGÂNICA COM PERÓXIDO 30°C	1,18 <sup>f</sup>	21,8 <sup>e</sup>

Tabela 01. Índice de velocidade de germinação (IVG) e porcentagem de germinação (% Germinação) de sementes de tomate de origem convencional e orgânicas submetidas as pré-tratamento com peróxido de hidrogênio e estresse térmico. Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey p<0,05.

Como foi discutido para as sementes de alface, para as sementes de tomate também é preciso considerar que após a germinação das plantas ocorre o crescimento inicial da raiz, este processo de protrusão e crescimento é fundamental para que a planta obtenha a água e recursos minerais necessários para o seu crescimento. Os resultados de Lima, et al., 2021 estudando sementes de jacarandá (*Dalbergia spruceana*) mostraram que existe diferenças nas temperaturas ótimas para a germinação e crescimento inicial das plântulas, o que pode ocorrer com as hortaliças estudadas neste trabalho.

É possível que a temperatura afete de maneira diferente as enzimas envolvidas no metabolismo de germinação e crescimento inicial das plantas. Quanto ao crescimento das raízes de tomate observa-se redução neste parâmetro no tratamento a 30°C e aumento no comprimento das radículas oriundas de plântulas convencionais tratadas com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> na temperatura de 25°C.

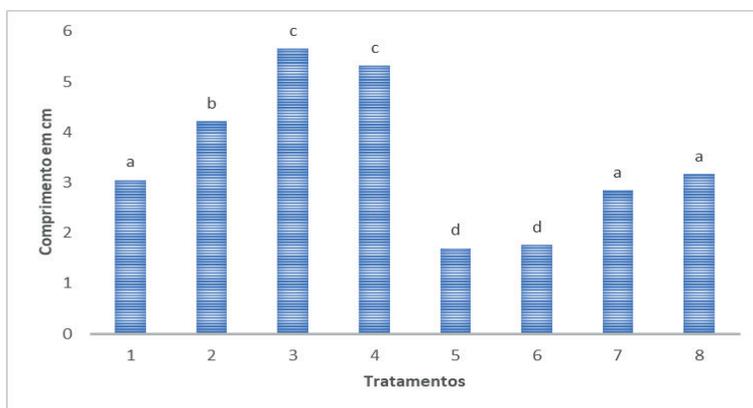


Figura 3: Comprimento de radículas de tomate oriundas de sementes convencionais e orgânicas submetidas ao pré-tratamento com peróxido de hidrogênio e estresse térmico. Os tratamentos de 1 a 4 se referem ao cultivo a 25°C nas seguintes condições: 1- Convencionais sem peróxido de hidrogênio. 2- Convencionais com peróxido de hidrogênio. 3- Orgânicas sem peróxido de hidrogênio. 4- Orgânicas com peróxido de hidrogênio. Os tratamentos de 5 a 8 se referem ao cultivo a 30°C nas seguintes condições: 5- Convencionais sem peróxido de hidrogênio. 6- Convencionais com peróxido de hidrogênio. 7- Orgânicas sem peróxido de hidrogênio. 8- Orgânicas com peróxido de hidrogênio. Médias seguidas de letras diferentes apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey  $p < 0,05$ .

A figura 04 apresenta os resultados das análises dos teores de clorofilas em tomate, nesta hortaliça foi possível observar que não houve diferenças nos teores de clorofila a entre os tratamentos. Nas folhas das plântulas convencionais submetidas ao estresse térmico houve aumento nos teores de clorofila total, este resultado pode indicar uma resposta adaptativa ao estresse para estas plantas. Scafaro et al. (2012), ao estudar arroz tolerante ao calor *Oryza meridionalis* verificou que esta espécie apresentou incremento da atividade fotossintética quando exposta a temperatura elevada, sendo que essa atividade estava associada à termotolerância. Quanto as folhas das plantas oriundas de

sementes orgânicas submetidas ao estresse térmico houve redução nos níveis de clorofila *b*. Variedades ou cultivares de plantas podem apresentar respostas diferentes a tolerância ao estresse, em um estudo conduzido por Moura (2017) duas variedades de arroz, (Nagina 22 e BRS Querência) apresentaram teores de clorofilas diferentes, enquanto Nagina 22 apresentou aumento nos teores de clorofilas BRS Querência apresentou redução.

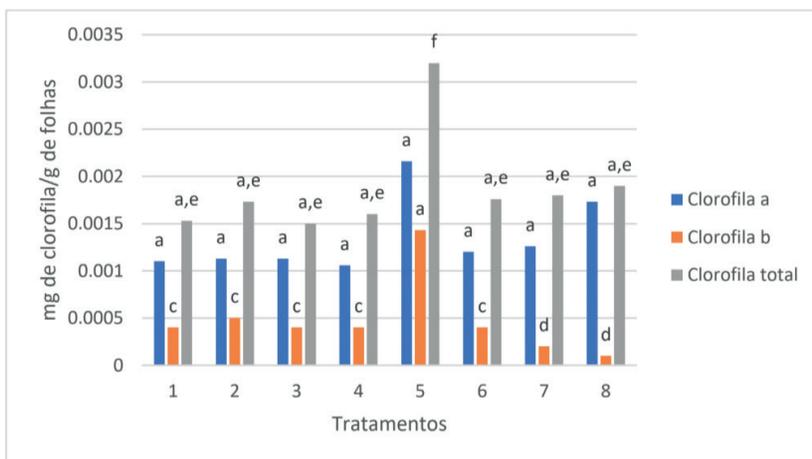


Figura 4. Teores de clorofilas de folhas de tomate no sétimo dia de cultivo. As médias não foram diferentes quando submetidas ao teste de Tukey a 5%. Tratamentos cultivados a 25°C: 1- tomate convencional sem peróxido, 2- tomate convencional com peróxido, 3 – tomate orgânica sem peróxido, 4- tomate orgânica com peróxido. Tratamentos cultivados a 30°C: 5-tomate convencional sem peróxido, 6- tomate convencional com peróxido, 7 – tomate orgânica sem peróxido, 8- tomate orgânica com peróxido.

Trabalhos que tragam informações sobre os efeitos do estresse térmico em plantas cultivadas, principalmente em hortaliças são escassos, sobretudo estudos que identifiquem os teores de clorofilas de hortaliças submetidas ao estresse térmico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As sementes de alface de origem orgânica sofreram maiores reduções na velocidade de germinação e na porcentagem de germinação quando submetidas ao estresse térmico. As raízes das plantas orgânicas e convencionais sofreram redução em seus comprimentos na condição de estresse. Não foi encontrado diferenças significativas nos teores de clorofilas.

O peróxido de hidrogênio não contribuiu para melhorar as respostas ao estresse em alface nas condições experimentais utilizadas neste estudo.

A germinação das sementes de tomate foi comprometida na condição de estresse térmico. As plântulas sofreram redução do comprimento das raízes em resposta ao

estresse. O tratamento com peróxido de hidrogênio não promoveu aumento na germinação das sementes e no crescimento das raízes.

As plântulas de origem convencional sem o pré-tratamento com peróxido de hidrogênio em temperatura de 25°C apresentaram os maiores valores no comprimento das raízes e no teor de clorofilas totais. O que pode indicar características ótimas para o desenvolvimento desta espécie.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Rita de Cássia. **Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.** Jaboticabal, 2019.

ARCANJO, Waleska et al. Atividade alelopática de caju-de-árvore-do-cerrado sobre a germinação e crescimento de alface e rabanete. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e29010110441-e29010110441, 2021.

BROETTO, Fernando et al. O estresse das plantas: teoria e prática. **Cultura Acadêmica**, São Paulo, 2017.

CABRERA, Efrén. Venâncio et al., Efecto del ácido salicílico en el control de la septoriosis y su efecto de rendimiento en dos cultivares de trigo. **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, v. 12, n. 1, 2021.

CARLETT, André Rodrigo et al. Não Conformidades Aplicadas a Produtores Orgânicos Certificados pelo TECPAR no Oeste e Sudoeste do Paraná. **Cadernos de Agroecologia**, v. 14, n. 1, 2019.

CARVALHO, Fabrício E.L. et al. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.4, p.416-423, 2011.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim Hortigranjeiro, Brasília, DF, v. 7, n. 2, fev. 2021.

DA ROSA FERREIRA, Maria Paula.; DE GREGORI, Isabel. Christine Silva. Propriedade monopolista de sementes: do bem comum à mercadoria. **Revista Direitos Fundamentais e Alteridade**, v. 4, n. 2, p. 32-47, 2021.

DIAS, João Paulo Tadeu. IMPORTÂNCIA DA ECOFISIOLOGIA VEGETAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA CULTURAS AGRÍCOLAS. **Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais Belo Horizonte 2018**, p. 9, 2018.

DÍAZ, Nelly. Resistencia sistémica adquirida mediada por el ácido salicílico. **Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA**, v. 10, n. 2, p. 257-267, 2012.

ENGEL, Vera. Lex.; POGGIANI, FÁBIO. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FERREIRA, Alfredo.Gui.; ÁQUILA, Maria Estefânia Alves. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p. 175-204. Edição especial 2000.

FORMIGHEIRI, Felix B. et al. Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 729-739, 2018.

KACHROO, Aardra; KACHROO, Pradeep. Mobile signals in systemic acquired resistance. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 58, p. 41-47, 2020.

LIMA, Clenes Cunha et al. Atividade de enzimas antioxidantes na germinação de sementes de *Dalbergia spruceana* sob diferentes temperaturas. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

LOPES, Érica Camelo Viana et al. Análise da expressão dos genes ThHsp70a, ThHsp70b e ThHsp70c de *Trichoderma harzianum* durante o micoparasitismo e estresse térmico. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde (PPG-CAPS) - Câmpus Central - Sede - Anápolis - CET, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. 2018.

LUCCHESI, Júlio Rieger et al. Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 141-149, 2018.

MOURA, Diogo da Silva. Aspectos fisiológicos e morfométricos de genótipos de arroz em resposta ao estresse térmico. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2017.

RITTER, Meridiana Canabarro et al. Efeito de extrato aquoso e metanólico de nim (*Azadiracta indica*) sobre a germinação de alface. **Multitemas**, Campo Grande, v.1, n.46, p.09, 2014.

RIBEIRO, Juliana Martins et al. Atividade alelopática do extrato aquoso das folhas de *Pseudobrickellia brasiliensis* sobre a germinação e crescimento inicial de alface e tomate. **Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas, Minas Gerais**, v. 5, n. 9, p. 1-11, 2016.

ROCHA, A. B. da. Hipersensibilidade e resistência sistêmica adquirida em feijoeiro moruna NC, induzidas pelo vírus do mosaico do feijoeiro do sul dos EUA. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. 2000.

SANTOS, Cassiano Vasconcelos dos. Qualidade fisiológica de sementes de soja sob estresse em pós-semeadura em solo seco. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-graduação em Agronomia, RS, 2021

SCAFARO, Andrew P. et al. Rubisco activity is associated with photosynthetic thermotolerance in a wild rice (*Oryza meridionalis*). **Physiologia plantarum**, v. 146, n. 1, p. 99-109, 2012.

TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013.

# EFEITO DE EXTRATOS AQUOSOS DE RUBIACEAE E FABACEAE NA ALIMENTAÇÃO E OVIPOSIÇÃO DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* L., 1758 (PLUTELLIDAE: LEPIDOPTERA)

Data de submissão: 26/12/2023

Data de aceite: 01/02/2024

### Rosicleia Matias da Silva

Universidade Federal da Grande  
Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados,  
Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-8988-1948>

### Claudemir Antonio Garcia Fioratti

Universidade Federal da Grande  
Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados,  
Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-5719-1456>

### Rosilda Mara Mussury

Universidade Federal da Grande  
Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados,  
Brasil  
<https://orcid.org/0000-0002-8961-9146>

chance de escolha. Observou-se que os extratos aquosos testados apresentaram índice de preferência inferior a 1 para oviposição, recebendo a classificação de ovipodeterrente. O índice de preferência alimentar dos extratos de *A. intermedia* e *A. subelegans* foi superior a 1, sendo classificados como fagoestimulantes, enquanto o índice de preferência alimentar dos demais tratamentos foi inferior a 1 e foram classificados como fagodeterrentes. Os extratos também reduziram viabilidade dos ovos de *P. xylostella* e a maioria dos tratamentos reduziram o consumo alimentar desse inseto-daninho. Conclui-se que os extratos estudados possuem propriedades que desencorajam a alimentação e a oviposição da *P. xylostella*, mostrando potencial como alternativas no controle desse inseto prejudicial aos cultivos de brássicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Traça das crucíferas, *Alibertia*, *Psychotria*, *Acosmium*, *Vatairea*, Deterrência.

**RESUMO:** O estudo analisou o efeito dos extratos aquosos de *Alibertia edulis*, *Alibertia intermedia*, *Alibertia sessilis*, *Psychotria deflexa*, *Psychotria leiocarpa*, *Psychotria capillacea*, *Acosmium subelegans* e *Vatairea macrocarpa* sobre o comportamento alimentar e de oviposição da *Plutella xylostella*, uma espécie altamente resistente a inseticidas e que causa danos econômicos em cultivos de brássicas. As avaliações foram feitas em testes de preferência alimentar e de oviposição com

## EFFECT OF AQUEOUS EXTRACTS OF RUBIACEAE AND FABACEAE ON FEEDING AND OVIPOSITION OF *PLUTELLA XYLOSTELLA* L., 1758 (PLUTELLIDAE: LEPIDOPTERA)

**ABSTRACT:** The study analyzed the effect of aqueous extracts of *Alibertia edulis*, *Alibertia intermedia*, *Alibertia sessilis*, *Psychotria deflexa*, *Psychotria leiocarpa*, *Psychotria capillacea*, *Acosmium subelegans* and *Vatairea macrocarpa* on the feeding and oviposition behavior of *Plutella xylostella*, a species highly resistant to insecticides and which causes economic damage to brassica crops. The assessments were made in food preference and oviposition tests with a choice. It was observed that the aqueous extracts tested showed a preference index lower than 1 for oviposition, receiving the classification of terrestrial ovipode. The food preference index of the *A. intermedia* and *A. subelegans* extracts was greater than 1, being classified as phagostimulants, while the food preference index of the other treatments was less than 1 and they were classified as phagodeterrents. The extracts also reduced the viability of *P. xylostella* eggs and most treatments reduced the food consumption of this harmful insect. It is concluded that the extracts studied have properties that discourage the feeding and oviposition of *P. xylostella*, showing potential as alternatives for controlling this insect that is harmful to brassica crops.

**KEYWORDS:** Diamondback moth, *Alibertia*, *Psychotria*, *Acosmium*, *Vatairea*, Deterrence.

### INTRODUÇÃO

A resistência de insetos aos inseticidas é um dos principais problemas enfrentados pela agricultura moderna, mais de 530 espécies de insetos já demonstraram resistência a pelo menos uma classe de composto químico, destacando-se espécies das ordens Diptera (199 espécies), Lepidoptera (97 espécies) e Coleoptera (84 espécies) (Fragoso, 2014; Aprd, 2021).

Dentre os indivíduos de importância agrícola, *Plutella xylostella* L. 1758 (Plutellidae: Lepidoptera) é considerada a espécie mais resistente a inseticidas no mundo (Whalon, 2008; Aprd, 2021), sendo detectada resistência para praticamente todos os grupos de inseticida, incluindo dicloro-difenil-tricloroetano (DDT) (Tabashnik *et al.*, 1987), organofosforados (Yu e Nguyen, 1992; Zolfaghari e Ghadamyari, 2021), piretroides (Khaliq *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2021), toxinas de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Tabashnik *et al.*, 1990, Zago *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2021) e espinosinas (Zhao *et al.*, 2002, Tamilselvan *et al.*, 2021).

A traça das crucíferas, como é conhecida popularmente, é um inseto-daninho especialista em Brassicaceae. Dependendo das condições climáticas e da época do plantio, esse inseto-daninho pode gerar prejuízos econômicos aos produtores por reduzir significativamente a produção de brássicas em diversas regiões do mundo (Zalucki *et al.*, 2012; Furlong *et al.*, 2013). Diante dessa problemática e dos efeitos adversos dos inseticidas comerciais (Rosenstock *et al.*, 1991; Castelo Branco e Amaral, 2002; Veiga *et al.*, 2006; Camilo *et al.*, 2015), surge a necessidade de métodos complementares para o controle da *P. xylostella*.

A utilização de plantas inseticidas como método de controle tem se mostrado uma saída viável quando associada a outras estratégias dentro do Manejo Integrado de Pragas (Loiseleur, 2017), pois algumas espécies botânicas são capazes de alterar os parâmetros biológicos e comportamentais dos insetos. Nos últimos anos, mais de 100 espécies botânicas foram avaliadas quanto aos seus efeitos sobre *P. xylostella* (Silva *et al.*, 2022). Esses estudos apontaram que os extratos de Rubiaceae e Fabaceae provocaram impactos significativos sobre *P. xylostella*, como deterrência na alimentação e oviposição (Egigu *et al.*, 2010; Basukriadi e Wilkins, 2014), redução na eclosão das lagartas (Silva *et al.*, 2021), deformação nas pupas e nos adultos (Peres *et al.*, 2017), redução na fecundidade e longevidade dos adultos (Peres *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020), além de provocar a mortalidade precoce e reduzir a duração larval (Silva *et al.*, 2020).

Levando em consideração as propriedades bioativas dessas famílias e a necessidade de métodos de controle adicionais para *P. xylostella*, avaliamos os efeitos dos extratos aquosos de *Alibertia edulis* (Rich.) (Rubiaceae), *Alibertia intermedia* (Mart.) (Rubiaceae), *Alibertia sessilis* (Vell.) K. Schum. (Rubiaceae), *Psychotria deflexa* DC. (Rubiaceae), *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl. (Rubiaceae), *Psychotria capillacea* (Müll. Arg.) Standl. (Rubiaceae), *Acosmium subelegans* (Mohlenbr.) Yakovlev (Fabaceae) e *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke (Fabaceae) sobre os parâmetros comportamentais de lagartas e adultos de *P. xylostella*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Inseto

Indivíduos de *P. xylostella* foram obtidos por meio de coletas ativas realizadas em hortas orgânicas na região de Dourados - Mato Grosso do Sul e transportados para o Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). As lagartas foram acondicionadas em recipientes plásticos (30 cm de comprimento x 15 cm de largura x 12 cm de altura) e alimentadas com porções de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala* DC.), previamente higienizada com hipoclorito de sódio a 5% e água corrente.

Os adultos de *P. xylostella* foram mantidos em gaiolas plásticas (9 cm de comprimento x 19 cm de largura x 19 cm de altura) e alimentados com solução de água e mel a 10%. Discos de couve orgânica e de papel filtro (8 cm de diâmetro) foram utilizados como substrato para oviposição. A manutenção da criação de *P. xylostella* foi realizada diariamente, e os insetos mantidos em condições controladas de temperatura ( $25 \pm 2$  ° C), umidade relativa ( $60 \pm 5\%$ ) e fotoperíodo (12 horas de claridade e 12 horas de escuridão).

## Material vegetal e método de extração

Folhas de Rubiaceae e Fabaceae foram coletadas no período matutino em três regiões do Mato Grosso do Sul. As plantas foram identificadas pela Dra. Zefa Valdivina Pereira e uma excisada de cada planta se encontra depositada no herbário da UFGD (Tabela 1). A autorização para coleta de material botânico foi concedida pelo Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) / Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN / MMA, número 010220 / 2015-1). As folhas coletadas foram lavadas em água corrente e secas à sombra por cinco dias e, posteriormente, foram trituradas, utilizando-se um liquidificador industrial, até a obtenção de um pó fino.

Espécie	Família	Localização	Código da excisada
<i>Alibertia intermedia</i>	Rubiaceae	Fazenda Santa Madalena <sup>1</sup>	DDMS 5408
<i>Alibertia sessilis</i>	Rubiaceae	Fazenda Santa Madalena <sup>1</sup>	DDMS 5410
<i>Alibertia edulis</i>	Rubiaceae	Fazenda Santa Madalena <sup>1</sup>	DDMS 5409
<i>Psychotria leiocarpa</i>	Rubiaceae	Mata do Azulão <sup>2</sup>	DDMS 5007
<i>Psychotria capillacea</i>	Rubiaceae	Mata do Azulão <sup>2</sup>	DDMS 5008
<i>Psychotria deflexa</i>	Rubiaceae	Mata do Azulão <sup>2</sup>	DDMS 5005
<i>Acosmium subelegans</i>	Fabaceae	Sítio Pousada das Abelhas <sup>3</sup>	DDMS 5068
<i>Vatairea macrocarpa</i>	Fabaceae	Sítio Pousada das Abelhas <sup>3</sup>	DDMS 5359

Tabela 1. Espécie botânica, família, localização de coleta e código das excisatas das espécies botânica utilizadas nos experimentos. <sup>1</sup>Dourados, coordenada 22°09'07"S e 54°59'55"O a 483m de altitude; <sup>2</sup>Dourados, coordenadas 22°12'S e 54°54'W a 430m de altitude; <sup>3</sup>Campo Grande, coordenadas 21°13'28"S, longitude de 54°11'28"W a 437m de altitude.

(Fonte: Autores, 2022).

Os extratos utilizados nos experimentos foram preparados por maceração, onde misturou-se 10g de pó vegetal a 100mL de água destilada em temperatura ambiente. Os preparados foram agitados manualmente e mantidos em repouso por 24 horas no refrigerador (8° C). Após o repouso, procedeu-se a filtragem das soluções com auxílio de papel filtro para obtenção dos extratos a 0.1 g/mL.

## Bioensaio de preferência de oviposição

Pupas de *P. xylostella* foram retiradas da criação-estoque e depositadas unitariamente em tubos de ensaio com tampa de rosca. Após a emergência dos adultos, esses foram sexados e organizados em casais. Um casal de *P. xylostella* foi inserido no interior de gaiola plástica (15 cm de diâmetro x 10 cm de altura) contendo quatro discos de couve orgânica (4 cm de diâmetro), sendo dois discos tratados com extrato aquoso e dois discos tratados com água destilada (controle), que foram dispostos de forma intercalada e equidistante.

As gaiolas foram monitoradas por dez dias, sendo contabilizado diariamente o número de ovos depositados nos discos e a quantidade de lagartas eclodidas. Os adultos foram alimentados com solução de água e mel a 10%. Cada tratamento foi composto por dez repetições e a preferência de oviposição foi calculada utilizando o índice de preferência de Kogan e Goeden (1970), sendo classificado como ovipoestimulante se o índice for maior que 1, neutro se for igual a 1, e como ovipodeterrente se o índice for menor que 1, através da fórmula:  $IP = 2A / (M + A)$ , onde: A = número de ovos nos discos tratados com extrato; M = número de ovos nos discos tratados com água destilada.

## Bioensaio de preferência alimentar

Lagartas de terceiro instar de *P. xylostella* foram mantidas em jejum por 12 horas para o bioensaio de preferência alimentar com chance de escolha. Posteriormente, essas lagartas foram transferidas para placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo quatro discos de couve orgânica, sendo dois discos tratados com extrato e dois discos tratados com água destilada (controle), que foram dispostos de forma intercalada e equidistante. Após 24 horas, os discos foram escaneados e a área consumida foi mensurada por meio do *software* ImageJ. Também foi avaliado a quantidade de indivíduos que permaneceram na fase larval, bem como a quantidade de lagartas que sofreram morte precoce e que atingiram a fase pupal.

Cada tratamento foi composto por 10 repetições com 5 subamostra, totalizando 50 placas por tratamento. A preferência alimentar foi calculada utilizando o índice de preferência de Kogan e Goeden (1970), sendo classificado fagoestimulante se o índice for maior que 1, neutro se for igual a 1, e fagodeterrente se menor que 1, através da fórmula:  $IP = 2A / (M + A)$ , onde: A = área consumida nos discos tratados com extrato; M = área consumida nos discos tratados com água destilada.

## Análise estatística

Os bioensaios foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo a normalidade e homogeneidade dos dados testadas por meio de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Os dados que não atenderam aos pressupostos foram transformados para  $\sqrt{x} + 0.5$  ou arcoseno da  $\sqrt{x}/100$ . Após cumpridos os pressupostos, os dados de consumo alimentar foram submetidos ao teste t de Student ( $p < 0.05$ ), enquanto os índices de preferência e a viabilidade dos ovos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e sendo constatado significância entre os tratamentos, aplicou-se teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade) com auxílio do *software* R (R Core Team 2020).

## RESULTADOS

### Oviposição

Observou-se que as fêmeas de *P. xylostella* durante o período experimental depositaram mais ovos nos discos tratados com água destiladas do que nos discos tratados com extrato, exceto para *P. deflexa*, que a partir do oitavo dia de observação apresentaram maior quantidade de ovos nos discos tratados com extrato (Figura 1). Todos os índices de preferência ficaram abaixo de 1, indicando que os extratos estudados são deterrentes para oviposição ( $F= 3,74$ ;  $p= 0,001$ ;  $CV= 49,1\%$ ).

O menor índice foi observado no tratamento com extrato aquoso de *A. sessilis*, enquanto o maior índice foi observado no tratamento com *P. leiocarpa* (Tabela 2). O extrato aquoso de *A. sessilis* também demonstrou a menor porcentagem de viabilidade dos ovos, enquanto os extratos de *P. leiocarpa* e *A. subelegans* apresentaram a maior taxa de eclosão das lagartas de *P. xylostella* ( $F= 2,54$ ;  $p= 0,023$ ;  $CV= 28\%$ ) (Tabela 2).

### Alimentação

Os discos de couve tratados com extratos apresentaram o menor consumo foliar em relação ao controle, com exceção de *A. subelegans*. Porém, observou-se diferença significativa apenas nos tratamentos com extrato aquoso de *P. capillacea* ( $t= 2,41$ ;  $p= 0,03$ ), *P. deflexa* ( $t= 2,13$ ;  $p= 0,05$ ) e *A. sessilis* ( $t= 2,20$ ;  $p= 0,05$ ), enquanto o consumo foliar encontrado no extrato de *P. leiocarpa* ( $t= 1,03$ ;  $p= 0,32$ ), *A. edulis* ( $t= 1,30$ ;  $p= 0,21$ ), *A. intermedia* ( $t= 0,22$ ;  $p= 0,82$ ), *V. macrocarpa* ( $t= 1,77$ ;  $p= 0,10$ ) e *A. subelegans* ( $t= 1,14$ ;  $p= 0,27$ ) não diferiram estatisticamente do controle (Figura 2).

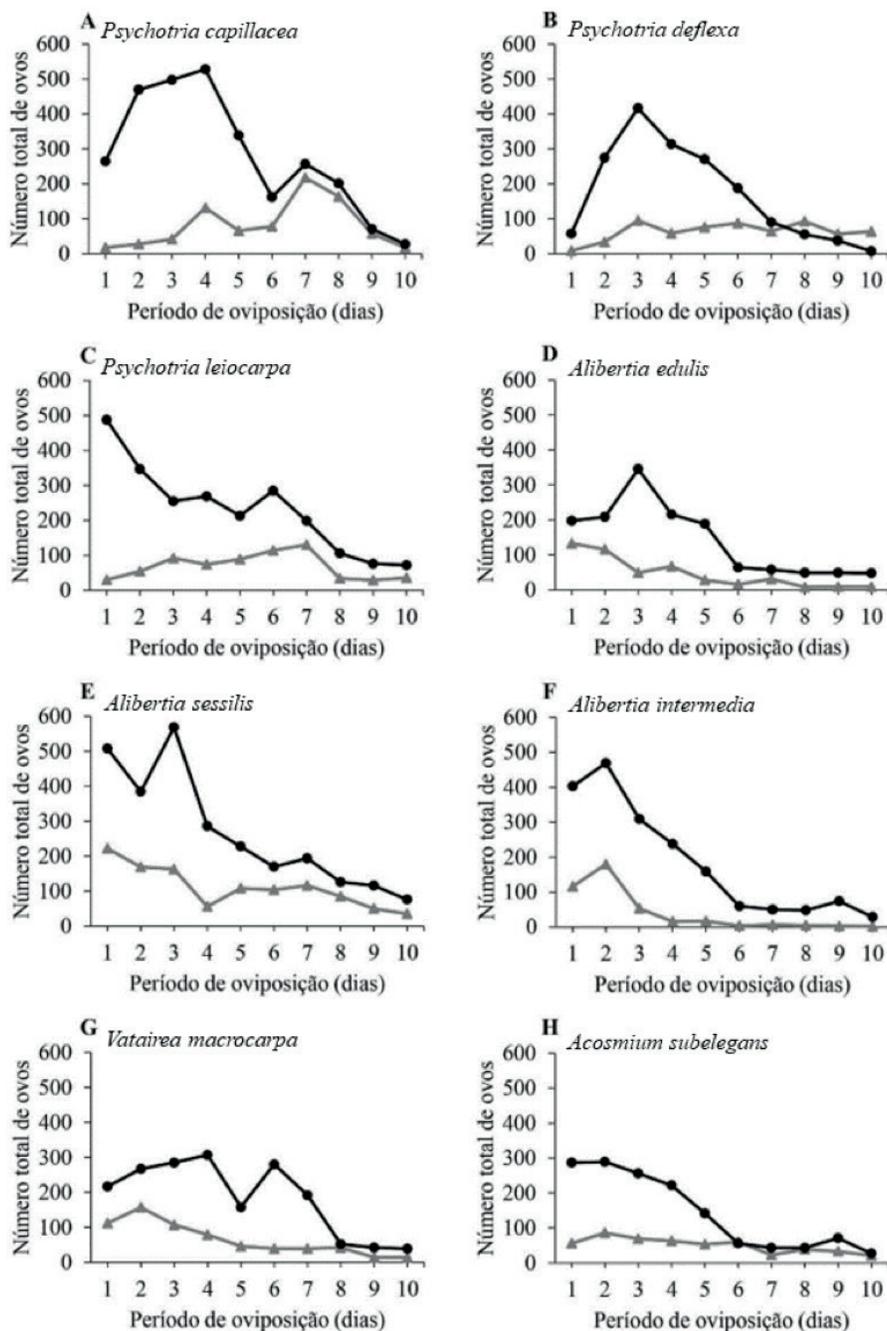


Figura 1. Número total de ovos depositados por fêmeas de *Plutella xylostella* durante 10 dias de observação em bioensaio com chance de escolha do substrato para oviposição, sendo (●) água destilada e (▲) extrato aquoso.

(Fonte: Autores, 2022).

Tratamento	Índice de Preferência	Viabilidade (%)
<i>Psychotria capillacea</i>	0,53 ± 0,07ab	60,8 ± 4,37ab
<i>Psychotria deflexa</i>	0,56 ± 0,06ab	63,7 ± 6,91ab
<i>Psychotria leiocarpa</i>	0,65 ± 0,10ab	71,4 ± 3,04a
<i>Alibertia edulis</i>	0,82 ± 0,04a	53,7 ± 7,29ab
<i>Alibertia sessilis</i>	0,34 ± 0,09b	39,9 ± 3,47b
<i>Alibertia intermedia</i>	0,44 ± 0,06b	45,7 ± 9,23ab
<i>Vatairea macrocarpa</i>	0,50 ± 0,08ab	66,8 ± 7,87ab
<i>Acosmium subelegans</i>	0,48 ± 0,07b	70,1 ± 6,71a

Tabela 2. Índice de preferência para oviposição e viabilidade dos ovos (média ± EP) de *P. xylostella* obtidos pelo bioensaio, com chance de escolha, utilizando água destilada e extratos aquoso de Rubiaceae e Fabaceae. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

(Fonte: Autores, 2022).

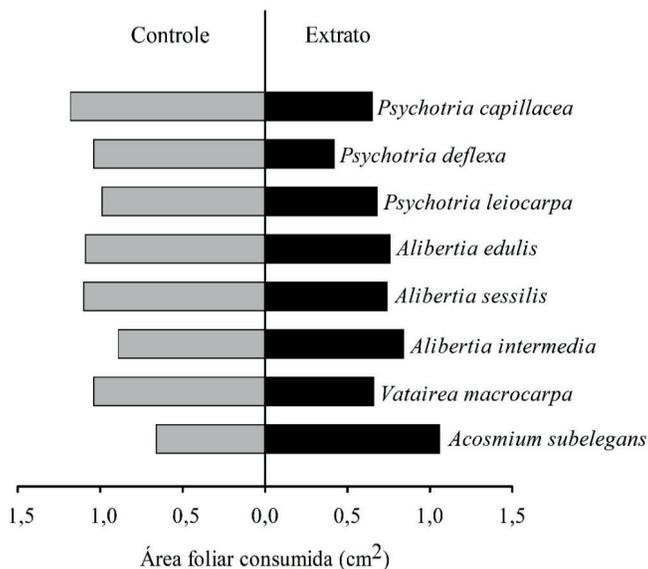


Figura 2. Consumo alimentar de lagartas de terceiro instar de *Plutella xylostella* obtido no bioensaio com chance de escolha de alimentação.

(Fonte: Autores, 2022).

O extrato aquoso de *A. subelegans* e *A. intermedia* apresentaram índice de preferência alimentar superior a 1, indicando que essas espécies estimularam a alimentação das lagartas de *P. xylostella*, por isso são classificadas como fagoestimulante. Por outro lado, o índice de preferência alimentar dos tratamentos com *P. capillacea*, *P. deflexa*, *P. leiocarpa*, *A. edulis*, *A. sessilis* e *V. macrocarpa* foram inferiores a 1, indicando que essas espécies são fagodeterrente, ou seja, inibiram a alimentação das lagartas de *P. xylostella* (Tabela 3).

*Psychotria deflexa* apresentou o menor índice de preferência alimentar, enquanto o maior índice foi apresentado pelo extrato de *A. subelegans*, porém não foi observado diferença estatística entre as espécies estudadas ( $F= 1,08$ ;  $p= 0,39$ ) (Tabela 3). Foi observado a presença de indivíduos em período pupal e mortos ao final do experimento, principalmente nos tratamentos com *P. deflexa* e *V. macrocarpa* (Figura 3).

Tratamento	Índice de Preferência	Classificação
<i>Psychotria capillacea</i>	0,67 ± 0,20a	Fagodeterrente
<i>Psychotria deflexa</i>	0,59 ± 0,26a	Fagodeterrente
<i>Psychotria leiocarpa</i>	0,86 ± 0,23a	Fagodeterrente
<i>Alibertia edulis</i>	0,88 ± 0,23a	Fagodeterrente
<i>Alibertia sessilis</i>	0,69 ± 0,15a	Fagodeterrente
<i>Alibertia intermedia</i>	1,08 ± 0,13a	Fagoestimulante
<i>Vatairea macrocarpa</i>	0,66 ± 0,17a	Fagodeterrente
<i>Acosmium subelegans</i>	1,19 ± 0,23a	Fagoestimulante

Tabela 3. Índice de preferência alimentar e classificação (média ± EP) obtido pelo bioensaio com chance de escolha utilizando água destilada e extratos aquoso de Rubiaceae e Fabaceae. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

(Fonte: Autores, 2022).

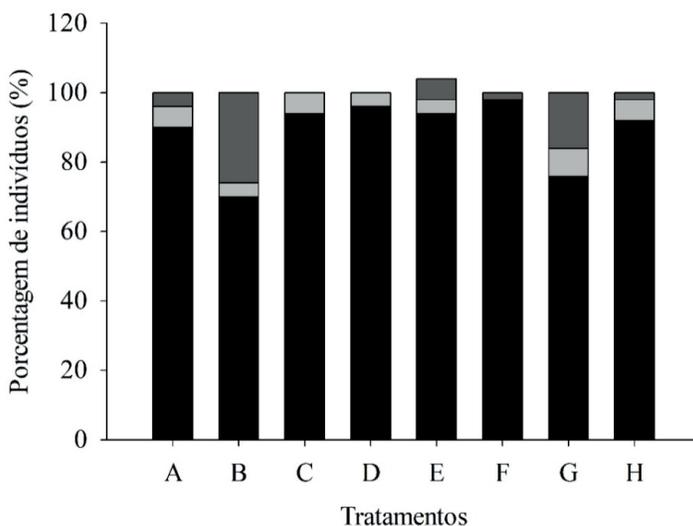


Figura 3. Porcentagem de indivíduos em período larval (■), pupas (■) e mortos (■) após o bioensaio com chance de escolha para alimentação. A) *Psychotria capillacea*; B) *Psychotria deflexa*; C) *Psychotria leiocarpa*; D) *Alibertia edulis*; E) *Alibertia sessilis*; F) *Alibertia intermedia*; G) *Vatairea macrocarpa*; H) *Acosmium subelegans*.

(Fonte: Autores, 2022).

## DISCUSSÃO

As espécies de Rubiaceae e Fabaceae utilizadas neste experimento apresentaram resultados satisfatórios ao modificar o comportamento das lagartas e dos adultos de *P. xylostella*. A maioria das espécies provocou deterrência alimentar e de oviposição, além de reduzir o consumo foliar e a viabilidade dos ovos. É importante destacar que este é o primeiro estudo investigativo dos gêneros *Psychotria*, *Alibertia*, *Vatairea* e *Acosmium* em relação à preferência alimentar e de oviposição em lepidópteros.

Em estudos anteriores, observou-se que o extrato metanólico de *Cordeauxia edulis* Hemsl. (Fabaceae) e de *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville (Rubiaceae) geraram resultados semelhantes no comportamento de *P. xylostella* (Egigu *et al.*, 2010; Fonseca *et al.*, 2018). No entanto, os extratos das folhas e cascas de *S. adstringens*, em concentrações inferiores a 1,5 mg·ml<sup>-1</sup>, estimularam o consumo alimentar desse inseto-daninho (Fonseca *et al.*, 2018). Os autores sugerem que tais resultados decorrem da presença de terpenos, alcaloides e compostos fenólicos nas folhas de *C. edulis* (Egigu *et al.*, 2010), assim como da presença de flavonoides, terpenos, alcaloides, saponinas, esteroides e taninos nas folhas e caules de *S. adstringens* (Fonseca *et al.*, 2018).

Basukriadi e Wilkins (2014) constataram que o extrato das sementes de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (Fabaceae) também impediu a oviposição de fêmeas de *P. xylostella* nas folhas de repolho tratadas com extrato. Nesse caso, os autores afirmam que a presença de rotenona nas sementes de *P. erosus* pode ter contribuído para esse resultado.

Conforme indicado pela literatura, algumas espécies de Rubiaceae e Fabaceae mostraram efeito deterrente sobre outras espécies de insetos. Por exemplo, o extrato aquoso das folhas e ramos de *Ateleia glazioviana* Baill (Fabaceae) foi testado na preferência alimentar de *Ascia monuste orseis* (Latreille, 1819) (Lepidoptera: Pieridae) (Ribeiro *et al.*, 2016), o óleo essencial de *Gardenia jasminoides* J. Ellis (Rubiaceae) na oviposição de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Wagan *et al.*, 2018) e os extratos aquosos das folhas e caules de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae), *Coussarea hydrangeifolia* (Benth.) Müll. Arg. (Rubiaceae), *Guettarda angelica* Mart. ex Müll. Arg. (Rubiaceae) e *Rudgea viburnoides* (Cham.) Benth. (Rubiaceae) na alimentação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) (Costa, 2015).

As substâncias bioativas presentes nos extratos atuam de diversas maneiras na alimentação dos insetos. Ao entrarem em contato com essas substâncias, os indivíduos podem: 1) evitar o alimento devido ao odor liberado pelo extrato; 2) se alimentar e morrer precocemente; 3) realizar a mordida teste e se afastar-se logo em seguida; 4) ou sofrer o efeito *knock-down*, onde as lagartas, após a mordida teste, permanecem imóveis por um período de tempo antes de continuar a consumir o alimento contaminado (Menezes, 2005; Lima *et al.*, 2009; Peres *et al.*, 2017; Fonseca *et al.*, 2018).

Devido à área foliar consumida nos discos com extrato, juntamente com a presença de indivíduos mortos ao término do experimento, especulamos que as lagartas de *P. xylostella* realizaram a mordida teste, continuaram a alimentação e morreram prematuramente. Porém, torna-se necessário investigar se houve o efeito *knock-down* antes da morte das lagartas.

Os resultados do presente trabalho evidenciaram uma redução significativa na viabilidade dos ovos depositados em superfícies contaminadas com os extratos. Conforme Mansfield *et al.* (1992), a composição química e a morfologia dos ovos podem interagir com algumas das substâncias bioativas dos extratos, resultando na inibição da eclosão das lagartas. Silva *et al.* (2021), também observaram que extratos aquoso das folhas de *P. deflexa*, *P. capillacea* e *P. leiocarpa* reduziram a viabilidade dos ovos de *P. xylostella* no teste de toxicidade por contato.

Sendo assim, incluímos as espécies estudadas à lista de plantas com atividade ovipodeterrente e fagodeterrente, com exceção de *A. intermedia* e *A. subelegans* que não demonstraram propriedades deterrentes para a alimentação de *P. xylostella*. Ressaltamos que os resultados foram obtidos em condições controladas de laboratório. Portanto, além de determinar os compostos bioativos presentes nos extratos, também é necessário realizar teste adicionais para compreender melhor o mecanismo de ação dos extratos sobre a oviposição e alimentação da *P. xylostella*.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Interação Inseto-Planta da Universidade Federal da Grande Dourados pelo apoio logístico, ao Conselho Nacional de Aperfeiçoamento da Educação Superior-Brasil (CAPES) pela bolsa de estudo da primeira autora e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) pelo recurso disponibilizado pelo processo nº 71 / 711.130 / 2018.

## REFERÊNCIAS

APRD - ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE. 2021. Disponível em: <https://www.pesticideresistance.org/search.php>. Acesso em: 28 set. 2021.

BASUKRIADI, A.; WILKINS, R. M. Oviposition deterrent activities of *Pachyrhizus erosus* seed extract and other natural products on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 244, p. 1-6, 2014. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu106>.

CAMILO, S. S.; SOARES, M. A.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, G. L. D.; PIRES, E. M.; CRUZ, M. C. M. Plantas hospedeiras de *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) afetam o desenvolvimento do parasitoide *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 159-166, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100015>.

- CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P. S. T. Inseticidas para controle da traça-das-crucíferas: como os agricultores os utilizam no Distrito Federal? **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 3, p. 410–415, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000300002>.
- COSTA, D. C. M. Toxicidade de extratos botânicos de fabácea e rubiácea para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). 2015. 74 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- EGIGU, M. C.; IBRAHUM, M. A.; YAHUA, A.; HOLOPAINEN, J. K. Yeheb (*Cordeauxia edulis*) extract deters feeding and oviposition of *Plutella xylostella* and attracts its natural enemy. **BioControl**, v. 55, n. 5, p. 613–624, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10526-010-9287-9>.
- FERREIRA, E. A.; SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 11, n. 9, p. 1–14, 2020. <https://doi.org/10.3390/insects11090596>.
- FONSECA, J.; COUTO, I. F. S.; SILVA, R. M.; FIORATTI, C. A. G.; PEREIRA, F. F.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Efeito de extratos metanólicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville na alimentação e reprodução de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Interciencia**, v. 43, n. 3, p. 182–187, 2018.
- FRAGOSO, D. B. Duro de matar: os superinsetos resistentes a inseticidas da agricultura!. **Informativo técnico: Fronteira agrícola**, n. 5, p. 1-2, 2014.
- FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, n. 1, p. 517–541, 2013. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153605>.
- LIU, X.; NING, Y.; WANG, H.; WANG, K. Cross-resistance, mode of inheritance, synergism, and fitness effects of cyantraniliprole resistance in *Plutella xylostella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 157, n. 3, p. 271–278, 2015. <https://doi.org/10.1111/eea.12361>.
- LOISELEUR, O. Natural products in the discovery of agrochemicals. **CHIMIA International Journal for Chemistry**, v. 71, n. 12, p. 810-822, 2017. <https://doi.org/10.2533/chimia.2017.810>.
- KHALIQ, A.; ATTIQUE, M. N. R.; SAYYED, A. H. Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. **Bulletin of Entomological Research**, v. 97, n. 02, p. 191-200, 2007. <https://doi.org/10.1017/s0007485307004877>.
- KOGAN, M.; GOEDEN, R. D. The Host-Plant Range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 63, n. 4, p. 1175–1180, 1970. <https://doi.org/10.1093/aesa/63.4.1175>.
- LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; MELO, B. A.; RODRIGUES, V. G.; GUIMARÃES, P. L. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-docartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 377-382, 2009.
- MANSFIELD, L. S.; GAMBLE, H. R.; FETTERER, R. H. Characterization of the eggshell of *Haemonchus Contortus*—I. Structural components. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 103, n. 3, p. 681–686, 1992. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(92\)90390-d](https://doi.org/10.1016/0305-0491(92)90390-d).

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola.** Embrapa Agrobiologia, 58 p. (Documentos, 205), 2005.

PERES, L. L. S.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F. S.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; VERZA, S. S.; MUSSURY, R. M. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 125, p. 2–13, 2017. <https://doi.org/10.3390/insects8040125>.

RIBEIRO, L. P.; BIERMANN, A. C. S.; DORNELES, M. P.; VENDRAMIM, J. D. Ação de inseticidas botânicos sobre o curuquerê-da-couve. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, n. 2, p. 84-89, 2016.

ROSENSTOCK, L.; KEIFER, M.; DANIELL, W. E.; MCCONNELL, R.; CLAYPOOLE, K. Chronic central nervous system effects of acute organophosphate pesticide intoxication. **The Lancet**, v. 338, n. 8761, p. 223–227, 1991. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)90356-T](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)90356-T).

SILVA, R. M. Bioatividade de extratos botânicos sobre *Plutella xylostella* L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae). 2022. 133 f. Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2022.

SILVA, R. M.; FIORATTI, C. A. G.; FACA, E. C.; MUSSURY, R. M. Aqueous extracts of *Psychotria* sp. interfere with the biology of *Plutella xylostella*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21474>.

SILVA, R. M.; SANTOS, L. P.; SILVA, G. B.; MIRANDA, L. O.; FIORATTI, C. A. G.; SCALON, S. P. Q.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. *Alibertia* spp. (Rubiaceae) extracts interfere with the development and reproduction of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 4, p. 351-360, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00517-3>.

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; JOHNSON, M. W. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation and cross-resistance. **Journal of Economic Entomology**, v. 80, n. 6, p. 1091–1099, 1987. <https://doi.org/10.1093/jee/80.6.1091>.

TABASHNIK, B. E.; CUSHING, N. L.; FINSON, N.; JOHNSON, M. W. Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 5, p. 1671-1676, 1990. <https://doi.org/10.1093/jee/83.5.1671>.

TAMILSELVAN, R.; KENNEDY, J. S.; SUGANTHI, A. Monitoring the resistance and baseline susceptibility of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) against spinetoram in Tamil Nadu, India. **Crop Protection**, v. 142, p. 1-30, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105491>.

VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 11, p. 2391–2399, 2006. <https://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2006001100013>.

ZAGO, H. B.; SIQUEIRA, H. Á.; PEREIRA, E. J.; PICANÇO, M. C.; BARROS, R. Resistance and behavioural response of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations to *Bacillus thuringiensis* formulations. **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 488–495, 2013. <https://doi.org/10.1002/ps.3600>.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1115–1129, 2012. <https://doi.org/10.1603/ec12107>.

ZHAO, J. Z.; LI, Y. X.; COLLINS, H. L.; GUSUKUMA-MINUTO, L. MAU, R. F.; THOMPSON, G. D.; SHELTO, A. M. Monitoring and characterization of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to spinosad. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 2, p. 430-436, 2002. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.2.430>.

ZOLFAGHARI, M.; GHADAMYARI, M. Mode of inheritance of chlorpyrifos resistance in diamondback moth. **International Journal of Pest Management**, p. 1–8, 2021. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1871531>.

WAGAN, T. A.; CAI, W.; HUA, H. Repellency, toxicity, and anti-oviposition of essential oil of *Gardenia jasminoides* and its four major chemical components against whiteflies and mites. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27366-5>.

WANG, J.; ZHENG, X.; YUAN, J.; WANG, S.; XU, B.; WANG, S.; ZHANG, Y.; WU, Q. Insecticide resistance monitoring of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) populations in China. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 3, p. 1282–1290, 2021. <https://doi.org/10.1093/jee/toab027>.

WHALON, M. E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. M. Analysis of global pesticide resistance in arthropods. In: WHALON, M.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. (Orgs.), **Global Pesticide Resistance in Arthropods**. CAB International. p. 5–31. 2008

YU, S. J.; NGUYEN, S. N. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the diamondback moth. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 44, n. 1, p. 74–81, 1992. [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(92\)90011-n](https://doi.org/10.1016/0048-3575(92)90011-n).

# ESPECIES DE PECES COLECTADAS EN LA PESCA INCIDENTAL DE SARDINAS (CLUPEIDAE) EN LAS BARRANCAS, ALVARADO, VERACRUZ, MÉXICO

*Data de submissão: 20/12/2023*

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Rafael Chávez-López**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala,  
Universidad Nacional Autónoma de  
México, Tlalnepanitla de Baz, Estado de  
México, México  
Orcid 0000 0002 0936 7365

### **Ángel Morán-Silva**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala,  
Universidad Nacional Autónoma de  
México, Tlalnepanitla de Baz, Estado de  
México, México  
Orcid 0000-0002-7545-2269

### **Jesús Montoya-Mendoza**

Instituto Tecnológico de Boca del  
Río, Tecnológico Nacional de México,  
Veracruz, México  
Orcid 0000-0002-0667-0043

### **Sergio Cházaro-Olvera**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala,  
Universidad Nacional Autónoma de  
México, Tlalnepanitla de Baz, Estado de  
México, México  
Orcid 0000-0002-0667-0043

### **César Meiners-Mandujano**

Instituto de Ciencias Marinas y  
Pesquerías, Universidad Veracruzana,  
Veracruz, México  
Orcid 0000-0003-0729-6820

**RESUMEN:** A partir de la actualización de la biodiversidad de especies de peces capturadas incidentalmente en la pesca artesanal de sardinas en la localidad de Las Barrancas, Veracruz, México, se encontró que esta pesquería representa un proceso social que retrata la situación de las comunidades humanas que dependen de recursos pesqueros costeros.

La información biológica y ecológica se obtuvo mediante una investigación bibliográfica estructurada, describiendo los métodos de muestreo empleados desde 1999 a 2012, se definieron las especies y familias más importantes usando la frecuencia de colecta y abundancia, agregando información sobre tallas, pesos y madurez gonádica. El inventario de especies se comparó con el inventario del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. También se indagó el proceso de la pesca y la información socioeconómica de la comunidad.

Esta pesquería se basa en *Sardinella aurita*, *Harengula clupeola*, *Harengula jaguana* y *Opisthonema oglinum*, que se consumen como carnada y en fresco. Se registraron 119 especies de peces, de dos clases, 13 órdenes, 49 familias y 92 géneros; las familias más numerosas fueron Carangidae

(19 especies) y Sciaenidae (11 especies). Las especies más importantes fueron *Eucinostomus melanopterus*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Caranx crysos*, *Oligoplites saurus* y *Diapterus auratus*. Solo 13 especies no han sido reportadas en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano.

La comunidad que depende de esta pesquería es un grupo socioeconómicamente marginado, con poco acceso a servicios básicos, de escolaridad baja, sujeto a la disponibilidad de la pesca; cambios recientes en la abundancia de los recursos les obliga a utilizar a los peces de la pesca incidental para autoconsumo, recientemente los patios de pesca de Las Barrancas se han reducido por el aumento del nivel del mar, lo que a mediano plazo puede disminuir el uso de estos recursos que se conocen parcialmente y por esta razón no están regulados.

**PALABRAS-CLAVE:** Pesquería artesanal, biodiversidad, Golfo de México

## FISH SPECIES COLLECTED IN THE BYCATCH OF SARDINES (CLUPEIDAE) IN LAS BARRANCAS, ALVARADO, VERACRUZ, MEXICO

**ABSTRACT:** Based on the update of the biodiversity of fish species caught incidentally in artisanal sardine fishing in the town of Las Barrancas, Veracruz, Mexico, it was found that this fishery represents a social process that portrays the situation of human communities that depend on coastal fishery resources. Biological and ecological information was obtained from structured bibliographic inquiry, describing the sampling methods used from 1999 to 2012, defining the most important species and families using frequency in the samples and abundance, were added information on specific sizes, weights, and gonadic maturity. The inventory of fish species was compared to the Veracruz Reef System National Park fish species inventory. The fishing process and the socio-economic information of the community were also inquired. This fishery is based on *Sardinella aurita*, *Harengula clupeiola*, *Harengula jaguana*, and *Opisthonema oglinum*, which are consumed fresh and bait mainly. A total of 119 species of fish were recorded, of two classes, 13 orders, 49 families and 92 genera; the most numerous families were Carangidae (19 species) and Sciaenidae (11 species). The most important species were *Eucinostomus melanopterus*, *Chloroscombrus chrysurus*, *Caranx crysos*, *Oligoplites saurus*, and *Diapterus auratus*. Only 13 species have not been reported in the Veracruz Reef System National Park fish inventory.

The community that depends on this fishery is classified as a socio-economically marginalized group, with little access to basic services, low education level, subject to the availability of fishery resources and fluctuating marketing prices; changes in the abundance of fishing force them to use the bycatch fish mainly for self-consumption, in recent times the fishing yards of Las Barrancas have been reduced by the sea level rise, which in the medium term may diminish the use of these resources that until now are partially known and for this reason are not regulated.

**KEYWORDS:** Artisanal fishery, biodiversity, Gulf of Mexico

## INTRODUCCIÓN

La pesca es una de las principales actividades alimentarias en todo el mundo, actualmente los procesos que derivan de la pesca y la acuicultura están cubiertos por una gran cantidad de tecnología que se ha ido perfeccionando a lo largo de los años, lo que

ha permitido que la extracción de los recursos pesqueros sea cada vez más eficiente en términos comerciales, pero no sucede así cuando se trata de establecer la sustentabilidad de esta actividad.

Se definen dos tipos de pesquerías: las de tipo comercial o de mayor escala y las de tipo artesanal. La pesca de sardinas de la familia Clupeidae en la costa central del Golfo de México es una pesquería de tipo artesanal que se realiza cerca del puerto o lugar de residencia de las comunidades de pescadores, con estancias cortas de trabajo en el mar y en embarcaciones de tamaño pequeño, con baja tecnología para la navegación y para la captura de los recursos, por estas cualidades también se le denomina de pequeña escala. En muchos países la actividad pesquera artesanal se realiza principalmente para el autoconsumo de las familias y de las comunidades asentadas en las cercanías de las costas, cuando los volúmenes de captura lo permiten fomentan el comercio interno entre las comunidades vecinas.

Aunque la pesca comercial genera volúmenes de captura importantes, se considera que las diferentes modalidades de la pesca artesanal representan el 90% de la captura mundial (Oestreich et al. 2019), es una fuente de trabajo para millones de personas en la que participan activamente las mujeres y respecto a los peces, este grupo animal contribuye al 50% de la captura en el mundo, FAO (2004) reportó que al menos 135 millones de personas estaban involucradas en las pesquerías artesanales dulceacuícolas y marinas del mundo.

La pesca artesanal costera siempre ha estado relegada a un papel socio-económico marginal, en los tiempos actuales el estado de las poblaciones de peces y otros recursos marinos se ha debilitado enormemente por la sobrepesca, especialmente por la pesca industrial y por la degradación ambiental provocado por las actividades humanas tanto en el continente como en la zona costera, la suma de estos elementos poco se ha descrito para las diferentes pesquerías artesanales del mundo (Van Dicks et al. 2014) incluido nuestro país, estos autores señalan que las presiones ambientales que generan las pesquerías artesanales tropicales son más intensas y están menos reguladas que en otras zonas del mundo.

La pesca costera o ribereña mexicana se divide en cuatro grupos principales: equinodermos, moluscos, crustáceos y peces, estos últimos como recurso se denominan “escama ribereña”, aquí es donde la pesca de sardinas contribuye con el 70% de la biomasa extraída en la región (INAPESCA 2001), desde hace algunos años la desatención hacia este recurso multi-específico se ha incrementado a grado tal que en el Anuario Estadístico de Pesca más reciente (CONAPESCA 2021) ya no se presentan registros sobre la extracción de estos recursos.

Esta contribución tiene como objetivos describir la composición de especies de peces atrapadas incidentalmente en la pesquería de sardinas de la familia Clupeidae en la localidad de las Barrancas, Municipio de Alvarado, Veracruz, México, además de aportar información sobre aspectos sociales y económicos de esta pesquería.

## MÉTODOS

La zona de estudio (Fig. 1) se encuentra ubicada en la planicie costera del área central del estado de Veracruz, al sur del Sistema Arrecifal Veracruzano, entre la ubicación geográfica  $18^{\circ} 59' 32.38''$  N y  $95^{\circ} 57' 51.73''$  O.

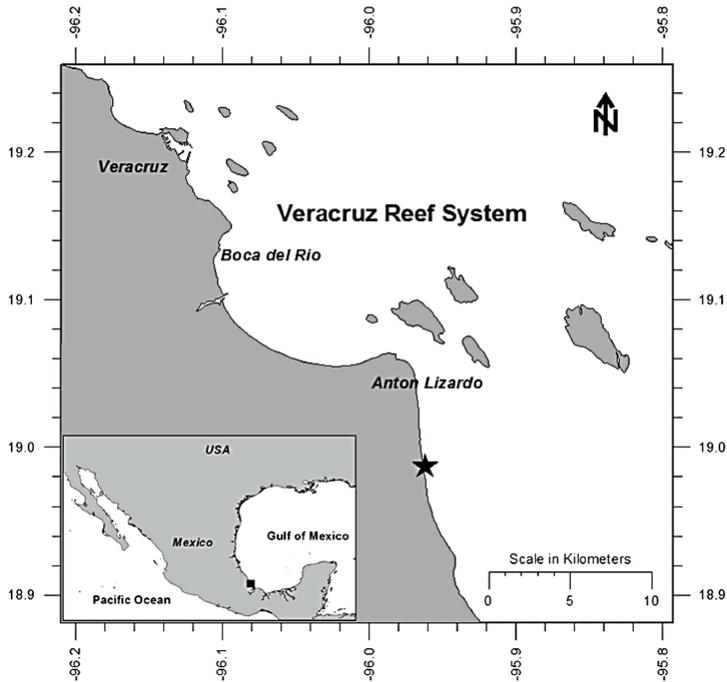


Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de muestreo en la localidad de Las Barrancas (.), municipio de Alvarado, Veracruz, en el Golfo de México.

El clima es de tipo Aw2(1) cálido subhúmedo, con precipitaciones en verano que varían de 1100 a 2000 mm, con promedio de temperatura media anual de  $26.0^{\circ}$  C y la media del mes más frío alrededor de los  $18.1^{\circ}$  C, con oscilaciones entre  $5$  y  $7^{\circ}$  C (García 2004).

Por su ubicación geográfica en el Golfo de México, la zona central de Veracruz presenta tres temporadas climáticas bien definidas. La temporada conocida como “nortes” se presenta durante el invierno en los meses de octubre-febrero, durante los cuales se forman frentes fríos producidos por los vientos boreales. Los frentes fríos generan vientos intensos (hasta 33 m/s) y descensos de la temperatura que al encontrarse con las masas de aire cálido y húmedo forman nubes que pueden provocar lluvias invernales escasas.

La temporada de “lluvias” se presenta durante el verano-otoño, entre los meses de junio-octubre, las precipitaciones máximas ocurren en septiembre, en esta temporada el

Golfo de México es influido por tormentas tropicales que pueden evolucionar en huracanes que sucede con mayor frecuencia entre junio a noviembre; finalmente la temporada de “secas” se presenta durante la primavera, de marzo a mayo, abril es el mes más seco, de mayor temperatura y evaporación más intensa (Salas-Pérez y Granados-Barba 2008).

La colecta de organismos se hizo durante actividades de la pesca ribereña de sardinas en la zona de Las Barrancas, donde la captura se realiza con chinchorros playeros de medidas aproximadas a los 750 m de relinga superior por 4 m de caída, los tramos laterales de la red son de monofilamento con luz de malla de 4” y en la parte central con un copo de hilo alquitranado con una luz de malla de 5/8”.

El tipo de muestreo fue por oportunidad, esto es, se asistió al patio de pesca de la localidad, si el patrón del equipo consideraba que había pesca, se comenzaba la faena que no tiene una hora definida para iniciar, en general fueron diurnas y antes del mediodía.

Se siguieron estos esquemas de trabajo de campo; entre septiembre 1997 y septiembre 1998 se realizaron 8 muestreos, del total de organismos capturados se tomó una muestra al azar de aproximadamente el 25% de los organismos por cada especie con la intención de representar todas las tallas capturadas (Bautista-Hernández et al. 2001). La siguiente campaña ocurrió en el periodo comprendido entre los meses de agosto 2003 a agosto de 2004 (Aguilar-Téllez 2004), en la misma zona y con artes de pesca similares; el tercer período de colectas se hizo entre septiembre de 2009 y octubre de 2012, realizando 16 colectas, en este caso, si la captura obtenida con el chinchorro superaba los 60 Kg de peso aproximados, se realizó un submuestreo aleatorizado simple, se estimó la biomasa de la captura que quedó fuera del submuestreo para inferir indirectamente el peso total de la captura. Cuando la captura total no excedió los 60 Kg de peso, todos los organismos fueron colectados (Aguilar-Chacón 2015). En las tres campañas los peces fueron lavados, fijados y preservados mediante procedimientos convencionales.

Las especies de peces identificadas en Bautista et al. (2001) y Aguilar-Téllez (2005) con literatura especializada fundamental como Castro-Aguirre (1978), Fischer (1978), Hoese y Moore (1977), Castro-Aguirre et al. (1999), para los organismos colectados de 2009 a 2012 ya se utilizaron los catálogos de peces disponibles en línea de Eschmeyer (2013, ahora en Fricke et al. 2023), Froese y Pauly (2013), (<http://www.fishbase.org/>) y Carpenter (2002), (<http://www.fao.org/fishery/es>) (Aguilar-Chacón 2015); se actualizó la validez de los nombres científicos y la autoridad nomenclatorial de cada especie con la información de FishBase (Froese y Pauli 2023), esta fuente también se siguió como pauta para presentar el arreglo sistemático del elenco de especies, el arreglo de las familias se basó en Van der Laan et al. (2023) y Fricke et al. (2023); las especies de cada familia se acomodaron en orden alfabético.

Se comparó la composición de especies de peces incidentales de Las Barrancas respecto a la composición de especies del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), esto se hizo usando los listados de especies publicados por Del Moral et al. (2013), Robertson et al. (2019) y Del Moral et al. (2020).

El Valor de Importancia (VI) (Torruco et al. 2018) se estimó a partir de la suma de los valores relativos mensuales por especie de Abundancia relativa, Biomasa relativa y frecuencia relativa, este método se usó solo para la información provista por Hernández-Bautista (2001) y Aguilar-Chacón (2015), lo que permitió comparar entre estos muestreos, desde que el valor de importancia (VI) representa un estimador más elaborado de la preponderancia de las especies en la comunidad, considerando medidas relativas a la abundancia, biomasa y ocurrencia temporal de las especies.

Los usos y nombres comunes se obtuvieron a partir de la información presentada Hernández-Bautista et al. (2001) y Aguilar-Téllez (2005), quienes hicieron entrevistas simples y directas con los pescadores.

## RESULTADOS

### a) Descripción de la pesquería

La pesquería artesanal costera de sardinas en la localidad de Las Barrancas se basa en la extracción de cuatro especies blanco: la sardina española *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847), esta es la especie blanco más apreciada como carnada y ocasionalmente también se consume fresca; en segundo término están la sardina escamuda *Harengula clupeola* (Cuvier, 1829) y la sardina amargosa *Harengula jaguana* Poey, 1865, ambas especies por sus altos contenidos de grasa son de menor calidad y tienen menor precio, también se utilizan como carnada, la cuarta especie blanco es la sardina lomo azul *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818) que se consume en fresco y al igual que *S. aurita* se utilizan para obtener harina, actualmente su uso principal es como carnada.

Para esta pesquería no hay registros de volúmenes de captura, durante los muestreos en los que participaron los autores desde 1997, se apreciaron desde capturas nulas hasta volúmenes de más de dos toneladas.

Esta pesquería artesanal se puede categorizar como multiespecífica, que se caracteriza por una gran variación espacio-temporal de sus desembarques, con una alta diversidad de especies objetivo e incidentales, ejecutada con un arte de pesca principal que es el chinchorro playero, que de acuerdo con los pescadores produce una gran variabilidad en los rendimientos, el desconocimiento actual de su gestión hace difícil su evaluación y manejo en el corto, mediano y largo plazo.

### b) Contexto socioeconómico

Con base en Noguera (2012), la población de esta localidad se calificó como marginada, con indicadores como un 22% de analfabetismo, un 89% de pobladores sin acceso a servicios de salud, casi el 18% sin servicios sanitarios, sin drenaje y 94% sin agua potable INEGI (2006).

Este mismo reporte señaló que la localidad presenta un nivel precario de equipamiento urbano, no hay servicio de alcantarillado, ni red de agua potable, el agua se sirve de pozos domésticos y la red de electricidad no cubre a la totalidad de hogares.

Las comunidades de pescadores están conformadas por una mayoría de personas de más de 35 años, muchos con más de 20 años de experiencia en la pesca y menos del 10% tienen 10 años de trabajo en la actividad, las clases etarias más numerosas corresponden a 40 y 50 años lo que esto coincide con la media nacional según FAO (2010), la participación de gente joven es cada vez menos frecuente, incluso INEGI (2008, <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=5300000014&?ag=30011&tm=6#D5300000014#D5300000014>), reportó que la población económicamente activa en la pesca del municipio se redujo en un 30%.

Una causa sustancial la señalan los mismos pescadores por la disminución en la cantidad y variedad de recursos pesqueros durante las últimas décadas, esto puede ser un indicador del efecto de la intensidad de actividad pesquera que ha mermado los stocks pesqueros de las sardinas y las especies incidentales, su estado actual no permite ganancias económicas atractivas para promover el asentamiento de los jóvenes en sus localidades, esto coincide con Castro-Mondragón et al. (2015) quienes describen que en las comunidades pesqueras de Acapulco no hay relevos generacionales por la disminución del rendimiento económico, también Inteligencia Publica (2019), señala que los jóvenes de comunidades pesqueras de Quintana Roo, Campeche y Yucatán prefieren dedicarse a otras actividades productivas menos riesgosas y mejor remuneradas.

También es un común que los pescadores artesanales solo conozcan las regulaciones que se aplican directamente a los recursos que extraen; en la comunidad de Las Barrancas más del 60% de los pescadores encuestados tienen un conocimiento escaso la reglamentación aplicable a los recursos pesqueros, también desconocen si existen planes de manejo pesquero para algún recurso, solamente tienen un excelente conocimiento acerca de las temporadas de veda de las especies objetivo (Cortés-Miguel 2020), este hecho también ha sido reportado por Marín (2007) para los pescadores artesanales de las costas de Michoacán.

Los peces para la alimentación de los pescadores y sus familias se obtienen cuando concluye la faena, primero, el patrón del equipo y sus colaboradores separan las especies objetivo de la ictiofauna incidental, los organismos de tallas pequeñas menores a 15 cm de longitud patrón son desechados, solo los organismos mayores a 20 cm se separan para decidir su comercialización; de la captura restante, quienes son parte del equipo de pescadores pueden seleccionar los organismos que usarán, la fauna restante se dejan en la playa donde son consumidos por la fauna costera, principalmente aves, perros y gatos, la que no es consumida se pudre sobre la playa.

Los peces son una parte importante de la dieta de estas familias, en la localidad vecina de Antón Lizardo, los pescadores señalan que consumen pescado entre 3 y 4

días a la semana y el 16% entre 1 y 2 días dependiendo de la abundancia en la pesca, durante las temporadas de captura baja, la mayor parte de la pesca que se obtiene es para autoconsumo (Cortés-Miguel 2020), la importancia dietética de los recursos marinos obtenidos artesanalmente puede ser tal que los peces constituyen la fuente principal de proteínas por persona (FAO 2016).

Los organismos que se comercializan como las especies señaladas en la Tabla 1, además de rebasar de longitud deben pesar más de 350 gr, los precios suelen variar de acuerdo con oferta y demanda, a la temporada, la disponibilidad y tipo de recurso.

Las comunidades de pescadores artesanales costeros son grupos que por su marginalidad afrontan directamente tanto los embates de los fenómenos meteorológicos extremos y las condiciones oceánicas cambiantes (Cinner et al. 2012). Además, estos grupos humanos serán quienes resientan de primera mano los efectos del cambio climático, cuyos pronósticos no son nada halagüeños porque afectarán directamente a los ecosistemas acuáticos y a las especies de peces de las que dependen (Bahri et al. 2018).

En la zona de Las Barrancas, el aumento del nivel del mar está eliminando sus patios de pesca que se están desplazando a localidades cercanas, en las que este grupo de pescadores no tiene posibilidad de participar debido a los acuerdos que mantienen con las agrupaciones de pescadores de las localidades vecinas.

El escenario socioeconómico descrito no es privativo de esta localidad, es posible afirmar que esta zona litoral del Golfo de México está ocupada por numerosas comunidades humanas marginadas, como se ha descrito, las de pescadores costeros también están limitadas a un acceso de vida digno.

En el análisis socioeconómico de la zona costera del Golfo de México elaborado por Graizbord et al. (2009), señalan que Veracruz es la entidad con índice de marginación más elevado, ocupando el cuarto lugar del país, otros estados del Golfo de México le siguen, Campeche, Tabasco y Yucatán ocupan el octavo, noveno y décimo primer lugares a nivel nacional.

#### c) Información biológica y ecológica.

Entre 1996 y 2012, en la pesca de sardinas se han registrado 119 especies de peces en la fauna atrapada incidentalmente, estos taxones se han ubicado en dos clases, 13 órdenes, 49 familias y 92 géneros, el listado íntegro se presenta en la Tabla 1.

Clase CHONDRICHTHYES					
Orden	Familia	Especie	Uso	SAV	EIP
Torpediniformes	Narcinidae	<i>Narcine bancrofti</i> (Griffith & Smith, 1834)	su	+	
	Rajidae	<i>Raja texana</i> Chandler, 1921	su	+	bj
	Rhinobatidae	<i>Pseudobatus lentiginosus</i> (Garman, 1880)	a	+	b
	Dasyatidae	<i>Hypanus americana</i> (Hildebrand & Schröder, 1928)	c	+	bjc
	Potamotrygonidae	<i>Styracura schmardae</i> (Werner, 1904)	su	+	
	Gymnuridae	<i>Gymnura micrura</i> (Bloch & Schneider, 1801)	c	+	
	Aetobatidae	<i>Aetobatus narinari</i> (Euphrasen, 1790)	cr	+	b
	Rhinopteridae	<i>Rhinoptera bonasus</i> (Mitchill, 1815)	cr	+	
CLASE OSTEICHTHYES					
Orden	Familia	Especie	Uso		
Elopiformes	Elopidae	<i>Elops saurus</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	j
	Albulidae	<i>Albula vulpes</i> (Linnaeus, 1758)	cr	+	
Anguilliformes	Ophichthidae	<i>Ophichthus gomesii</i> (Castelnau, 1855)	su	+	
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchoa hepsetus</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	
		<i>Anchoa lyolepis</i> (Evermann & Marsh, 1900)	c	+	
		<i>Anchoa mitchilli</i> (Valenciennes, 1848)	c	+	
		<i>Cetengraulis edentulus</i> (Cuvier, 1829)	su	+	
	Clupeidae	<i>Brevoortia gunteri</i> (Hildebrand, 1948)	su	+	
		<i>Harengula clupeola</i> (Cuvier, 1829)	cr h	+	
		<i>Harengula jaguana</i> (Poey, 1865)	cr h	+	
		<i>Opisthonema oglinum</i> (Lesueur, 1818)	c h	+	
	<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847)	c cr h	+		
Salmoniformes	Synodontidae	<i>Synodus foetens</i> (Linnaeus, 1766)	cr	+	b
Siluriformes	Ariidae	<i>Ariopsis felis</i> (Linnaeus, 1766)	c	-	
		<i>Bagre marinus</i> (Mitchill, 1815)	c	+	j l c s
		<i>Cathorops aguadulce</i> (Meek, 1904)	c	+	
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	c cr	+	j c
		<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)	c cr	+	c
Beloniformes	Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	cr	+	
		<i>Hyporhamphus roberti</i> (Valenciennes, 1847)	su	-	
		<i>Hyporhamphus unifasciatus</i> (Ranzani, 1841)	su	+	

	Belonidae	<i>Ablennes hians</i> (Valenciennes, 1846)	su	+	
		<i>Strongylura marina</i> (Walbaum, 1792)	cr	+	
		<i>Strongylura notata</i> (Poey, 1860)	cr	+	
		<i>Strongylura timucu</i> (Walbaum, 1792)	cr	+	
		<i>Tylosorus acus</i> (Lacépède, 1803)	su	+	
Lophiiformes	Antenariidae	<i>Histrio histrio</i> (Linnaeus 1758)	su	+	
	Ogcocephalidae	<i>Ogcocephalus pantoctistus</i> (Bradbury, 1980)	su	+	
	Batrachoididae	<i>Opsanus beta</i> (Goode and Bean, 1880)	su	+	
	Ophidiidae	<i>Ophidion josephi</i> (Girard, 1858)	su	-	
		<i>Lepophidium brevibarbe</i> (Cuvier, 1829)	su	+	
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena plumieri</i> (Bloch, 1789)	su	+	
	Triglidae	<i>Prionotus evolans</i> (Linnaeus 1766)	su	-	
		<i>Prionotus ophryas</i> Jordan and Swain, 1885	su	+	
		<i>Prionotus punctatus</i> (Bloch, 1973)	su	-	
	Echeneidae	<i>Echeneis naucrates</i> Linnaeus, 1758	su	+	
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus ensiferus</i> (Poey, 1860)	c	-	
		<i>Centropomus parallelus</i> (Poey, 1860)	c	+	
		<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	c	+	
	Serranidae	<i>Diplectrum bivittatum</i> (Valenciennes, 1828)	su	+	b
		<i>Serranus atrobranchus</i> (Cuvier, 1829)	c	+	
	Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i> (Linnaeus, 1766)	su	+	s
	Rachycentridae	<i>Rachycentrum canadum</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	b j c
	Carangidae	<i>Alectis ciliaris</i> (Bloch, 1787)	c	+	j
		<i>Caranx crysos</i> (Mitchill, 1815)	c	+	s
		<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	c s
		<i>Caranx latus</i> (Agassiz, 1831)	c	+	s
		<i>Chloroscombrus chrysurus</i> (Linnaeus, 1766)	cr	+	
		<i>Decapterus punctatus</i> (Cuvier, 1829)	c	+	
		<i>Hemicaranx amblyrhynchus</i> (Cuvier, 1833)	c	+	
		<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	c	+	s
		<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	cr	+	
		<i>Selene brownii</i> (Cuvier, 1816)	su	-	s
		<i>Selene setapinnis</i> (Mitchill, 1815)	su	-	s

	<i>Selene vomer</i> (Linnaeus, 1758)	su	+	s
	<i>Seriola dumerili</i> (Risso, 1810)	c	+	j l c s
	<i>Seriola zonata</i> (Mitchill, 1815)	c	+	
	<i>Trachinotus carolinus</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	j c s
	<i>Trachinotus falcatus</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	j c s
	<i>Trachinotus goodei</i> (Jordan & Evermann, 1896)	c	+	j
	<i>Trachurus lathamii</i> Nichols, 1920	su	+	
Lutjanidae	<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)	su	+	j r c
	<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)	su	+	j s
	<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)	c	+	j
Gerreidae	<i>Diapterus auratus</i> (Ranzani, 1842)	su	+	
	<i>Diapterus rhombeus</i> (Cuvier, 1829)	su	+	
	<i>Eucinostomus argenteus</i> (Baird & Girard, 1855)	su	+	
	<i>Eucinostomus melanopterus</i> (Bleeker, 1863)	su	+	
	<i>Eugerres plumieri</i> (Cuvier, 1830)	c	+	
	<i>Gerres cinereus</i> (Walbaum, 1792)	su	+	
Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)	c	+	
	<i>Conodon nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	j r s
	<i>Haemulon aureolineatum</i> Cuvier, 1830	c cr	+	
	<i>Rhonciscus crocro</i> (Cuvier, 1830)	c	+	
Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)	c	+	j c s
	<i>Calamus leucosteus</i> Jordan & Gilbert, 1887	c	-	
	<i>Diplodus caudimacula</i> (Poey, 1860)	c	+	
	<i>Lagodon rhomboides</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	
Polynemidae	<i>Polydactylus octonemus</i> (Linnaeus, 1758)	cr	+	s
Sciaenidae	<i>Bairdiella chrysoura</i> (Lacépède, 1803)	c	+	
	<i>Bairdiella veraecrucis</i> (Cuvier, 1830)	c	+	
	<i>Cynoscion arenarius</i> (Ginsburg, 1930)	c cr	+	b j r c s
	<i>Cynoscion nothus</i> (Hobbrook, 1855)	c cr	+	c s
	<i>Larimus fasciatus</i> (Holbrook, 1851)	c	+	
	<i>Menticirrhus americanus</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	c
	<i>Menticirrhus littoralis</i> (Holbrook, 1860)	c	+	

		<i>Menticirrhus saxatilis</i> (Bloch & Schneider, 1801)	c	+	
		<i>Micropogonias furnieri</i> (Desmarest, 1823)	su	-	
		<i>Stellifer lanceolatus</i> (Holbrook, 1855)	su	+	
		<i>Umbrina coroides</i> (Cuvier, 1830)	c	+	
	Kyphosidae	<i>Kyphosus sectatrix</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	s
	Ephippidae	<i>Chaetodipterus faber</i> (Broussonet, 1782)	c	+	
	Sphyraenidae	<i>Sphyraena guachancho</i> (Cuvier, 1829)	c	+	s
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	j
	Mullidae	<i>Upeneus parvus</i> Poey, 1852	cr	-	
	Scombridae	<i>Scomberomorus cavalla</i> (Cuvier, 1829)	c	+	jc
		<i>Scomberomorus maculatus</i> (Mitchill, 1815)	c	+	jc
		<i>Thunnus thynnus</i> (Linnaeus, 1758)	c	-	
	Stromateidae	<i>Peprilus paru</i> (Linnaeus, 1758)	su	+	j
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	<i>Citharichthys macrops</i> (Dresel, 1885)	su	+	
		<i>Citharichthys spilopterus</i> Gunther, 1862	su	+	
		<i>Cyclopsetta chitendeni</i> (Bean, 1895)	su	+	
		<i>Syacium gunteri</i> (Ginsburg, 1933)	su	+	b
		<i>Syacium micrurum</i> (Ginsburg, 1933)	su	+	
	Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	c	+	
		<i>Trinectes maculatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	c	+	
	Cynoglossidae	<i>Symphurus plagiusa</i> (Linnaeus, 1766)	c	+	
Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i> (Gmelin, 1789)	c	+	r
	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)	c	+	
	Tetraodontidae	<i>Lagocephalus laevigatus</i> (Linnaeus, 1766)	su	+	jr
		<i>Sphoeroides testudineus</i> (Linnaeus, 1756)	su	-	

Tabla 1. Elenco sistemático de la ictiofauna de la pesca incidental de sardinas en Las Barrancas, Alvarado, Veracruz. Se señalan los usos y nivel de protección legal de las especies. Usos: a=artesanía; c= consumo humano; cr= carnada; h: harina; su= sin uso. SAV, especie presente (+) o ausente (-) en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano; EIP: especies reportadas como incidentales en otras pesquerías; b: bagres marinos; j: jurel y cojinudas; r: rayas; c: róbalo y chucumites; s: sierra y peto (Carta Nacional Pesquera 2022).

Hernández-Bautista et al. (2001) reportaron a 73 especies entre 1996 y 1998, Aguilar-Téllez (2004) entre agosto de 2003 a agosto del 2004 enlistó a 44 familias, 70 géneros y 96 especies, en el trabajo más reciente de Aguilar-Chacón (2015) (septiembre de 2009 a octubre de 2012) identificó 14 órdenes, 35 familias, 64 géneros y 76 especies.

Durante los diferentes lapsos de muestreos, las familias con mayor número de especies fueron Carangidae (19 spp.) y Sciaenidae (11 spp.); otras familias comparativamente menos numerosas fueron Gerreidae (6 spp.), Clupeidae, Belonidae y Paralichthyidae (5 spp.), Haemulidae, Sparidae y Engraulidae (4 spp.), otras 11 familias ocurrieron con 2 a 3 especies, en este lapso hubo un mayor número de familias con una o dos especies. Esta tendencia en la composición de familias se manifestó en los tres períodos.

Del total de especies, 55 se registraron entre 1997 y 2012, 12 especies de la familia Carangidae, cinco especies de la familia Sciaenidae, tres de la familia Clupeidae y también de la familia Gerreidae (Tabla 2).

Carangidae	Sciaenidae	Clupeidae	Gerreidae
<i>Alectis ciliaris</i>	<i>Micropogonias furnieri</i>	<i>Harengula jaguana</i>	<i>Diapterus auratus</i>
<i>Caranx crysos</i>	<i>Stellifer lanceolatus</i>	<i>Opisthonema oglinum</i>	<i>Eucinostomus melanopterus</i>
<i>Caranx hippos</i>	<i>Umbrina coroides</i>	<i>Sardinella aurita</i>	<i>Eugerres plumieri</i>
<i>Caranx latus</i>	<i>Bairdiella veraecrucis</i>		
<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	<i>Cynoscion arenarius</i>		
<i>Decapterus punctatus</i>			
<i>Larimus fasciatus</i>			
<i>Oligoplites saurus</i>			
<i>Selar crumenophthalmus</i>			
<i>Selene vomer</i>			
<i>Trachinotus carolinus</i>			
<i>Trachinotus goodei</i>			

Tabla 2. Familias más numerosas y especies de registro constante entre 1997 y 2012 en la pesquería incidental de sardinas en Las Barrancas, Veracruz.

Otras familias constantes en la zona fueron Engraulidae, Mugilidae y Belonidae con dos especies cada una. Un porcentaje destacado de especies (34 spp., 28.33%) correspondió a especies que solo se registraron en un período de colecta, entre estas se encontraron a los elasmobranchios como *Aetobatus narinari*, *Raja texana*, *Rhinoptera bonasus*, *Styracura schmardae*, diferentes especies de lenguados y otras especies que se asocian a fondos lodosos y reportados como fauna incidental en la pesca del camarón (Chávez-López y Morán-Silva 2019).

En estos ensamblajes también estuvieron presentes otras especies que se usan como recursos pesqueros como *Scomberomorus cavalla*, las cojinudas del género *Caranx* spp., lisa y lebrancha *Mugil* spp., *Trichiurus lepturus*, además de otras que se usan como carnada como *S. guachancho* y *S. foetens*.

Las especies con mayor valor de importancia en los ensamblajes temporales se muestran en la Tabla 3, solo cinco repitieron en ambos períodos:

1997-1998	VI	2009-2012	VI
<i>Eucinostomus melanopterus</i> *	38.91	<i>Chloroscombrus chrysurus</i> *	81.1
<i>Caranx crysos</i> *	38.29	<i>Hemirhamphus brasiliensis</i>	41.2
<i>Decapterus punctatus</i>	31.8	<i>Anchoa hepsetus</i>	21.1
<i>Polydactilus octonemus</i>	15.64	<i>Caranx crysos</i> *	13.1
<i>Tylosurus acus</i>	14.67	<i>Scomberomorus maculatus</i>	8.8
<i>Chloroscombrus chrysurus</i> *	14.1	<i>Oligoplites saurus</i> *	8.2
<i>Oligoplites saurus</i> *	12.12	<i>Sphyraena guachancho</i>	7.2
<i>Selene setapinnis</i>	11.42	<i>Diapterus auratus</i> *	6.4
<i>Diapterus auratus</i> *	9.91	<i>Menticirhus americanus</i>	6.0
<i>Cynoscion nothus</i>	6.76	<i>Eucinostomus melanopterus</i> *	5.6

Tabla 3. Especies con el mayor Valor de importancia (VI) en los ensamblajes de 1997-1998 y 2009-2012. Las especies señaladas con \* repitieron entre las más importantes en los dos períodos de muestreos.

En estos ensamblajes no se mantiene una dominancia constante por abundancia o biomasa de alguna o algunas especies, solo *E. melanopterus*, *C. crysos*, *C. chrysurus*, *O. saurus* y *D. auratus* ocurrieron en este grupo preponderante, pero en posiciones diferentes.

Comparando el listado de especies de Las Barrancas con las reportadas en el PNSAV, solo 13 de las 119 (10.9%) no han sido reportadas para esta área protegida, de este grupo destacan algunas con presencia común en la zona como *Ariopsis felis*, *Ophidion josephi*, *Prionotus punctatus*, *Selene setapinnis*, *Micropogonias furnieri*, que utilizan los sistemas estuarinos de la zona (Chávez-López et al. 2005) o en la fauna de acompañamiento del camarón, en la que incluso son dominantes como *Upeneus parvus* y *Synodus foetens* (Morán-Silva et al. 2017; Chávez-López y Morán-Silva 2019). Las 106 especies restantes corresponden al 22.3% del total de especies del SAV y el total de especies de Barrancas cuentan para el 8.3% de las 1,443 especies de peces teleósteos y elasmobranquios para el Golfo de México (Chen 2017).

Las comunidades de peces marinos que ocupan zonas someras cercanas a la costa y de sustrato arenoso como en Las Barrancas, colonizan hábitats que les permite formar agregaciones que son favorecidas por una dinámica acuática calma, con menor nivel de estrés comparados a sitios de alta dinámica oceánica que les provoca un alto consumo de energía, por esto los hábitats calmos o tranquilos como las bahías y las zonas medias de los estuarios y las playas rocosas protegidas son importantes para el reclutamiento de las especies pelágicas (Barreiros et al. 2004; Felix et al. 2007). El efecto positivo de estos hábitats se refleja en la protección que ofrece a los organismos juveniles menores de un año (Inoue et al. 2008).

Al respecto, también se agrega la influencia de la morfología costera y el tipo de oleaje; Oliveira y Pesanha (2014) demostraron la ocurrencia de diferencias espaciales en la estructura de los ensamblajes de peces en tres playas tropicales influidas por diferente acción del oleaje (desde el tipo menor energía o disipativo a oleajes de mayor energía o de tipo reflexivo), la dinámica del movimiento del agua contribuyó a provocar patrones de distribución espacial heterogéneos de abundancia, biomasa y riqueza de especies entre las playas, en las que predominó un oleaje disipativo los parámetros de la comunidad de peces fueron mayores que en las de tipo reflexivo, entonces el grado de exposición al oleaje es otro factor primario que conforma los ensamblajes locales de peces en estos hábitats marinos tropicales y subtropicales (Jovanovic et al. 2007; Vasconcellos et al. 2007), este factor explica en parte la gran riqueza de especies encontrada en Las Barrancas, en las que incluso la mayoría de los organismos corresponden a individuos de tallas pequeñas (Hernández-Bautista et al. 2001).

Estas evidencias señalan que las zonas someras marinas cercanas a las playas arenosas son usadas como zona de crianza por las especies de peces marinos y que estos hábitats es donde ocurren variaciones espacio-temporales de duración corta y de mediano plazo que influyen sobre la estructura de estas comunidades de peces, pero estos patrones están influidos por los cambios ontogenéticos de las poblaciones de peces (Gutiérrez-Martínez et al. 2021) que incluso configuran las historias de vida exhibidos por las diferentes especies (Beaudreau et al. 2022), porque las fluctuaciones temporales de los factores abióticos ambientales actúan más a nivel poblacional que sobre la estructura de la comunidad.

Por ejemplo, los cambios temporales en la composición de los ensamblajes de peces indican cambios por la ocurrencia y abundancia de las especies que realizan procesos de migración o como producto de los pulsos reproductivos en los que participan principalmente los organismos menores de un año en sus primeras etapas de su ciclo de vida y que también se relacionan a procesos ambientales estacionales (Machado et al. 2003), en la comunidad de peces de Las Barrancas los cambios en la abundancia de las especies más abundantes entre los períodos de muestreo aporta indicios de estos procesos.

No se puede soslayar que las interacciones bióticas y las actividades humanas pueden actuar en conjunto para estimular la selección de hábitats por los peces hacia sitios con condiciones ambientales que les provean de recursos alimenticios, minimicen los procesos de competencia interespecífica, con disminución de la presión de depredadores y de las actividades humanas, por ejemplo, las alteraciones de los flujos de agua continentales causados por los represamientos, la contaminación, la destrucción de hábitats, entre otras, conducen a variaciones en la biomasa y estructura de las comunidades de peces marinos costeros (Hamilton et al. 2022).

Las variaciones en la abundancia y composición de especies también se han relacionado la intensidad de la pesca y a los cambios del ambiente marino litoral sobre

las zonas de desove y de crianza durante las últimas décadas, por ejemplo el ensamblaje ictioplanctónico de la zona de influencia estuarina del río Yang-Tzé disminuyó de 94 especies en las década de 1980 a 26 especies entre 2013-2020, lo que hace suponer que la recuperación de las poblaciones en el ictioplancton ha disminuido sustancialmente, disminuyendo su disponibilidad como fuente de energía para los recursos pesqueros (Wang et al. 2021).

Uno de los impactos severos identificados en las pesquerías artesanales de baja selectividad, tiene que ver con la mortalidad de organismos juveniles y sobre los organismos en maduración reproductiva, para el conjunto de especies de las Barrancas, *C. nobilis*, *U. coroides*, *C. nothus*, *S. foetens*, *A. hepsetus*, *M.I curema*, *B. chrysurus*, *C. edentulus*, *C. chrysurus*, *H. clupeola*, *A. lineatus*, *D. auratus*, *P. octonemus*, *S. setapinnis*, *D. punctatus*, *E. melanopterus*, *O. saurus*, y *H. brasiliensis*, se encontraron en fase de pre-desove (Bautista-Hernández et al. 2001); este hecho señala que las 58 especies restantes colectadas entre 1997-1998 estuvieron compuestas por individuos en etapas de maduración tempranas, que son las clases de edad a las que le afectan más la extracción de individuos.

En la costa de Veracruz, Reyna-González et al. (2019) mostraron que el estrato de 0 a 20m de profundidad es en el que se realiza el mayor esfuerzo en diferentes pesquerías artesanales del Estado, además que con base en las especies objetivo y la profundidad se deciden los artes de pesca a utilizar para la captura del recurso escama marina, los resultados que presentamos son explicados por la baja selectividad de la red chinchorro respecto a la composición de especies, que para Las Barrancas corresponden a especies con hábitos litorales y con afinidad a zonas de oleaje con dinámica energética baja y que utilizan los subsidios descargados desde el continente; por otro lado, la luz de malla empleada también explica la predominancia de las tallas pequeñas de las especies capturadas incidentalmente, que por esto no son útiles para comercio o consumo y generan procesos de pérdida de biodiversidad y biomasa considerables en los ensamblajes de peces marinos costeros.

#### d) Usos

Los usos de las especies de peces se relacionaron a la elaboración de artesanías solo por *Pseudobatos lentiginosus*, para harina las sardinias Clupeidae, excepto *Brevoortia gunteri*, cuyos registros son esporádicos y no constituyen una pesquería como sucede en el norte del Golfo de México (Chen 2017); 22 especies (18%) se usan como carnada e incluso se comercian entre los propios pescadores para la captura de especies depredadoras como tiburones, sierras, petos, la rubia *Ocyurus chrysurus* y el huachinango *Lutjanus campechanus*.

De acuerdo con la información, 51 especies se pueden utilizar para consumo humano, pero si los organismos son de tallas menores a 15 cm de longitud patrón son

desechados porque no tienen suficiente carne; estos solo se ocupan cuando la captura mengua y no hay otra fuente de aprovisionamiento de alimentos; esta práctica de uso y desecho es común incluso con especies que con tallas mayores tienen un mercado amplio como los balistidos, lenguados, corvinas, truchas, roncós y cojinudas. Con las especies que se destinan para consumo en fresco se preparan en diferentes tipos de guisos, entre las más comunes son: empanizados, en caldo, fritos, asados o como ceviche.

Otro número considerable de especies (33%) no son utilizadas, ya sea por su tamaño, sabor, aspecto desagradable, poca carne o que incluso tienen gran cantidad de espinas, en este grupo están los belónidos, hemiránfidos, algunos carangidos (como las especies del género *Selene*), las mojarras Gerreidae, los peces planos y los rascacios (Triglidae y Scorpenidae).

Ninguna de las especies registradas tiene algún nivel de protección por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010); de acuerdo con la Cartas Nacionales Pesqueras actualizadas para 2022 y 2023 (DOF, 2022; DOF, 2023), de las especies reconocidas en la pesquería de sardinas de las Barrancas, se consideran como recursos pesqueros en el Golfo de México, a los bagres marinos (*Ariopsis felis*), en el recurso jurel y cojinuda a *Caranx* spp. y *Trachinotus* spp., en el recurso lisa y liseta a *Mugil* spp., para el recurso rayas a las familias Dasyatidae, Gymnuridae, entre otras, para el recurso róbalo y chucumite del Golfo de México a las especies de *Centropomus* spp., y en el recurso sierra y peto a *Scomberomorus* spp.

## COMENTARIOS FINALES

En Las Barrancas la comunidad pesquera depende mucho de las condiciones naturales en las que sucedan las corridas de los recursos, ya sean de las sardinas u otras especies, de la demanda comercial de los productos extraídos; una paradoja en el aumento de la extracción pesquera mundial es que los impactos sobre las poblaciones de peces se incrementan y las tallas consumibles o redituables comercialmente se “desvanecen” en los stocks poblacionales, además que la extracción de los otros recursos valiosos como pueden ser las sierras, petos, cojinudas y truchas en Las Barrancas también disminuye a la par que el valor potencial de la pesca.

Al respecto es pertinente señalar que las estadísticas pesqueras nacionales sobre sardinas corresponden al recurso explotado en el Noroeste del país en estados costeros del litoral del océano Pacífico, en contraste, para el recurso sardinas en el Golfo de México el último Anuario Estadístico de Pesca (CONAPESCA 2021) muestra datos irrisorios sobre la extracción del recurso, la ausencia de información sobre las especies incidentales que forman la llamada fauna de acompañamiento (FAC) en este muestrario de números responden más a los reportes de la pesca de camarón, según en este documento oficial, la biomasa de FAC para Veracruz fue de una tonelada, obviamente no hay información oficial sobre las pesquerías artesanales del estado y lamentablemente ni del país.

Esto señala que, a pesar de los numerosos instrumentos de regulación sobre los recursos acuáticos, estos y las instancias gubernamentales no cumplen sus funciones y mucho menos generan información certera para proponer pautas de manejo y conservación sostenible.

En los hechos, de esta pesquería artesanal de sardinas no se ha realizado alguna aproximación pesquera, a pesar de la preocupación citada en el informe de FAO (2022) donde se señala que la mayoría de las pesquerías están por debajo de su rendimiento máximo sostenible, acarreando repercusiones negativas en la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas marinos, además que se reduce la producción pesquera con consecuencias negativas de orden social y económico al corto y mediano plazo.

Como parte de los impactos adversos de esta pesquería aquí se reportan a 115 especies de peces que no son el objetivo de la pesquería, la mayoría presentes en tallas pequeñas, muchas sin uso y que son desechadas como “basura”, aunque redundante tampoco hay estimaciones de la biomasa que se desperdicia en esta actividad pesquera.

Con base en el Acuerdo de las Naciones Unidas sobre las poblaciones de peces que está en vigor desde 2001 y en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 14 (ODS14) de las Naciones Unidas se establece una meta clara para la pesca (meta 14.4 de los ODS): poner fin a la pesca excesiva en las pesquerías marinas como una aspiración para cumplir al año 2030.

La pesca mundial se está desviando actualmente de esta meta, esta pesquería de sardinas es un ejemplo claro de los muchos que suceden en las costas mexicanas, en los que la contribución de la pesca marina a la seguridad alimentaria, la nutrición, las economías y el bienestar de las comunidades costeras es muy incierta. La situación parece más grave en el caso de algunos recursos pesqueros migratorios como las sardinas.

La diferencia entre los discursos oficiales actuales y pasados (desatentos, poco informados, menos interesados) y la realidad biológica, ecológica y socioeconómica de los recursos pesqueros costeros parece muy grande; en un estudio reciente, Hilborn et al. (2020) indicaron que las poblaciones evaluadas científicamente y ordenadas de manera intensiva han registrado incrementos favorables de la abundancia y en otros casos se aproximan a alcanzar los objetivos de manejo propuestos, en contraste, las regiones con una ordenación pesquera desatendida o menos avanzada se realizan tasas de captura mucho mayores respecto a las poblaciones evaluadas con abundancias menores.

Esto pone de manifiesto una vez más, que es una necesidad urgente la readaptación de las políticas y reglamentos en los ámbitos pesqueros que no están ordenados debidamente, así como de crear y aplicar mecanismos que fomenten la utilización sostenible y la conservación de los recursos.

A la marginalidad socioeconómica en la que sobreviven las comunidades de pescadores artesanales costeros se ciernen las amenazas de los procesos de contaminación continentales y costeros, el efecto de la sobrepesca de los recursos, las

incertidumbres comerciales del mercado para los productos extraídos, a estos se agregan los posibles efectos del cambio climático, que en los hechos se manifiestan en la pérdida de playa en las localidades vecinas de El Zapote y Mata de Uva, reduciendo el patio de faena para la pesca de sardinas; los diferentes pronósticos ambientales para las zonas costeras del mundo proponen que sucederán períodos de sequías prolongadas e inundaciones voluminosas que alterarían los flujos de las corrientes de agua, disminuyendo su calidad natural por el aumento del arrastre y concentración de contaminantes, con una posibilidad alta de impactar la composición de especies en los ecosistemas marinos y costeros (Hanich et al. 2018), de contribuir a la formación de zonas muertas y la frecuencia de crecimientos algales explosivos capaces de incrementar la incidencia de enfermedades y la expansión de los ámbitos geográficos de especies invasoras perjudiciales (Hollowed et al. 2013).

En este escenario de nada valdrá una zona marina de las cualidades de Las Barrancas para el refugio y crianza de especies marinas y como una fuente principal de alimento para las comunidades humanas que dependen de esta.

## REFERENCIAS

AGUILAR-CHACÓN, A. P. Caracterización ecológica y variabilidad temporal de las agrupaciones de peces litorales del área costera adyacente de la plataforma continental en la playa de las Barrancas, Alvarado, Veracruz. Tesis Maestría en Ecología y Pesquerías, Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana. 79 p. 2015. Disponible em: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/41391>

AGUILAR-TÉLLEZ, P. Catálogo de peces de la pesca ribereña de la localidad Las Barrancas, Alvarado, Veracruz. Tesis profesional de Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico del Mar No. 01, SEP. 136 pp. 2004.

BAHRI, T.; BARANGE, M.; MOUSTAHDID, H. Climate change and aquatic systems. *In*: Bahri T (ed.) **Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge**. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. FAO, Rome, 2018. Chp. 1, p. 13–33.

BARREIROS, J. P.; FIGNA, V.; HOSTIM-SILVA, M.; SANTOS, R. S. Seasonal changes in a sandy beach fish assemblage at Canto Grande, Santa Catarina, South Brazil. **Journal of Coastal Research** v. 203, p. 862-870, 2004.

BAUTISTA-HERNÁNDEZ, J.; CHÁVEZ-LÓPEZ, R.; FRANCO-LÓPEZ, J.; MONTOYA-MENDOZA, J.; BEDIA-SÁNCHEZ, C. Ecología de la ictiofauna acompañante de la pesca ribereña en las Barrancas, Municipio de Alvarado, Veracruz. **Revista de Zoología** 12, p. 12-27, 2001.

BEAUDREAU, A.H.; BERGSTROM, C.A.; WHITNEY, E.J.; DUNCAN, D.H.; LUNDSTROM, N.C. Seasonal and interannual variation in high latitude estuarine fish community structure along a glacial to non-glacial watershed gradient in Southeast Alaska. **Environmental Biology of Fishes** v. 105, 431–452, 2022.

CARPENTER, K.E. (ed.) **The living marine resources of the Western Central Atlantic**. Volume 1: Introduction, mollusks, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5. Rome, FAO. 2002. p. 1-600. 2008

CASTRO-AGUIRRE, J. L. Catálogo sistemático de peces marinos que penetran las aguas continentales de México, con aspectos Zoogeográficos y ecológicos. **Dirección General Instituto Nacional de la Pesca, México. Serie Científica** (19), p. 298, 1978.

CASTRO-AGUIRRE J.L.; ESPINOZA-PÉREZ H.; SCHMITTER-SOTO, J.J. **Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México**. Ed. Limusa. México. 1999.

CASTRO-MONDRAGÓN, H.; FLORES-GARZA, R.; ROSAS-ACEVEDO, J.; FLORES-RODRÍGUEZ, P.; GARCÍA-IBÁÑEZ, S.; VALDEZ-GONZÁLEZ, A. Escenario biológico pesquero y socioeconómico de la pesca ribereña de moluscos en Acapulco. **Revista Iberoamericana de Ciencias** v. 2 (7), p.7-23, 2015.

CHÁVEZ-LÓPEZ, R.; FRANCO-LÓPEZ, J.; MORÁN-SILVA, A.; O'CONNELL, M. S. Long-term fish assemblage dynamics of the Alvarado Lagoon Estuary, Veracruz, Mexico. **Gulf and Caribbean Research** v.17, p.145-156, 2005.

CHÁVEZ-LÓPEZ R.; MORÁN-SILVA A. Revisión de la composición de especies de peces capturadas incidentalmente en la pesquería de camarón en el Golfo de México. **Ciencia Pesquera** v. 27(1), p. 85-82, 2019.

CHEN, Y. Fish resources of the Gulf of Mexico. In: C.H. Ward (ed.). **Habitats and Biota of the Gulf of Mexico: Before the Deepwater Horizon Oil Spill**. The Editor(s) and the Author(s), Springer, New York. 2017. Chp. 9. DOI 10.1007/978-1-4939-3456-0\_1

CINNER, J. E.; MCCLANAHAN, T.R.; GRAHAM, N.; DAW, T.M.; MAINA, J.; STEAD S.M.; WAMUKOTA, A.; BROWN, K.; BODIN, O. Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. **Global Environmental Change** v. 22(1), p. 12–20, 2012.

CONAPESCA, (2021). **Anuario estadístico de acuicultura y pesca de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca 2021**. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, Mazatlán, México. Folio variado. Disponible em: [https://hube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2021/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_DE\\_ACUACULTURA\\_Y\\_PESCA\\_2021.pdf](https://hube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2021/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2021.pdf)

CORTÉS-MIGUEL A. (2020). Análisis de la sustentabilidad de la pesca ribereña de Antón Lizardo, Municipio de Alvarado, Veracruz, a través de la integración de la dimensión ambiental, socioeconómica e institucional. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 53 p. 2020. Disponible em: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000800644>

DEL MORAL-FLORES, L. F.; TELLO-MUSI, J. L.; REYES-BONILLA, H.; PÉREZ-ESPAÑA, H.; MARTÍNEZ-PÉREZ, J.; HORTA-PUGA, G.; VELAZCO-MENDOZA, L.; ÁLVAREZ DEL CASTILLO-CÁRDENAS, P. Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. **Revista Mexicana de Biodiversidad** v. 84, p. 825–846, 2013.

DEL MORAL-FLORES, L. F.; LÓPEZ-SEGOVIA, E.; HERNÁNDEZ-ARELLANO, T. 2020. Nuevos registros de peces para el área marina del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Suroeste del Golfo de México. **Novitates Caribaea** v. 16, p. 169–176, 2020.

DOF, Diario Oficial de la Federación. (2022). **Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera**. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación 26/07/2022. Disponible em: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5659177&fecha=26/07/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5659177&fecha=26/07/2022#gsc.tab=0)

DOF, Diario Oficial de la Federación. (2023). **Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera**. Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación 21/07/2023. Disponível em: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/842686/Carta\\_Nacional\\_Pesquera\\_2023.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/842686/Carta_Nacional_Pesquera_2023.pdf)

FAO. **The status of world fisheries and aquaculture**. United Nations Fisheries and Agriculture Organization. Roma. 2004.

FAO. 2010. **Estudio social de la pesca en México: diagnóstico sobre la problemática social de los pescadores, su entorno y su visión sobre las posibles soluciones a los problemas que afectan la pesca**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 2010.

FAO. Climate change implications for fisheries and aquaculture: Summary of the findings of the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report. **FAO Fisheries and Aquaculture Circular** No. 1122. Rome, Italy. 2016.

FAO. 2022. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul**. Roma, FAO. 2022 Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461es> acesso em: maio 2023

FÉLIX, F. C.; SPACH, H. L.; MORO, P. S.; SCHWARZ-JR., R.; SANTOS, C.; HACKRADT, C. W.; HOSTIM-SILVA, M. Utilization patterns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences** v. 2, 27-39, 2007.

FISCHER W. (Ed). FAO. **Species identification sheets for fishery and purposes. Western Central, Atlantic (Fishing area 31)**. FAO, Roma. Vols. 1-7. 1978.

FRICKE, R.; ESCHMEYER, W. N.; VAN DER LAAN, R. (eds). **Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references**. 2023. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Electronic version. Acesso em: 02 abril 2023.

FROESE, R.; PAULY, D. (eds.) **FishBase. 2023**. World Wide Web electronic publication. Disponível em: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org). Acesso em: maio 2023.

GARCÍA, E. **Modificación a la clasificación climática de Köppen**. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2004.

GRAIZBORD, B.; BELLO-PINEDA, J.; RODRÍGUEZ-HERRERO, P. L.; GÓMEZ-MENDOZA, L. (et al.) (2009). Análisis socioeconómico de la zona costera del Golfo de México. In: Buenfil Friedman J. (ed.): **Adaptación a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de México**. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. México. 2009. Volumen I, Cap. 4.1, pp. 281-307.

GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, M.; MUÑOZ-LECHUGA, R.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, C.; SANZ-FERNÁNDEZ, V.; CABRERA-CASTRO, R. Spatial-temporal patterns of fish and macroinvertebrate communities in sandy beach surf zones: Short and medium-term variations. **Journal of Sea Research** v. 168, 101993, 2021.

HAMILTON, B.R.; PETERSON, C.T.; DAWDY, A.; GRUBBS, R.D. Environmental correlates of elasmobranch and large fish distribution in a river-dominated estuary. **Marine Ecology Progress Series** v. 688, p. 83–98, 2022.

- HANICH, Q.; WABNITZ, C. C.; OTA, Y.; AMOS, M.; DONATO-HUNT, C.; HUNT, A. Small-scale fisheries under climate change in the Pacific Islands region. **Marine Policy** v. 88, p. 279–284, 2018.
- HILBORN, R.; AMOROSO, R. O.; ANDERSON, C. M.; BAUM, J. K.; BRANCH, T.A.; COSTELLO, C.; DE MOOR, C.L. et al. Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. **Proceedings of the National Academy of Sciences** v. 117(4), p. 2218–2224, 2020. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909726116>
- HOESE, H. D.; MOORE, R. H. **Fishes of the Gulf of Mexico. Texas, Louisiana, and adjacent Waters**. Texas A&M University Press College Station and London. 1977.
- HOLLOWED, A. B.; BARANGE, M.; BEAMISH, R. J.; BRANDER, K.; COCHRANE, K; DRINKWATER, K; et al. Projected impacts of climate change on marine fish and fisheries. **ICES Journal of Marine Science** v. 70(5): p. 1023–1037, 2013.
- INAPESCA (INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA). **Sustentabilidad y pesca responsable en México, evaluación y manejo**. SAGARPA, México. 2001.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). **Conteo de Población 2005**. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, 2006.
- INOUE, T.; SUDA, Y.; SANO, M. Surf zone fishes in an exposed sandy beach at Sanrimatsubara, Japan: does fish assemblage structure differ among microhabitats? **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v. 77, p. 1-11, 2008.
- INTELIGENCIA PÚBLICA, EDF DE MÉXICO. Impacto Social de la Pesca Ribereña en México: Propuestas para impulsar el bienestar social en el sector pesquero. CDMX: EDF de México. 2019. Disponível em: <https://mexico.edf.org/sites/mexico/files/ImpactoSocialdeLaPescaenMexico.pdf>, acesso em: junho 2023.
- JOVANOVIC, B.; LONGMORE, C.; O'LEARY, A.; MARIANI, S. Fish community structure and distribution in a macro-tidal inshore habitat in the Irish Sea. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v.75, p.135-142, 2007.
- MACHADO, A. L.; PESSANHA, F.; ARAÚJO, G. Spatial, temporal, and diel variations of fish assemblages at two sandy beaches in the Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** v. 57, p. 817–828, 2003. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/257105593\\_Spatial\\_temporal\\_and\\_diel\\_variations\\_of\\_fish\\_assemblages\\_at\\_two\\_sandy\\_beaches\\_in\\_the\\_Sepetiba\\_Bay\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/257105593_Spatial_temporal_and_diel_variations_of_fish_assemblages_at_two_sandy_beaches_in_the_Sepetiba_Bay_Rio_de_Janeiro_Brazil) Acesso: Julio, 2023.
- MARÍN, G. G. Pesca artesanal, comunidad y administración de recursos pesqueros. Experiencias en la costa de Michoacán, México. **Gazeta de Antropología** v. 23, p. 20, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10481/7041> Acesso: Julio, 2023
- MORÁN-SILVA, A.; CHÁVEZ-LÓPEZ, R.; JIMÉNEZ-BADILLO, M. L.; CHÁZARO-OLVERA S., GALINDO-CORTES G., MEINERS-MANDUJANO G. Análisis de la comunidad de peces de descarte en la pesca de arrastre de camarón (temporada de lluvias 2013) en la zona centro-sur del litoral veracruzano. **Revista de Biología Marina y Oceanografía** v. 52 (3), p. 551-566, 2017.

NOGUERA, B. C. A. Diagnóstico ambiental de la localidad de Las Barrancas, Alvarado, Veracruz. Tesis Licenciatura Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 101. 2012. Disponível em: [https://repositorio.unam.mx/contenidos/diagnostico-ambiental-de-la-localidad-de-las-barrancas-alvarado-veracruz-166983?c=EYOgmv&d=true&q=\\*&i=8&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/diagnostico-ambiental-de-la-localidad-de-las-barrancas-alvarado-veracruz-166983?c=EYOgmv&d=true&q=*&i=8&v=1&t=search_0&as=0)

OESTREICH, W. K.; FRAWLEY, T.H.; MANSFIELD, E.J.; GREEN, K. M.; GREEN, S. J.; NAGGEA, J. et al. (2019). The impact of environmental change on small-scale fishing communities: Moving beyond adaptive capacity to community response (Ch 26). *In*: Cisneros-Montemayor AM, Cheung W, Ota Y (eds.). **Predicting future oceans: Sustainability of ocean and human systems amidst global environmental change**. New York NY, Elsevier, 2019. P. 271–282.

OLIVEIRA, R. E.; PESANHA, A. L. M. Fish assemblages along a morphodynamic continuum on three tropical beaches. **Neotropical Ichthyology** v. 12(1), p. 165-175. 2014.

REYNA-GONZÁLEZ, P. C.; ROMERO-HERNÁNDEZ, E.; LORENZO-ROSAS, E. 2019. Comportamiento espacial de la pesca artesanal en el litoral de Veracruz, México. **Revista de Biología Marina y Oceanografía** 54, (2): p. 180-193, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22370/rbmo.2019.54.2.1889>

ROBERTSON, D. R., H. PÉREZ-ESPAÑA, O. DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, C. J. ESTAPÉ Y A. M. ESTAPÉ. An update to the inventory of shore-fishes from the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Veracruz, México. **ZooKeys** v. 882, p. 127-157, 2019.

SALAS-PÉREZ, J.J.; GRANADOS-BARBA, A. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system. **Atmósfera** v. 21(3), p. 281-301, 2008.

SEMARNAT, SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. **Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo**. Diario Oficial de la Federación, México, 30 diciembre, 2010. Disponível em: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm> Acesso em: março 2023.

TORRUCO, D.; GONZÁLEZ-SOLIS, A.; TORRUCO-GONZÁLEZ A. D. Diversidad y distribución de peces y su relación con variables ambientales, en el sur del Golfo de México. **Revista de Biología Tropical** v. 66 (1), p. 246-265, 2018.

VAN DER LAAN, R.; FRICKE, R. **Eschmeyer's Catalog of Fishes: Family-Group Names**. 2023. Disponível em: (<http://www.calacademy.org/scientists/catalog-of-fishes-family-group-names/>). Acesso em: mayo 2023.

VAN DICKS, B.; FABRE, N. N.; MALHADO, A. C. M.; LADLE, R. J. Tropical Artisanal Fisheries: Challenges and future directions. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture** v. 22(1), p. 1-15, 2014.

VASCONCELLOS, R. M.; SANTOS, J. N.; SILVA, M. A.; ARAÚJO, F. G. Efeito do grau de exposição às ondas sobre a comunidade de peixes juvenis em praias arenosas do Município do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotropica** v. 7, p. 171-178, 2007.

# EVENTOS EXTREMOS NA ZONA COSTEIRA: CONSEQUÊNCIAS SOBRE A DINÂMICA SEDIMENTAR NO TRECHO SUL DO LITORAL DE SÃO PAULO

*Data de submissão: 18/12/2023*

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Amanda Escarabichi Bueno Mariano**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista  
São Vicente - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/5741295618655208>

### **Letícia Noveleto Chiquetto**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista  
São Vicente - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6233122404061963>

### **Pinto Leonidio Hanamulamba**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista  
São Vicente - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/3853893365454756>

### **Guilherme Ramos Panizza**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista  
São Vicente - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/0630867948692293>

### **Isadora Barbosa de Carvalho**

Universidade Federal de São Paulo  
(UNIFESP), Câmpus Baixada Santista.  
Santos - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/9439924347797212>

### **Maria Carolina de Souza Destito**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista  
São Vicente - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/4458035442348305>

### **Marília Cunha Lignon**

Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Programa de Pós-Graduação em  
Biodiversidade de Ambientes Costeiros,  
Câmpus do Litoral Paulista; Universidade  
Estadual Paulista (UNESP), Faculdade  
de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira,  
Brasil Registro - São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/6396735236608800>

**RESUMO:** As alterações climáticas têm promovido maior frequência e intensidade de eventos extremos, aumentando a vulnerabilidade de populações humanas, sobretudo ao longo das zonas costeiras. Processos erosivos podem ser considerados um fenômeno global que

têm afetado grande parte das zonas litorâneas no Brasil e no mundo. O presente capítulo apresenta estudo de caso no Litoral Sul de São Paulo e Norte de Paraná com a dinâmica sedimentar (processos erosivos e deposicionais) acarretando alterações ambientais e sociais. A abertura de uma Nova Barra no Mar do Ararapira (São Paulo - Paraná) ocorreu em 2018, devido ao rompimento de um esporão que separa o estuário do oceano, durante um evento de alta energia de ondas e erosão pela maré. Apresentamos as consequências dos processos erosivos agindo sobre manguezais com dados inéditos. A abertura da Nova Barra levou ao fechamento da Barra de Ararapira (Barra Velha), onde se observou a formação de novas áreas de manguezal. Os eventos climáticos extremos têm sido registrados, afetando intensamente comunidades humanas costeiras no país. Ecossistemas costeiros saudáveis, tais como florestas de encosta, manguezais e restingas, são importantes ferramentas para mitigar os efeitos provocados pelas alterações climáticas, sendo que absorvem cerca de 30% do excesso de carbono atmosférico. Matas e florestas de encostas e bacias hidrográficas especialmente nas áreas mais sujeitas a tempestades intensas devem ser foco de projetos de restauração.

**PALAVRAS-CHAVE:** manguezal, processos erosivos, mudanças climáticas

## EXTREME EVENTS IN THE COASTAL ZONE: CONSEQUENCES ON THE SEDIMENTARY DYNAMICS IN THE SOUTHERN STRETCH OF THE SÃO PAULO COAST

**ABSTRACT:** Climate change has promoted greater frequency and intensity of extreme events, increasing the vulnerability of human populations, especially along coastal zones. Erosive processes can be considered a global phenomenon that have affected most of the coastal zones in Brazil and in the world. This chapter presents a case study on the South Coast of São Paulo and North of Paraná with the sedimentary dynamics (erosive and depositional processes) leading to environmental and social changes. The opening of a Nova Barra in the Ararapira Sea (São Paulo - Paraná) occurred in 2018, due to the rupture of a spur that separates the estuary from the ocean, during an event of high wave energy and tidal erosion. We present the consequences of erosion processes acting on mangroves with unpublished data. The opening of Nova Barra led to the closure of Barra de Ararapira (Barra Velha), where new mangrove areas were formed. Extreme weather events have been recorded, intensely affecting coastal human communities in the country. Healthy coastal ecosystems, such as hillside forests, mangroves and restingas, are important tools to mitigate the effects caused by climate change, as they absorb about 30% of excess atmospheric carbon. Woods and forests on slopes and watersheds, especially in areas most subject to intense storms, should be the focus of restoration projects.

**KEYWORDS:** mangrove, erosion processes, climate change

## EVENTOS EXTREMOS CLIMÁTICOS

Questões e realidades ligadas aos efeitos das mudanças do clima global e suas adaptações constituem os maiores desafios para a humanidade como também no que concerne à conservação da biodiversidade desde o início do século XXI (MARENGO, 2009). Essas mudanças, dão origem aos eventos climáticos extremos, que se evidenciam

de muitas formas nas distintas regiões do planeta, como as chuvas excessivas, enchentes, secas prolongadas, ondas de calor, tufões e ciclones (MARENGO, 2009). Um fenômeno é considerado extremo quando chega a valores máximos de magnitude, probabilidade de ocorrência, duração e escala espacial ou ultrapassa os limites pré-estabelecidos para uma região (STEPHENSON, 2008). Os impactos dos eventos extremos observados atualmente têm mostrado a vulnerabilidade da sociedade e também dos sistemas naturais, particularmente frente aos extremos climáticos e seus efeitos nos ecossistemas costeiros (NOBRE *et al.*, 2017).

## Eventos extremos na zona costeira

As zonas costeiras possuem recursos naturais importantes, fornecendo às comunidades humanas serviços essenciais associados aos seus ecossistemas ricos em biodiversidade (MMA, 2008). São áreas propícias para a produção de alimento pela pesca, aquicultura e agricultura, além de fornecer recursos farmacológicos, minerais, energéticos e hidrológicos (MMA, 2008). Atuam também na regulação do clima e na reciclagem de nutrientes, e possuem áreas adequadas para atividades portuárias, industriais, turísticas, artísticas e culturais, necessárias para o funcionamento do planeta e o desenvolvimento socioeconômico e tradicional (MMA, 2008).

Como áreas de transição entre os processos construtivos e destrutivos dos fluxos oceânicos e continentais, as zonas costeiras podem ser consideradas sistemas naturalmente instáveis e que apresentam rápidas alterações morfológicas, hidrológicas e sedimentares (MASSELINK *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2020). Frente a um cenário de mudanças do clima, eventos extremos intensificam essas alterações (LIMA *et al.*, 2020).

Os processos de erosão na zona costeira estão comumente relacionados a eventos extremos que originam da elevação do nível do mar. Situação que ocorre por influência de marés astronômicas e meteorológicas associadas às ondas de tempestade provenientes de intensas formações ciclônicas próximas à costa (LEAL *et al.*, 2018).

Muitos estudos têm sido feitos para uma melhor compreensão de como esses eventos impactam a zona costeira, colocando em risco, não só as infraestruturas socioeconômicas, mas também a biodiversidade e serviços ecossistêmicos prestados por esse ambiente (LIMA *et al.*, 2020).

## Impactos ambientais e socioeconômicos

Os eventos extremos expõem as zonas costeiras a mudanças irreversíveis, causando a ruptura de habitats e alterações na distribuição de espécies (DUKE *et al.*, 2022).

No Refúgio Nacional da Vida Silvestre *Alligator River* (EUA) 31,600 hectares de vegetação de zonas úmidas foram alterados pela entrada de água salgada e ocorrência de eventos extremos, com 11% da área vegetada transformada em uma floresta morta (URY *et*

al., 2021). A entrada de água salgada no interior das áreas costeiras, devido ao aumento do nível do mar, pode resultar na transição da vegetação saudável para “florestas fantasmas”, caracterizadas pela alta densidade de árvores mortas ainda em pé, indicando a mortalidade rápida e síncrona da vegetação pelo estresse osmótico (KIRWAN & GEDAN, 2019).

No Golfo de Carpentaria, na Austrália, também foi registrado a morte súbita e generalizada de 7.400 hectares (6%) de vegetação de mangue, durante um evento extremo de seca, com altas temperaturas e baixa precipitação (DUKE *et al.*, 2017). Mesmo evento que também foi associado ao estresse térmico sofrido pelos corais no nordeste da Austrália, resultando em um branqueamento severo de 80% da área dos recifes (NORMILLE, 2016).

Além disso, as regiões costeiras estão sujeitas a erosão, um fenômeno global que se caracteriza pela perda de sedimentos a partir de processos geomorfológicos, resultante da complexa interação entre as ondas, nível do mar, incidências de ventos, correntes costeiras, balanço de sedimentos e geologia (FURTADO *et al.*, 2021).

A erosão costeira também vem sendo intensificada pela ocorrência de eventos extremos, como ocorrido em 2006 na *Queensland Gold Coast* da Austrália. Durante as condições de ondas de maior energia já registradas para a região nos últimos 30 anos, causada por um ciclone, 65 m<sup>2</sup> da praia foram erodidos (CASTELLE *et al.*, 2007). O evento também induziu a uma migração de 70 m da barra externa e a formação de uma nova barra interna em cinco dias (CASTELLE *et al.*, 2007).

Como consequência de processos erosivos ocorre a retrogradação da linha de costa com intrusão de água salina para dentro dos ecossistemas estuarinos, colocando a vegetação em risco (THAKUR *et al.*, 2019), como mencionado anteriormente.

Na última década, grande parte do litoral cearense do Brasil teve sua área reduzida, com praias mais estreitas, com a granulometria da areia de média a muito grossa e alturas das dunas mais reduzidas (MAIA, 2016). Em outras regiões, como é o caso do litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, os processos erosivos ocorridos na orla costeira são resultado de eventos extremos e não do efeito de recuo contínuo da linha de costa (MUEHE, 2011).

O histórico de ocupação e desmatamento da zona costeira vem confinando a vegetação endêmica de áreas úmidas em trechos remanescentes com baixa conectividade, e que agora se encontram em uma situação de ainda maior vulnerabilidade pela sua localidade, suscetível aos impactos de eventos extremos (URY *et al.*, 2021). A degradação da vegetação costeira está relacionada à perda da diversidade de fauna associada. O caranguejo-uçá, por exemplo, uma importante fonte de subsistência de catadores, vem desaparecendo dos manguezais, impactando não somente em termos ecológicos, mas também sociais (DUARTE & REZENDE, 2019).

As constantes variações observadas no clima têm impactos direto nas atividades socioeconômicas das populações de ecossistemas em áreas vulneráveis, com realce a pesca de subsistência e a agricultura familiar, assim como nos riscos de desastres naturais (NOBRE *et al.*, 2017). Entre as populações costeiras, existem aquelas que dependem exclusivamente do uso direto dos recursos naturais, sendo obrigadas a lidar com altos

níveis de incerteza relacionados à disponibilidade de recursos naturais e às políticas de conservação da biodiversidade (FARACO *et al.*, 2010).

## ESTUDO DE CASO

### Área de estudo

No trecho do litoral sul de São Paulo e norte de Paraná, o Mosaico de Áreas Protegidas do Lagamar, criado pela portaria nº150 (BRASIL, 2006), abrange 34 Unidades de Conservação de diferentes categorias (Figura 1). O Parque Estadual da Ilha do Cardoso (município de Cananéia, no estado de São Paulo), criado pelo Decreto nº 40.319 de 1962, compreende 13,6 mil ha. O Parque Nacional (PN) do Superagui (município de Guaraqueçaba, no Paraná), criado pelo Decreto nº 97.688 de 1989 e pela Lei Federal nº 9.513 de 1997, abrange uma área de 33.988 ha. A Barra do Ararapira encontra-se no limite entre os dois parques e estados.

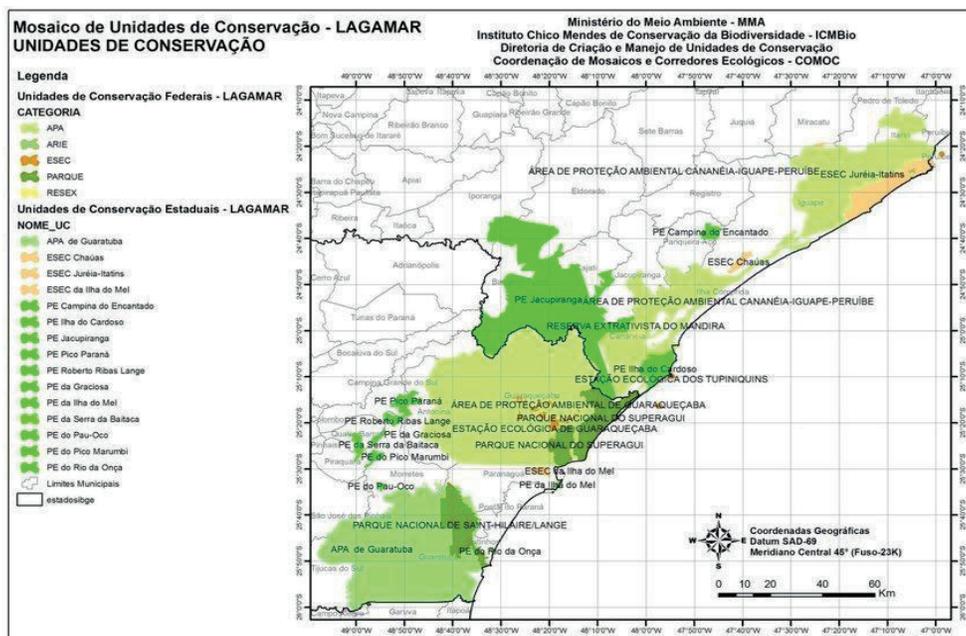


Figura 1. Mosaico de Unidades de Conservação - LAGAMAR. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio.

A região abriga rica diversidade biológica e sociocultural. Com populações tradicionais de origens quilombolas, indígenas e caiçaras, o Complexo Estuarino Cananéia-Iguape integra a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e o Sítio do Patrimônio Mundial Cultural, ambos reconhecidos pela UNESCO e é classificado como Sítio Ramsar desde 2017 (CHARLIER-SARUBO *et al.*, 2021).

A Barra do Ararapira é uma região com constantes processos erosivos que impõem a gerações de moradores a necessidade de mudanças periódicas tanto de suas residências quanto de suas rotas de pesca. Em 1996, Rubens, um dos antigos moradores, afirma que acompanhou a mudança da barra mais de 30 vezes entre 1938 e 1965. A mãe de Rubens casou-se na região e diz que precisou transferir sua residência quase todos os anos (BAZZO, 2011).

Em 2002, ao analisar essa constante dinâmica da barra, Mihály & Angulo (2002) previram que ocorreria uma nova abertura da barra a nordeste da Barra do Ararapira. É na Enseada da Baleia que este processo erosivo acontecia. Muller (2007) estimou que em 1980 a faixa de areia que viraria a “barra nova” possuía cerca de 100 metros de largura, passando na época de seu estudo a 17 metros. Outra análise feita por Angulo *et al.* (2009) afirmava que a nova abertura ocorreria cerca de 1 km de distância da velha barra, próximo ao vilarejo da Enseada da Baleia, foi previsto que tais eventos se dariam entre 2012 e 2016, apesar de pequenas discordâncias sobre a data e o local, as previsões foram bastante corretas.

A previsão partia tanto de pesquisadores quanto de moradores locais, visto que a dinâmica de erosão e deposição sempre ocorreu. Uma das moradoras afirma “uma terra que o mar está comendo”; “mas a natureza está em constante mudança e mangues viram areia, areia vira mangue”; “é mato que vira mar e mar que vira mato”. Assim, tanto os nativos quanto os cientistas afirmavam que a barra de Ararapira se fecharia para a abertura da nova barra (BAZZO, 2011), como ocorrido em agosto de 2018.

A nova abertura causou, gradualmente, o fechamento da Barra de Ararapira ao sul, na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná. Os pesquisadores afirmavam que com essas alterações a energia próxima a Barra de Ararapira diminuiria e parte desse território viraria manguezal, assim, modificando os hábitos pesqueiros bem como a distância de saída para o “mar de fora” (mar aberto). Um morador afirma, na época, que “é o êxodo”, enquanto outro diz que “a barra é nossa bússola”, mostrando a interdependência dos moradores aos aspectos ambientais. A dinâmica geomorfológica mostra um desafio não só para as comunidades do entorno, mas também para o poder público que precisa adaptar-se às alterações físicas que colocam em xeque as delimitações entre os estados e entre os dois parques (BAZZO, 2011).

## Dinâmica sedimentar

As desembocaduras dos estuários, conhecidas popularmente como barras, são a parte final dos rios, onde há um encontro com o mar ou outro corpo d’água (ANGULO *et al.*, 2019). Tais feições geomorfológicas costumam sofrer influência de diversos processos dinâmicos, como erosão, movimento das marés, geomorfologia e aporte de sedimentos no local (FITZGERALD *et al.*, 2001), além das atividades humanas (ANGULO *et al.*, 2009).

Assim como processos que ocorrem no mar e nos rios/estuários afetam as desembocaduras, a descaracterização destas por ação humana também influenciará nos processos físicos ao seu redor (FITZGERALD *et al.* 2001).

Angulo *et al.* (2009) citam alguns locais onde a alteração de ambientes por ações humanas causou uma modificação na dinâmica das barras, por diversos interesses, tais como pesca (em Alverca, Portugal) e navegação (Santa Catarina e Rio Grande do Sul). O Canal do Varadouro, é exemplo emblemático, onde foi feito o alargamento de um pequeno corpo d'água, que ligava os rios Varadouro e Ararapira, para facilitar a passagem de embarcações maiores entre o estado do Paraná e São Paulo, o que traria mais força para o comércio na região do Vale do Ribeira (RODRIGUES, 1955).

## Pré-abertura

Antes da abertura e surgimento da “Barra Nova”, a Barra de Ararapira possuía um esporão de origem holocênica, com início de formação entre 700 e 1110 anos antes do presente (ANGULO *et al.*, 2009). Sua extensão tinha por volta de 16 km, com uma largura aproximada de 400 m, estendendo-se desde a Baía do Trapandé (ao norte), até a região do Superagui (ao sul) (ANGULO *et al.*, 2009; 2019), com um volume de maré vazante de aproximadamente 200.000 m<sup>3</sup> (ANGULO *et al.* 2006). As marés tinham em média 1,6 m, com ondas predominantes a nordeste (massa de ar do Atlântico) e a sudeste (decorrentes de eventuais ciclones), sendo as últimas responsáveis por alterações significativas nos perfis morfológicos do esporão (QUADROS, 2002).

De forma geral, a morfologia da Barra de Ararapira segue uma dinâmica dominada por uma corrente de deriva longitudinal, em direção ao norte, sendo que a geomorfologia interna do esporão sugere um padrão de sedimentação a sudoeste, que gerou diversas “paleo-barras” no decorrer de milhares de anos (ANGULO *et al.* 2009).

Apesar de o esporão se comportar de maneira dinâmica, principalmente em sua porção oceânica, onde há períodos de acresção e erosão (períodos de ondas com diferentes energias), a largura de sua porção mais estreita, próximo à localização conhecida popularmente como Enseada da Baleia, desenvolveu um estreitamento de cerca de 80 metros entre 1980 e 2009 (ANGULO *et al.*, 2009). Já havia algumas previsões de que o esporão iria se romper entre 2012 e 2016, dependendo dos cenários climáticos e sedimentares no decorrer dos anos, e que a Barra de Ararapira passaria a receber maior aporte sedimentar, gerando assoreamento e seu fechamento a longo prazo (ANGULO *et al.*, 2009). Apesar disso, era esperado que o mar avançasse sobre o esporão apenas em eventos de alta energia, o que depois de algum tempo resultaria em sua abertura, sendo que na verdade a abertura ocorreu sim em eventos de alta energia (período de agosto), porém sem que antes o mar sobrepassasse o esporão (ANGULO *et al.*, 2019).

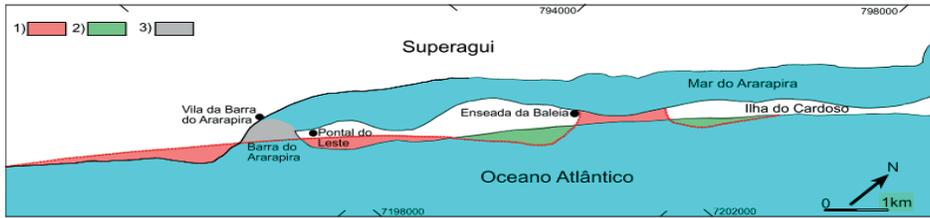


Figura 2. O esquema demonstra a previsão de abertura da barra nova, e as alterações sedimentares consequentes desta alteração. 1) áreas erodidas; 2) áreas acrescidas; 3) áreas assoreadas, após a abertura da barra nova do Ararapira. Adaptado de Angulo et al. (2009).

## Pós-abertura (“Barra Nova”)

A abertura do esporão do Mar do Ararapira, que consequentemente deu origem a chamada “Barra Nova”, ocorreu em 28 de agosto de 2018 (ANGULO *et al.*, 2019), um mês conhecido por possuir ventos e ondas fortes. Atualmente, o Mar do Ararapira, porção mais terminal do complexo estuarino Cananéia-Iguape, continua com uma extensão de cerca de 16 km, porém com uma largura média de apenas 0,5 m, a qual alarga-se de 0,25 até 1,8 km desde a porção norte até a desembocadura de Ararapira (ANGULO *et al.*, 2019).

Desde antes da abertura da “Barra Nova”, os meandros e as dinâmicas de maré no Mar do Ararapira definem dois tipos principais de costas, nas quais as margens onde há predomínio de deposição sedimentar, colonizada por manguezais, seguida por restinga, e as margens que sofrem processo erosivos (ANGULO *et al.*, 2019), onde a vegetação de mangue não consegue se estabelecer.

## Consequências ambientais

Com o intuito de avaliar as consequências ambientais da abertura da Nova Barra e o fechamento da Barra de Ararapira, foram estudadas duas áreas de manguezal, em 21 de setembro de 2022 (Figura 3 e Tabela 1):

1. Barra Nova Mangue Exposto (BNP1) em área exposta à ação do oceano e deposição sedimentar em função da abertura da Nova Barra (Figura 6);
2. Barra Nova Abrigada (BNP2) em local abrigado e com influência estuarina.

Em cada área, uma parcela de tamanho variável (compreendendo de 20 a 30 plantas de mangue acima de 1 m de altura) foi delimitada, onde atributos de estrutura da vegetação de mangue foram obtidos adotando-se metodologia de Cintrón e Schaeffer-Novelli (1984) e Schaeffer-Novelli *et al.* (2015).

Também foi obtida a salinidade intersticial (do sedimento) na BNP2 e na proximidade da Barra de Ararapira, coletada a 10 cm de profundidade, de acordo com a metodologia de Schaeffer-Novelli *et al.* (2015).

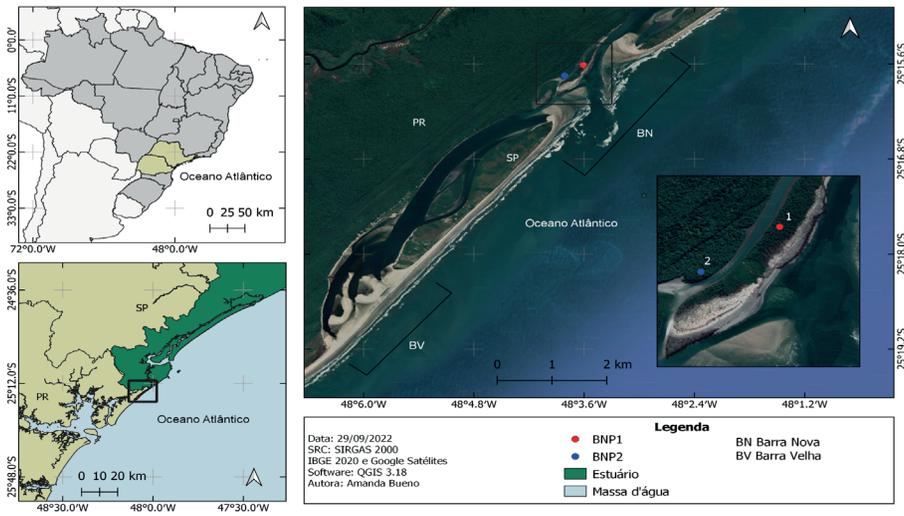


Figura 3. Mapa de localização dos pontos de estudo. Ponto 1 representa a parcela BNP1, local exposto à ação das ondas e o Ponto 2 a parcela BNP2, local com influência estuarina. BN representa o local de abertura da Barra Nova e BV o local de fechamento da Barra Velha (Barra de Ararapira). Elaboração: Amanda Bueno.

As duas florestas de mangue estudadas possuem dominância de mangue preto (*Avicennia schaueriana*) com desenvolvimento estrutural intermediário (diâmetro médio do tronco = 6,5 cm) na floresta exposta, e maduro (diâmetro médio do tronco = 13,6 cm) na floresta abrigada.

A floresta de mangue exposta (BNP1) possui 97,5% de área basal composta por troncos mortos (Figura 4), com a paisagem dominada por árvores mortas e caídas e sedimento do tipo arenoso (Tabela 1).

Por outro lado, a floresta de mangue abrigada das ações das ondas (BNP2) apresenta-se em ótimo estado de conservação (Tabela 1), com 99,3% de dominância em área basal por troncos vivos (Figura 4), altura média das árvores maduras com 13,8 m, além de possuir diversas árvores com desenvolvimento estrutural intermediário, abaixo de 5 m de altura (plantas jovens) (Figura 5). A presença de plantas jovens em uma floresta de mangue madura é indicação da boa saúde dos manguezais, pois funcionam como 'reservatório' (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2015), mantendo a dinâmica da floresta em constante manutenção.

Parcela	Floresta de Mangue	Dossel	Sedimento
BNP1 160 m <sup>2</sup>			
BNP2 100 m <sup>2</sup>			

Tabela 1. Características das duas áreas estudadas em manguezais na Barra Nova. Parcela BNP1, local exposto à ação das ondas e parcela BNP2, com influência estuarina, abrigada das ondas. Fotos: Amanda Bueno, em 21/09/2022

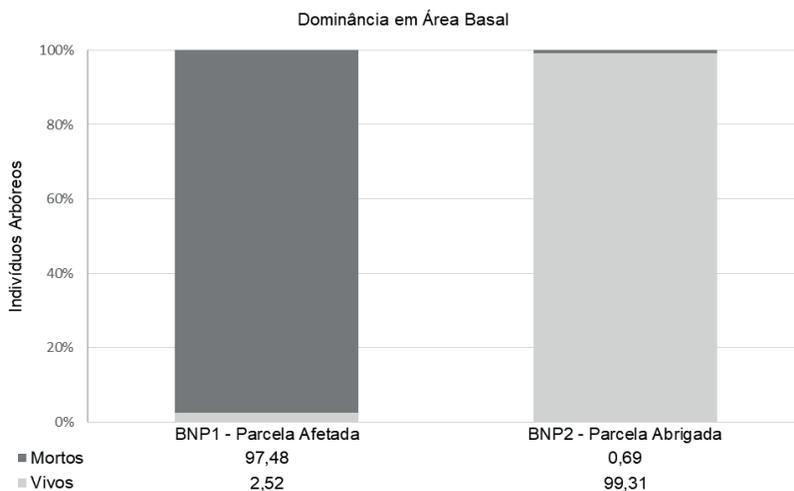


Figura 4. Dominância em área basal por troncos vivos e mortos nas duas parcelas de mangue estudadas.

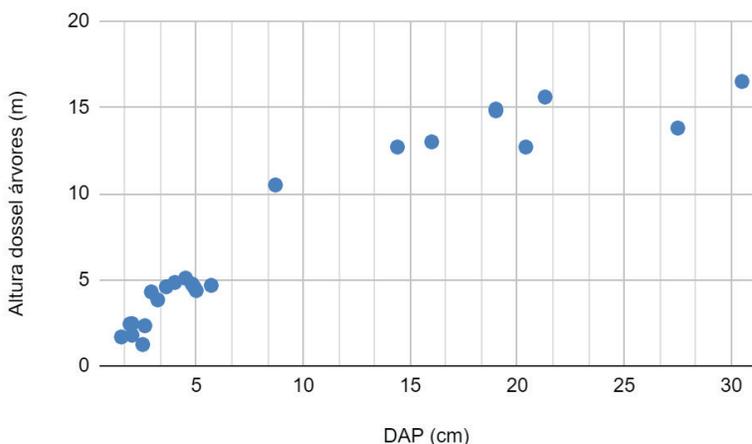


Figura 5. Relação de altura e diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores de mangue da floresta abrigada (BNP2).

Com o fechamento da Barra de Ararapira (Barra Velha) criou-se um ambiente favorável ao desenvolvimento de nova floresta de mangue, com baixa energia das correntes de maré e salinidade intersticial de 34 ppm (Tabela 2). Nessa área, observou-se a ocorrência das três espécies típicas de mangue (*A. schaueriana*, mangue preto, *Laguncularia racemosa*, mangue branco e *Rhizophora mangle*, mangue vermelho), com plantas de *A. schaueriana* mais desenvolvidas (em torno de 1,2 m) e em maior abundância, além da presença da gramínea *Spartina alterniflora*.

Na floresta de mangue abrigada (BNP2) registrou-se salinidade intersticial no valor de 31 ppm. Dados anteriores à abertura da barra (CUNHA-LIGNON *et al.* 2015) são de 23 e 28 ppm, em manguezais próximos à essa região de estudo. Registros mais recentes, após a abertura da barra, dataram salinidade intersticial de 37 ppm, indicando a influência da maior entrada da maré nesse trecho do canal (CUNHA-LIGNON & AVELAR, 2020) (Tabela 2).

Local	Salinidade intersticial (ppm)	Referência
BNP2 – Floresta Abrigada	31	Presente trabalho
Barra de Ararapira (Barra Velha)	34	
Oceano	36	
RESEX Ilha do Tumba – Cananéia (SP)	37	Cunha-Lignon; Avelar (2020)
Sítio Grande – Cananéia (SP)	28	Cunha-Lignon <i>et al.</i> (2015)
Baguaçu – Cananéia (SP)	23	Cunha-Lignon <i>et al.</i> (2015)
Nóbrega – Cananéia (SP)	23	Cunha-Lignon <i>et al.</i> (2015)

Tabela 2. Valores de salinidade intersticial nas florestas de mangue do extremo litoral sul de São Paulo e comparação com estudos pretéritos realizados na região.

Os intensos processos sedimentares que estão ocorrendo no trecho sul do litoral de São Paulo têm afetado as áreas de manguezal. A abertura da Nova Barra provocou alta mortalidade das florestas de mangue, mudanças na paisagem e aumento da salinidade intersticial.

A abertura da barra também está provocando alterações na dinâmica de espécies de peixe de interesse comercial utilizadas pelas comunidades caiçaras locais. O iriko (*Anchoa maringii*, *Anchoa tricolor* e *Anchoa lyolepis*) é um tipo de manjuba que forma grandes cardumes de muitos indivíduos proporcionando grande biomassa no ambiente. Essa espécie, capturada pela pesca artesanal na região estuarina do litoral Sul de São Paulo, é uma das 32 espécies que dependem dos manguezais para sobreviverem (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2021). Além disso, tem grande função ecológica, pois é alimento para outras espécies comercialmente importantes. Essa espécie deslocou sua área de distribuição para o norte do Canal de Ararapira, onde a pesca dessa espécie não é permitida. Em função disso, atualmente está sendo elaborado no contexto do conselho da Área de Proteção Ambiental Cananéia-Iguape-Peruíbe (APACIP) o Plano de Uso Específico de Pesca Tradicional Artesanal da Manjuba/Iriko, que propõe a mudança da área de pesca, de modo que a comunidade tradicional possa continuar utilizando esse recurso pesqueiro.

Outra consequência da maior entrada de água salgada do oceano no canal de Ararapira é o registro da grande presença de ostra exótica (*Saccostrea cucullata*) na região da Resex da Ilha do Tumba (trecho próximo à Nova Barra), provavelmente devido ao aumento da salinidade (CUNHA-LIGNON & AVELAR 2020). De acordo com as autoras, a grande presença de *S. cucullata* nesse trecho do estuário ressalta a importância de monitoramento e estratégias de manejo para auxiliar na gestão desse sistema costeiro (CUNHA-LIGNON & AVELAR 2020).

Por outro lado, o fechamento da Barra de Ararapira (Barra Velha) está favorecendo a instalação de propágulos de mangue e formação de nova área de manguezal, em função da redução da energia das correntes de maré nesse trecho do extremo sul da costa paulista. Sugere-se que o monitoramento dessa área seja realizado, como resposta à dinâmica dos processos sedimentares.



Figura 6. Cenário de abertura da Barra Nova (BN), no Mar de Arapira e suas consequências na vegetação de mangue (M). Nas imagens também estão representados os pontos de estudo do trabalho em 1 (BNP1) e 2 (BNP2). Fotos: André Pedro Noffs.

## CENÁRIOS FUTUROS

A ocorrência dos eventos extremos nas zonas costeiras, como resultados das mudanças do clima, é uma preocupação nas mais distintas regiões do planeta, tendo em conta os seus impactos em várias proporções (BRASIL, 2008). Seus efeitos têm sido uma grande ameaça à saúde dos ecossistemas costeiros e ao bem-estar das populações humanas. Podemos destacar o aumento da temperatura da superfície da água do mar, a elevação e variabilidade do nível do mar, a ocorrência de ciclones dando origem às grandes ondas, que promovem altas taxas de erosão costeira, movimentação do subsolo por subsidência, influenciando as mudanças da energia hidrodinâmica que restringem o espaço dos manguezais (ROGERS, 2021).

O Relatório do Clima do INPE (2007), aponta o aumento de 2°C a 4°C da temperatura no Brasil (ARTAXO, 2020). Quanto à precipitação, projeções para os próximos anos sugerem que no Sul e no Sudeste do Brasil, haverá um aumento da precipitação média devido ao aumento da frequência de dias chuvosos e redução de dias secos (MARENGO, 2007).

O relatório do IPCC de 2019 prevê que até 2100 o nível do oceano vai aumentar entre 0,3 metros e 1,1 metros, destruindo ecossistemas costeiros, além de provocar grandes variações no processo sedimentar, provocando erosão de grandes extensões da linha de costa (CASTRO *et al.*, 2010). Com a modificação da hidrodinâmica dessas áreas, pode ocorrer introdução da água salgada em um aquífero de água doce, alterando a biodiversidade (BRASIL, 2016), e também podendo comprometer o abastecimento de água em cidades litorâneas (CASTRO *et al.*, 2010). Com essas mudanças climáticas as regiões

costeiras urbanizadas estarão sujeitas ao aumento de ciclones extratropicais e mudanças das ondas, propiciando situações de inundações (BRASIL, 2016).

Os eventos climáticos extremos podem impactar a produção agrícola, a infraestrutura costeira, a disponibilidade de recursos hídricos e a qualidade ambiental das cidades (ARTAXO, 2020). Infelizmente, esses impactos já estão sendo observados. Em fevereiro de 2022, a cidade de Petrópolis no Rio de Janeiro registrou um acúmulo de 530 milímetros de chuva em 24 horas, resultando em deslizamentos de terra e 233 mortos. Mais recentemente, em fevereiro de 2023, a cidade de São Sebastião em São Paulo registrou o maior índice de acúmulo de chuva, com 682 milímetros em 24 horas, deixando mais de 2.000 pessoas desabrigadas e 65 mortos. Após o evento de São Sebastião, a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) elaborou documento com dez medidas para evitar novas mortes por falta de políticas de planejamento para eventos climáticos extremos em regiões de alta vulnerabilidade. A SBPC reforçou a necessidade de medidas de curto, médio e longo prazos a fim de reduzir os riscos causados por esses eventos, cuja intensidade tem aumentado dramaticamente com as mudanças climáticas (SBPC, 2023).

Ecosistemas costeiros saudáveis, tais como florestas de encosta, manguezais e restingas, são importantes ferramentas para mitigar os efeitos provocados pelas alterações do clima, sendo que absorvem cerca de 30% do excesso de carbono atmosférico (CASTRO *et al.*, 2010). Além de proteger a costa contra tempestades e aumento do nível do mar, evitam erosão ao longo das margens, fazem a reciclagem de nutrientes e captura de sedimentos (HOWARD *et al.*, 2014). Matas, florestas de encostas e bacias hidrográficas especialmente nas áreas mais sujeitas a tempestades intensas devem ser foco de projetos de restauração (SBPC, 2023).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação Florestal pelo apoio logístico no trabalho de campo e ao ICMBio pela autorização da presente pesquisa no Parque Nacional de Superagui. Agradecemos também ao MsC. André Pedro Noffs pelo auxílio na coleta de dados em campo e disponibilização das imagens aéreas obtidas com drone.

## REFERÊNCIAS

ANGULO, R.J.; SOUZA, M. C; LAMOUR; M. R. **Coastal erosion problems induced by dredging activities in the navigation channel of Paranaguá and São Francisco do Sul harbor, Southern Brazil.** Journal of Coast Research, Itajaí, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium), p. 1801 - 1803., 2004. ISSN 0749-0208.

ANGULO R.J; SOUZA, M.C; MULLER, M.E. **Previsão e conseqüências da abertura de uma nova barra do Mar do Arapira, Paraná-São Paulo, Brasil.** Quat Environ Geosci, v.1, n.2, p.67–75, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abequa.v1i2.14577>

ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C; SIELSKI, L.H; NOGUEIRA, R.A. **Morphology, bedforms and bottom sediments of Mar do Arapira, southern Brazil**. Quat Environ Geosci, Curitiba, v.10, n.1, p.1–9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abequa.v10i1.5946>

ANGULO, R.J. **Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba, v. 10, p. 175-185, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3107>

ARTAXO, P. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas**. Estudos Avançados, v. 34, n.100, 2020

ATSAMON, L.; SANGCHAN, L.; THAVIVONGSE, S. **Assessment of Extreme Weather Events Along The Coastal Areas of Thailand**. J21.2, 8P.

BAZZO, J. **Mato que vira mar, mar que vira mato: o território em movimento na vila de pescadores da Barra de Arapira (Ilha do Superagüi, Guaraqueçaba, Paraná)**. Cadernos de Campo (São Paulo - 1991), v. 20, n. 20, p. 65-85, 2011. DOI: 10.11606/issn.2316-9133.v20i20p65-85. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/cadernosdecampo/article/view/36790>.

BRASIL. **Portaria nº 150**, de 8 de maio de 2006. Ministério do Meio Ambiente - MMA, Diário Oficial da União. Brasília, DF, p.73, 17 de maio de 2006

BRASIL. **Plano Nacional Sobre Mudança do Clima**. Decreto nº6.263, 21 de novembro de 2007.

BRASIL. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - Volume II: Estratégias Setoriais e Temáticas**. Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016

CASTELLE, B; TURNER, I.L; RUESSINK, B.G; TOMLINSON, R.B. **Impact of storms on beach erosion**. *Jornal de pesquisa costeira*. Gold Coast Austrália, SI 50 (Proceedings of the 9th International Coastal Symposium), p. 534-539, ISSN 0749.0208. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26481646>.

CASTRO, B.M.; BRANDINI, F. P.; WAINER, I.E.K.C; DOTTOI, M. **O mar de amanhã, com as mudanças climáticas de hoje**. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 62, n. 3, 2010

CHARLIER-SARUBO, S.; CUNHA-LIGNON, M. **Os Manguezais do Paraná: Resiliência frente ao comprometimento de suas funções e serviços ecossistêmicos**. In: Pellizari, F. & Gomes-Figueiredo, J. (orgs.), 2021. O meio ambiente litorâneo e insular do Paraná. Ponta Grossa, PR, Ed. Atena, Cap. 11, p.162-174.

CUNHA-LIGNON, M.; ALMEIDA, R.; LIMA, N. G. B.; GALVANI, E.; MENGHINI, R. P.; COELHO-JR., C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Monitoramento de Manguezais: abordagem integrada frente às alterações ambientais**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba, VIII, 2015.

CUNHA-LIGNON, M.; AVELLAR, F.B. **Ostras nativas e exóticas em áreas protegidas do litoral sul de São Paulo e implicações ambientais e socioeconômicas. Multidisciplinaridade na aquicultura: Legislação, sustentabilidade e tecnologias**. SEMAQUI, 2020.

CUNHA-LIGNON, M.; MENDONÇA, J.T. **Ecosistema manguezal: seus recursos naturais e pesca.** In: CUNHA-LIGNON, M., BERTINI, G.; MONTEALEGRE-QUIJANO, S. (ed.). Manguezais, camarões-de-água-doce e manjuba-de-iguape: patrimônios natural e cultural do Vale do Ribeira e Litoral Sul do Estado de São Paulo. Registro: Unesp, 2021. p. 23-65, 2021.

DA SILVA, D.F.; LIMA, M.J.S.; NETO, P.F.S.; GOMES, H.B.; SILVA, F.D.S.; ALMEIDA, H.R.R.C; COSTA, R.L.; PEREIRA, M.P.S. **Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.13, n.2, 2020, ISSN: 1984-2295. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/243372>

DUKE, N.C.; KOVACS, J.M.; GRIFFITHS, A.D.; PREECE, L.; HILL, D.J.E.; VAN OOSTERZEE, P.; MACKENZIE, J.; MORNING, H. S.; BURROWS, D. **Large-scale dieback of mangroves in Australia's Gulf of Carpentaria: A severe ecosystem response, coincidental with an unusually extreme weather event.** Marine and Freshwater Research, vol. 68, no. 10, p. 1816–1829, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/MF16322>.

DUKE, N.C.; MACKENZIE, J.R.; CANNING, A.D.; HUTLEY, L.B.; BOURKE, A.J.; KOVACS, J.M.; CORMIER, R.; STABEN, G.; LYMBURNER, L.; A.I. E. ENSO. **Driven extreme oscillations in mean sea level destabilise critical shoreline mangroves—An emerging threat.** PLOS Climate, vol. 1, no. 8, 2022.

FARACO, L.F.D.; ANDRIGUETTO-FILHO, J.M.; LANA, P.C. **A methodology for assessing the vulnerability of mangroves and fisherfolk to climate change.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, vol. 5, no. 2, p. 33–51, 2010.

FITZGERALD, D.M.; KRAUS, N.C.; HANDS, E.B. **Natural mechanisms of sediment bypassing at tidal inlets.** Coastal and Hydraulics Laboratory e Engineer Research and Development Center. Technical note (Coastal and Hydraulics Engineering), IV-30.

FRIESS, D.A.; ADAME, M.F.; ADAMS, J.B.; LOVELOCK, C. E. **Mangrove forests under climate change in a 2°C world.** Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, v. 13, n. 4, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/wcc.792>.

FRIESS, D.A.; ROGERS, K.; LOVELOCK, C.E.; KRAUS, K.W.; HAMILTON, S.E., LEE, S.Y.; RICHARD, L.; PRIMAVERA, J.; RAJKARAN, A.; SHI, S. **The State of theWorld's Mangrove Forests: Past, Present, and Future.** Annual Review of Environment and Resources, v.44, p.88-115, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718- 033302>.

FURTADO, T.V; BONETTI, J. **Proposta para o mapeamento de danos causados por eventos extremos em praias densamente urbanizadas.** Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza, v. 53, n. 2. (Especial), p.120-127, 2020.

KIRWAN, M.L.; GEDAN, K. B. **Sea-level driven land conversion and the formation of ghost forests.** Nature Climate Change, v.9, p. 450 – 457, 2019

LEAL, K.B.; DALINGHAUS, C.; BONETTI, J; DA SILVA, A.P. **Caracterização do clima de ondas e avaliação da exposição a eventos extremos das praias da Armação e Ingleses, Ilha de Santa Catarina.** In: VIII Encontro da Rede BRASPOR, 2018, Rio Grande. VIII Encontro da Rede BRASPOR Anais, 2018.

LIMA, C.O. **Metodologia Para a Avaliação Da Vulnerabilidade Social a Eventos Extremos Costeiros No Brasil. Tese (doutorado em geografia)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2022

LIMA, C.O.; BONETTI, J. **Bibliometric analysis of the scientific production on coastal communities' social vulnerability to climate change and to the impact of extreme events**. *Natural Hazards*, v. 102, n. 3, p. 1589–1610, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-03974-1>.

LOVELOCK, C.E. **Accommodating complexities: Enhancing understanding of the impacts of sea-level rise. A commentary on Kerrylee Rogers' 'Accommodation space as a framework for assessing the response of mangroves to relative sea-level rise'**. *Singapore Journal of Tropical Geography*, v. 42, n. 2, p. 190–193, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sjtj.12361>.

MAIA, G.O.; PINHEIRO, L.S. **Eventos De Alta Energia E Suas Consequências Na Zona Costeira Do Município De Aquiraz, Estado Do Ceará**. *Arquivos de Ciências do Mar*, v. 49, n. 1, p. 74-90, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.32360/acmar.v49i1.6163>.

MARENGO, J.A.; SCHARFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil** - FBDS. 76p., 2009.

MASSELINK, G.; GEHRELS, R. **Coastal environments and global change**. 1 ed. American Geophysical Union, 2014. 448 p.

MIHÁLY, P.; ANGULO, R.J. **Dinâmica da desembocadura do corpo lagunar do Ararapira**. *Revista Brasileira de Geociências*, v.32, n.2, p. 217-22, 2002.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil**. Brasília: MMA, 2008, p.242

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE); GERÊNCIA DE BIODIVERSIDADE AQUÁTICA E RECURSOS PESQUEIROS. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010, p.148

MUEHE, D. **Erosão Costeira - Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil**. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, v.11, n.3, p. 315–325, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5894/rgci282>.

MUELLER, M; et al. **Análise das variações da linha de costa nas margens do Mar do Ararapira**. Relatório de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Geologia, Laboratório de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Paraná, s/d.

MUELLER, M. **Análise das variações da linha de costa nas margens do Mar do Ararapira como subsídio ao planejamento do uso e ocupação**. Monografia de Graduação, - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Paraná, 2007.

NOBRE, C.A.; MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. 1 ed. Bauru: Canal6, 2017, 612p.

NORMILLE, N. **Survey confirms worst-ever coral bleaching at Great Barrier Reef**. In *ScienceInsider*, 19 de abril 2016. Disponível em [http:// www.sciencemag.org/news/2016/04/survey-confirms-worst-ever-coralbleaching-great-barrier-reef](http://www.sciencemag.org/news/2016/04/survey-confirms-worst-ever-coralbleaching-great-barrier-reef).

PINHO, J.F.; VIEIRA, L.; GOMES, A.; MELO, W.W.; VIEIRA, J.; IGLESIAS, I.; BIO, A.; AVILEZ-VALENTE, P.; BASTOS, L.; VELOSO-GOMES, F. **Operacionalização de Modelos Hidrodinâmicos Para Previsão de Níveis do Mar Durante a Ocorrência de Eventos Extremos**. 2021 Trabalho apresentado ao 15º Congresso da Água, Porto, 2021.

QUADROS, C.J.L. **Variações Morfológicas e Volumétricas Associadas à Incidência de Sistemas Frontais em duas Praias Arenosas do Litoral Paranaense**. Tese (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação em Geologia, Curitiba, 2002.

RODRIGUES, M.R. **O Canal do Varadouro. Traço de união do litoral sul paulista com o norte paranaense**. Revista do Instituto Histórico e Geográfico de Paranaguá, v. 2, n.6, p. 473–508, 1955. Disponível em: <https://10.11606/issn.2316-9141.rh.1959.119807>

ROGERS, K. **Planning for current and future needs of mangroves and their accommodation space. Response to Ken Krauss and Catherine Lovelock**. Singapore. Journal of Tropical Geography, v. 42, n. 2, p. 194–196, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/sjtg.12362>.

SBPC (SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA). **SBPC pede medidas para evitar novas mortes por falta de políticas públicas de planejamento para eventos climáticos extremos**. Edições - Jornal da Ciência, São Paulo, 2023.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; VALE, C. C.; CINTRON, G. **Monitoramento do Ecossistema Manguezal: estrutura e características funcionais**. In: TURRA, A.; DEDANAI, M.R. (orgs.). Protocolos de campo para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros. Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos. São Paulo – SP: IOUSP, 2015. cap. 4., p. 65–83.

SOUZA, M. C.; MÜLLER, M. E. **Previsão e consequências da abertura de uma nova barra no Mar do Arapira, Paraná-São Paulo, Brasil**. Quaternary and Environmental Geosciences, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 67-75, 2009.

STEPHENSON, D.B. **Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events**. In: DIAZ, H.F.; MURNANE, R.J. Climate Extremes and Society. Cambridge University Press, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511535840>.

URY, E.A.; YANG, X.; WRIGHT, J.P.; BERNHARDT, E.S. **Rapid deforestation of a coastal landscape driven by sea-level rise and extreme events**. Ecological Applications IS 5, v.3: e02339, 2021.

# ETNOFARMACOLOGIA DE ESPÉCIES VEGETAIS DE UMA COMUNIDADE RURAL DE MAURITI - CE

*Data de submissão: 11/12/2023*

*Data de aceite: 01/02/2024*

### **Gislenne de Sousa Santos**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Missão Velha, CE  
<http://lattes.cnpq.br/4307002354789521>

### **Márcia Taíza Pereira da Cruz**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Missão Velha, CE  
<http://lattes.cnpq.br/4307002310394419>

### **José Weverton Almeida-Bezerra**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE  
<http://lattes.cnpq.br/5570296179611652>

### **Alef Martins de Oliveira**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Missão Velha, CE  
<http://lattes.cnpq.br/3092753057242795>

### **Raquel Furtado dos Santos Moura**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Missão Velha, CE  
<http://lattes.cnpq.br/4338464292850824>

### **Dhenes Ferreira Antunes**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE  
<http://lattes.cnpq.br/3922373252537278>

### **Nara Juliana Santos Araujo**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Crato, CE  
<http://lattes.cnpq.br/4972884378804226>

### **Vanessa Leopoldino Coelho Rodrigues**

Faculdade Cathedral, Boa Vista, RR  
<http://lattes.cnpq.br/1705805205935110>

### **Ana Letícia Gonçalves Pereira**

Faculdade Estácio, Juazeiro do Norte, CE  
<http://lattes.cnpq.br/4901104915110637>

### **Jeovane Henrique de Souza**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE  
<http://lattes.cnpq.br/2731579996944249>

### **Vanessa Jacó Paixão**

Universidade Regional do Cariri,  
Departamento de Ciências Biológicas,  
Missão Velha, CE  
<https://lattes.cnpq.br/6695306397276412>

### **Luana Vinuto Silva**

Universidade Estadual do Ceará,  
Departamento de Ciências Biológica,  
Iguatu, CE  
<http://lattes.cnpq.br/5747413933611370>

**RESUMO:** O Brasil é um local muito rico em espécies vegetais apresentando vários tipos de plantas com efeitos medicinais. O presente trabalho teve como objetivo identificar o potencial de uso das plantas medicinais, utilizadas pela população do sitio carnaúba dos peus, Mauriti, Ceará. A realização da pesquisa foi de forma qualitativa e do tipo descritiva, onde foi realizado uma pesquisa de campo para dialogar sobre as práticas de uso da comunidade. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas semiestruturada com base em formulário. O levantamento etnofarmacológico identificou um total de 25 espécie, 16 famílias e 25 gêneros apresentado dentro de uma tabela. As espécies mais utilizadas foram *Melissa officinalis* L. (erva-cidreira) com 8 citações, *Ruta graveolens* L. (arruda) com 8 e *Achyrocline satureides* (Lam)DC (macela) com 6. O número de espécies por família Rutaceae e Lamiaceae se sobressaiu com um total de 14, Asteraceae com 10, Apiaceae e Myrtaceae com 6, Liliaceae com 5, Monimiaceae com 4, Poaceae com 3, Punicaceae, Zingiberaceae, Loraceae e Amoryllidaceae com 2, Passilorceae, Aconthaceae, Malvaceae e Fabaceae com 1. As partes mais frequentemente utilizadas foram as folhas, representando 57% das citações, e a forma de preparo mais mencionada foi a infusão. Foi constatado que o uso de plantas medicianais é bastante utilizado, pois apresenta a finalidade de cura sendo que a população entrevistada na zona rural apresenta um conhecimento sobre as plantas e sobre a forma de uso e a sua forma de preparo e a sua finalidade. A realização da pesquisa promoveu o diálogo e a interação sobre os conhecimentos das plantas e as suas finalidades de cura da comunidade de Mauriti - Ceará.

**PALAVRAS-CHAVE:** Etnofarmacologia, Plantas medicinais, Cultura popular, Cura.

## ETHNOPHARMACOLOGY OF PLANT SPECIES FROM A RURAL COMMUNITY IN MAURITI - CE

**ABSTRACT:** Brazil is a place very rich in plant species, presenting several types of plants with medicinal effects. The present work aimed to identify the potential use of medicinal plants, used by the population of the carnaúba dos peus site, Mauriti, Ceará. The research was carried out qualitatively and descriptively, where field research was carried out to discuss the community's usage practices. Data collection was carried out through semi-structured form-based interviews. The ethnopharmacological survey identified a total of 25 species, 16 families and 25 genera presented in a table. The most used species were *Melissa officinalis* L. (lemon balm) with 8 citations, *Ruta graveolens* L. (rue) with 8 and *Achyrocline satureides* (Lam)DC (macela) with 6. The number of species per family Rutaceae and Lamiaceae is stood out with a total of 14, Asteraceae with 10, Apiaceae and Myrtaceae with 6, Liliaceae with 5, Monimiaceae with 4, Poaceae with 3, Punicaceae, Zingiberaceae, Loraceae and Amoryllidaceae with 2, Passilorceae, Aconthaceae, Malvaceae and Fabaceae with 1. The most frequently used parts were the leaves, representing 57% of the citations, and the most mentioned form of preparation was infusion. It was found that the use of medicinal plants is widely used, as it has the purpose of healing and the population interviewed in rural areas has knowledge about the plants and how they are used, how they are prepared and their purpose. Carrying out the research promoted dialogue and interaction about the knowledge of plants and their healing purposes in the community of Mauriti - Ceará.

**KEYWORDS:** Ethnopharmacology, Medicinal plants, Popular culture, Healing.

## INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais é tão antigo quanto à própria humanidade, são utilizadas por várias comunidades tendo a função de aliviar dores e curar diversas doenças, sendo que diversos povos têm o conhecimento sobre os seus usos e benefícios (RIBEIRO, 2019). Relatos sobre a utilização de plantas medicinais são passados de geração em geração, onde os mais idosos são responsáveis por transmitir esse conhecimento milenar (MELRO et al., 2019; SILVA et al., 2021).

O uso de plantas medicinais no Brasil é uma prática muito antiga, sendo o conhecimento etnomedicinal preservando pelas populações mais tradicionais (RIBEIRO, 2019). O uso terapêutico de plantas medicinais mostra que desde a antiguidade já existia essa tradição, nas famílias havia o costume de perguntar aos mais idosos sobre o uso de plantas com o intuito de buscar o tratamento de doenças, e esse conhecimento era repassado verbalmente (OLIVEIRA et al., 2010). Com o passar dos anos, as famílias começaram a cultivar as plantas medicinais em seus próprios quintais, sendo que muitas espécies utilizadas popularmente já tiveram a comprovação científica sobre a sua eficácia (FERRO, 2008; KORCZOVEI; ROMAGNOLO, 2013; OLIVEIRA; MEZZOMO; MORAES, 2018).

Os fitoterápicos são as plantas silvestres ou cultivadas, que apresentam substâncias que são utilizadas com o propósito terapêutico de atuar na cura de enfermidades (BRASIL, 2016). Dentre as espécies mais utilizadas pelas populações tradicionais do nordeste brasileiro, estão *Turnera ulmifolia*.L.(xanana), *Copaifera langspainffii* desf, (copaíba) e *Astronium urundeuva* Engl, (aroeira) (MAGALHÃES et al., 2019).

De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 80% da população de países em desenvolvimento faz uso de práticas tradicionais na atenção primária à saúde, sendo assim cerca de 85% fazem a utilização de fitoterápicos com o intuito do tratamento terapêutico (ROSA, 2011).

As informações sobre as espécies medicinais da região da Caatinga são bastante conhecidas. Através de estudos são realizados levantamentos etnobotânicos sobre as plantas, ou seja, as relações entre as plantas e as suas práticas terapêuticas, como também na Ciência é utilizada diversas abordagens para ampliar o conhecimento em que as pessoas têm sobre o uso de plantas e sobre a biodiversidade, ampliando diferentes estratégias no ramo da seleção de espécies adequadas a bioprospecção (SHELLEY, 2009; ALBUQUERQUE, 2010).

A população faz o uso plantas medicinal por tradição, sendo utilizadas de diversas formas, como: chás, xaropes, entre outros. Segundo dados do Brasil, em especial no nordeste brasileiro, o uso de plantas medicinais é comum em cerca de 90% da população mais vulnerável, havendo também no meio urbano a presença de raizeiros em mercados como vendendo diversas espécies medicinais (MOSCA; LOIOLA, 2009). No Brasil a

utilização de plantas medicinais consistem em uma grande riqueza de variabilidade de espécies da nossa flora (SANTOS et al., 2018). Dessa forma, o reconhecimento sobre as plantas medicinais é importante para permitir a descoberta de princípios ativos, como também, o desenvolvimento de medicamentos de fontes naturais (ALMEIDA et al., 2012).

O potencial terapêutico das plantas medicinais é aproveitado pela população, contudo, é crucial que as pessoas usem fitoterápicos de origem vegetal com cautela, sempre buscando compreender sua finalidade terapêutica, benefícios e potenciais riscos. O conhecimento sobre a utilização do remédio caseiro possibilita que as populações tenham autonomia e o direito de escolha, como também possibilita a menor dependência de medicamentos (BADKE et al., 2011; MACHADO; PINHEIRO; GUIZARDI, 2004).

Dentro desta perspectiva, a presente pesquisa tem por objetivo geral investigar o potencial terapêutico das plantas medicinais, utilizadas pela população do sítio Carnaúba dos Peus e tem como objetivos específicos: Fazer uma listagem de plantas utilizadas por moradores da Carnaúba dos Peus na zona rural de Mauriti como também realizar um levantamento das principais espécies ou grupos taxonômicos que são utilizados e investigar o motivo e a forma de utilização no meio medicinal.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de estudo**

Este estudo foi desenvolvido no município brasileiro de Mauriti do Estado do Ceará (07° 23' 21" S; 38° 46' 28" O) e está localizado no sul do Ceará o estudo foi desenvolvido no Sítio Carnaúba dos Peus, que faz parte do distrito do buritizinho. Segundo o Instituto Brasileiro de geografia e estatística (IBGE), o último censo em (2021) estima-se uma população de 48.370 pessoas, área territorial em 1.079,011 km<sup>2</sup> e o domínio fitogeográfico é predominante a caatinga clima tropical quente semiárido.

### **Tipo de estudo**

A metodologia utilizada foi do tipo qualitativa e descritiva buscando através de um formulário, ver a opinião da comunidade rural da Carnaúba dos Peus, sobre o uso de etnofarmacologia de espécies vegetais de uma comunidade rural, como também investigar o potencial terapêutico das plantas medicinais, utilizadas pela população do sítio Carnaúba dos Peus.

### **Participantes da pesquisa**

Foram escolhidos para realizar a pesquisa vinte pessoas do sítio de Carnaúba dos peus, que está localizado no município de Mauriti-Ceará, situado na zona rural. As entrevistas foram realizadas durante a semana e finais de semana na zona rural de

Carnaúba dos pelos do município de Mauriti Ceará. O estudo foi realizado entre os meses de maio a junho de 2023, com indivíduos do sexo feminino e masculino, com a faixa etária que varia de 20 a 59 anos.

### **Coleta dos dados**

A coleta de dados foi realizada por meio de entrevista com base em formulário padronizado contendo os dados de identificação pessoal do participante (Idade, sexo, etc), seguido de uma tabela contendo o nome de plantas medicinais utilizadas, fins terapêuticos, parte utilizada, forma de preparo, forma de uso e via de administração. Todos que participaram da pesquisa confirmaram sua participação através do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE, bem como foram esclarecidos, em linguagem acessível, sobre normas éticas, riscos mínimos, objetivos e benefícios da pesquisa.

### **Análise dos dados**

Os dados foram analisados empregando através de um levantamento posteriormente a estatística descritiva organizada nas seguintes etapas: obtenção, organização e representação dos dados. Posteriormente foram expressos em gráficos e tabelas construídos utilizando o *Microsoft Word Excel 2023*.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir do levantamento etnomedicinal os resultados revelam um total de 25 espécies de plantas medicinais partilhadas entre 16 famílias botânicas e 25 gêneros. As plantas estão apresentadas através da família/nome científico, nomes populares, propósito terapêutico, partes utilizadas, forma de uso, forma de preparo e via de administração conforme apresentado na tabela 1.

Família/Nome científico	Nome vernacular	Indicação terapêutica	Parte utilizada	Estado de uso	Preparação	Uso
<b>ACANTHACEAE</b>						
<i>Justicia pectoralis Jacq.</i>	anador	Febre Dor de cabeça, dor no corpo.	Folha	Verde	Infusão	Chá
<b>AMORYLLIDACEAE</b>						
<i>Allium cepa L.</i>	cebola-branca	Gripe, tosse, aumentar imunidade	Casca	Verde	Decocção	Chá
<i>Allium sativum L.</i>	alho	Gripe, tosse, hipertensão.	Caule	Verde	Infusão	Chá
<b>APIACEAE</b>						
<i>Anethum graveolens L.</i>	endro	Indigestão, insônia, gripe, náuseas.	Folha Semente	Verde Seca	Infusão	Chá
<i>Pimpinella anisum L.</i>	erva-doce	Tosse, dor de cabeça, ansiedade.	Semente	Seca	Infusão	Chá
<b>ASTERACEAE</b>						
<i>Matricaria recutita L.</i>	camomila	Ansiedade, calmante, insônia.	Flor	Seca	Infusão	Chá
<b>FABACEAE</b>						
<i>Hymenaea courbaril L.</i>	jatobá	Inflamações, Problema respiratórios, tosse.	Casca	Seca	Decocção	Chá
<b>LAMIACEAE</b>						
<i>Melissa officinalis L.</i>	erva-cidreira	Mal estar, ansiedade, gripe, falta de apetite, nervo, dor de cabeça.	Folha	Verde	Infusão	Chá
<i>Mentha spicata L.</i>	hortelã	Má digestão, febre, gripe.	Folha	Verde	Infusão	Chá
<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	alecrim	Indigestão, gripe.	Folha	Verde	Infusão	Chá
<b>LAURACEAE</b>						
<i>Cinnamomum verum J. Presl.</i>	canela	Má digestão, gripes e resfriados.	Casca	Seca	Decocção	Chá
<b>LILIACEAE</b>						
<i>Citrus sinensis (L.) Osbeck.</i>	babosa	Cicatrização de feridas na pele, queimaduras.	Folha (Sumo)	Verde	Gel	In natura
<b>MALVACEAE</b>						
<i>Malva sylvestris L.</i>	malva	Tosse e coriza	Folha	Verde	Infusão	Chá
<b>MONIMIACEAE</b>						

<i>Peumus boldus</i> <i>Molina.</i>	boldo	Mal-estar, indigestão, prisão de ventre, gases intestinais	Folha	Verde Seca	Infusão	Chá
<b>MYRTACEAE</b>						
<i>Syzygium</i> <i>aromaticum (L.)</i> <i>Merr. &amp; L.M.Perry</i>	cravo	Dor de cabeça	Botões florais	Seca	Decocção	Chá
<i>Psidium guajava</i> L.	goiaba	Diarreia, mal estar, digestão.	Folhas	Verde	Infusão	Chá
<b>PASSIFLORACEAE</b>						
<i>Passiflora</i> <i>cincinnata Mast.</i>	maracujá	Insônia, ansiedade	Fruto	Verde	Sumo	Suco
<b>POACEAE</b>						
<i>Cymbopogon</i> <i>citratu (D.C.)</i> <i>Stapf.</i>	capim- santo	Ansiedade, insônia, hipertensão, dores de cabeça.	Folha	Verde	Infusão	Chá
<b>PUNICACEAE</b>						
<i>Punica granatum</i> L.	romã	Dor de garganta e hipertensão.	Casca Fruto,folha s.	Verde	Infusão Decocção	In natura
<b>RUTACEAE</b>						
<i>Citrus limon</i> L.	limão	Gripe, tosse, aumentar imunidade.	Fruto	Verde	Suco	In natura
<i>Citrus sinensis (L.)</i> <i>Osbeck.</i>	laranja	Indigestão, gripe, tosse e náuseas, infecção intestinal	Fruto Casca	Verde seca	Decocção, suco, sumo.	In natura Chá
<i>Ruta graveolens</i> L.	arruda	Mal estar, Dor de cabeça.	Folha	Seca, Verde	Infusão	Chá
<b>ZINGIBERACEAE</b>						
<i>Zingiber officinale</i> <i>Roscoe.</i>	gengibre	Indigestão, asma, bronquite, gripe, tosse.	Raiz	Verde	Decocção	Chá

Tabela 1 - Listagem das espécies medicinais utilizadas pela população da zona rural de Mauriti-Ceara.

Fonte: Autores (2023)

Nos dados obtidos e ao número de citações por espécies, concebe-se a *Melissa officinalis* L. (erva-cideira) com 8 citações sendo, a espécie com o número mais representativo de citações, mencionada por apresentar propriedades com efeito calmante, dor de cabeça, gripe e mal-estar, falta de apetite, seguida do *Ruta graveolens* L (arruda) com 8 indicações para problemas dor de cabeça e mal-estar, e *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC (macela) com 6 menções, indicada também para problemas dor de barriga, problemas digestivos, mal-estar e com propriedades de cura.

A *Melissa officinalis* L., vernaculamente conhecida por “erva-cidreira” é uma planta que pertence à família Lamiaceae. A espécie *Melissa officinalis* foi frequentemente citada para efeito calmante, dor de cabeça, gripe e mal-estar, indigestão, ansiedade, falta de apetite. Na literatura é mencionada para o tratamento de crises nervosas, taquicardia e histerismo (excesso de irritação) e melancolia (HABER et al., 2005). A espécie possui óleo essencial extraído de suas folhas que contém citrionelol, citral, germancreno D, ocimeno e citrionelol (SILVA et al, 2005).

Outras plantas citadas foram: *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (capim-santo) (citado 3 vezes), *Zingiber officinale* Roscoe (gengibre) (2), *Passiflora cincinnata* Mast. (maracujá) (1), *Salvia rosmarinus* L. (alecrim) (2), *Aloe vera* (L.) Burm.f. (babosa) (5), *Pimpinella anisum* L. (Erva-doce) (5), *Matricaria recutita* L. (Camomila) (4), *Psidium guajava* L. (Goiaba) (4), *Punica granatum* L. (Romã) (2), *Zingiber officinale* Roscoe. (Gengibre) (2), *Syzygium aromaticum* (L.) (Cravo-da-índia) (5), *Cinnamomum verum* J.Presl.(canela) (2), *Allium cepa* L. (Cebola-branca) (1), *Allium sativum* L.(alho), *Anethum graveolens* L.( Endro) (1), *Justicia pectoralis* Jacq.(anador)(1), *Hymenaea courbaril* L.(Jatoba)(1), *Eucalyptus globulus* Labill.(eucalipto)(1) e *Malva sylvestri* L.(malva).

Com os dados obtidos, verifica-se variadas indicações terapêuticas, dentre elas indigestão, ansiedade, insônia, hipertensão, gripe, tosse, resfriados, febre e dores em geral como sendo as patologias mais citadas pelos informantes. Os participantes relataram perceber menos efeitos colaterais quando usam plantas medicinais para tratar de enfermidades, do que quando usam medicamentos sintéticos. Pois muitas vezes, utilizam um medicamento para tratar determinada doença e acaba prejudicando outro sistema do corpo humano.

O número de espécies por famílias botânicas, Rutaceae e Lamiaceae se sobressai com um total de 31%, (14 ssp.) sendo, portanto, a família que possui maior número de espécies medicinais, em seguida de Asteraceae com 22%, (10 ssp.), Apiaceae e Myrtaceae com 13%, (6 ssp.), Liliaceae com 11%, (5 ssp.), Monimiaceae com 9%, (4 ssp.), Poaceae com 7%, ( 3 ssp.), Punicaceae, Zingiberaceae, Lauraceae e Amoryllidaceae com 5%, (2 ssp.), Passiloraaceae, Aconthaceae, Malvaceae e Fabaceae com 2%, (1 ssp.). A espécie mais citada dentro da família Lamiaceae sendo que todas elas apresentam fins terapêuticos, com o intuito de cura foi a *Melissa officinalis* L (Erva-cidreira), seguida da *Achyrocline satureioides* (macela), *Ruta graveolens* L (arruda), *Pimpinella anisum* L (erva doce), *Aloe vera* (L.) Burm.f. (babosa), *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. (laranja).

Segundo Trindade et al. (2016), a família botânica Lamiaceae se destaca por apresentar uma quantidade significativa de espécies com valores econômicos, culinários e medicinais. Suas plantas apresentam um forte aroma e é essencial na infusão de chá por ter propriedade medicinal. Para Cunha, (2021), o uso medicinal é uma alternativa terapêutica que está relacionada ao baixo custo e a facilidade de acesso a planta, esses são alguns fatores que impulsionam ainda mais o uso de fitoterápico. A família que mais se destaca é a rutácea é uma que se destaca durante a pesquisa ela é bastante citada.

Das 25 plantas citadas, que se destacaram 6 sendo elas erva cidreira, erva doce, babosa, arruda, laranja, macela as mesmas foram mencionadas mais de 4 vezes. A principal forma de uso do superados pela população de Mauriti - Ceará tem se como resultado que as plantas mais utilizadas do está testado verde 17-39% em seguida na forma seca 5-50%.

Segundo Roque et al. (2010), o uso de folhas da planta medicinal apresenta 3 motivos devido a espécie cultivada. Tendo um fato de hábito de conter folhas o ano inteiro. Sendo que as folha e a parte mais utilizada pela população entrevistada.

A maioria das pessoas entrevistadas da zona rural, foi mencionado que fazia o uso de plantas medicinais e que cultivava em seus quintais das suas residências, outros relataram que fazia uso só que não tinha nos seus quintais pegava com os vizinhos ou até mesmo com a família e outros falaram que encontraria plantas na feira livre local onde tinha o acesso a compra da planta. A divisão das principais partes utilizadas pela população localizada na zona rural de Mauriti Ceará. Durante a tabulação de dados constatamos que a folha foi mais citada pelo entrevistado com 47-57%, em seguida o fruto com 16-20%, casca 5-6%, semente 5-6%, flor 4-5%, entrecasca 3-4%, raiz 2-2%.

A distribuição de preparo das plantas utilizada pela população de Mauriti- Ceará da zona rural, sendo que a sua forma de preparo mais utilizadas foi a infusão pois durante a tubulação de dados foi obtido 64-74% respectivamente. A segunda forma de preparo, mas utilizado foi a decocção com 10-11%, outra forma de preparo foi o sumo 4-5%, banho 6-7% e xarope 3-3%. A forma de preparo por infusão foi mais representada, onde a pessoa utiliza em forma de chá (OLIVEIRA; MEZZOMO; MORAIS, 2018).

O chá é bastante utilizado no brasil, pois as pessoas têm o abito de utilização, sendo que os vegetais fornecem diversidade de metabolitos um dos exemplos é o óleo essencial que apresenta algumas funções que conferem ação medicinal. As espécies apresentam as principais fontes de antioxidantes (MAGALHAES; SANTOS, 2021).

As plantas que têm se destacado como calmante natural, são citadas, *Pimpinella anisum* L (erva doce), *Matricaria recutita* (camomila), *Cymbopogon citratus* (capim santo), *Passiflora cincinnata* (maracujá), *Melissa officinalis* (erva-cidreira). Durante a tabulação de dados foi observado que as pessoas fazem uso natural dessas espécies, com a finalidade de calmante.

As doenças do sistema respiratório como tosse e gripe e dor de garganta. as plantas que foram citadas foram *Mentha spicata* (hortelã), *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá), *Allium sativum* (Alho), *Allium cepa* (Cebola branca), *Cinnamomum verum* J.Presl. (Canela), *Zingiber officinale* (gengibre), *Citrus limon* (limão), *Citrus sinensis* L (laranja), *Punica granatum* L. (romã), *Rosmarinus officinalis* L (alecrim), essas foram as espécies de plantas mais utilizadas pela população entrevistada por se tratar de doenças respiratórias, sendo usadas em forma de decocção ou infusão, ou seja, em forma de chá as mais citadas foram laranja e o hortelã.

Para tratar de feridas na pele ou até mesmo em queimaduras a espécie mais falada foi *Aloe vera*, conhecida como babosa, atua em cicatrização de feridas, na qual é utilizada em forma de gel como uso natural passando sobre o local.

## CONCLUSÕES

Foi constatado que a população entrevistada na zona rural apresenta um conhecimento sobre as plantas medicinais e sobre a sua forma de uso, preparo e finalidade de cura. Não há dúvidas da importância em que as plantas medicinais representam para algumas pessoas, que muitas vezes fazem a utilização de plantas medicinais sem ter o conhecimento científico sobre elas, mas nos desperta preocupação pois é necessário saber a dosagem e a quantidade necessária para ser utilizada. Durante a realização da pesquisa foi observado também que as pessoas fazem uso de plantas medicinais pela facilidade de acesso, sendo estas muitas vezes cultivadas nos seus próprios quintais.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U.P.; LUCENA, R.F.P.; ALENCAR, N. L. Métodos e técnicas para a coleta de dados etnobiológicos. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Eds), **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica**. Recife-PE: NUPEEA, 2010.

ALMEIDA, M. Z. Plantas medicinais: abordagem histórico-contemporânea. **Plantas Medicinais [online]**, v. 3, p. 34-66, 2011.

BADKE, M.R., BUDÓ, M. D. L. D., SILVA, F. M. D., RESSEL, L. B. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. **Escola Anna Nery**, v. 15, n. 1, p.132-139, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016

CUNHA, L. C., DEUSCHLE, V. C. K. N., DEUSCHLE, R. A. N. *et.al.* **Uso de plantas medicinais e fitoterápicos entre usuários de uma clínica universitária de fisioterapia do noroeste do Rio Grande do Sul**. Saúde (Santa Maria). v. 47, 2021.

FERRO, D. **Fitoterapia: conceitos clínicos**. Atheneu, 2008.

HABER, L. L., LUZ, J. M. Q., ARVATI DÓRO, L. F., SANTOS, J. E. Diferentes concentrações de solução nutritiva para o cultivo de *Mentha piperita* e *Melissa officinalis*. **Horticultura Brasileira**, v.23, p. 1006-1009, 2005.

IBGE. **Mauriti Panorama**. 2022. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/mauriti/panorama>> Acesso em 10 jun. 2023.

KORCZOVEI, S. R. M.; ROMAGNOLO, M. B. Plantas medicinais: valorização e preservação do conhecimento popular associado ao conhecimento científico. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na perspectiva do professor pde, 2013**. Curitiba: SEED/PR., 2016. V.1. (Cadernos PDE).

- MACHADO, F.R.S.; PINHEIRO, R.; GUIZARDI, F.L. As novas formas de cuidado integral nos espaços públicos de saúde. In: PINHEIRO, R.; MATTOS, R.A. (Orgs.). **Cuidado: as fronteiras da integralidade**. Rio de Janeiro-RJ: Hucitec/Abrasco, 2004.
- MAGALHÃES, B. E. A.; SANTOS, W. N. L. Capacidade antioxidante e conteúdo fenólico de infusões e decoções de ervas medicinais. In: ALMEIDA-JÚNIOR, S. **Produtos Naturais e Suas Aplicações: da comunidade para o laboratório**. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021.
- MELRO, J. C.; FONSECA, S. A.; SILVA, J. M.; FRANCO, S. P. B.; SOUZA, M. A.; PIMENTEL, Y. F.; SANTOS, A. F. Ethnobotanical study of Medicinal plants used by the population assisted by the “Programa de Saúde da Família” (Family Health Program). **Brazilian Journal of Biology**, 80, 410-423. 2019.
- MOSCA, V. P.; LOIOLA, M. I. B. Uso popular de plantas medicinais no Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. **Rev Caatinga [online]**. v.22, n. 4, p. 225-34, 2009.
- OLIVEIRA, G. L.; OLIVEIRA, A. F. M.; ANDRADE, L. H. C. Plantas medicinais utilizadas na comunidade urbana de Muribeca, Nordeste do Brasil. **Acta botânica brasileira**, v. 24, p.571-577, 2010.
- OLIVEIRA, V. B.; MEZZOMO, T. R.; MORAES, E. F. Conhecimento e uso de plantas medicinais por usuários de unidades básicas de saúde na região de Colombo, PR. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 22, n. 1, p. 57-64, 2018.
- RIBEIRO, L. H. L. Análise dos programas de plantas medicinais e fitoterápicos no Sistema Único de Saúde (SUS) sob a perspectiva territorial. **Ciência & saúde coletiva**, v. 24, p. 1733- 1742, 2019.
- ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M.; LOIOLA, M. I. B. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.12, n.1, p.31-42, 2010.
- ROSA, C.; CÂMARA, S. G.; BÉRIA, J. U. Representações e intenção de uso da Fitoterapia na atenção básica à saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 1, p. 311-318, 2011.
- SANTOS, M. O., RIBEIRO, D. A., MACÊDO, D. G., MACEDO, M. J., MACEDO, J. G., LACERDA, M. N. S. Medicinal Plants: versatility and concordance of use in the caatinga area, Northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 2767-2779, 2018.
- SHELLEY, B. C. L. Ethnobotany and the process of drug discovery: A laboratory exercise. **The American Biology Teacher**, v.71, n.9, p.541-547, 2009.
- SILVA, E. D., MATIAS, S. M. S., BARROS, B. G. A.; OLIVEIRA, F. J. V. A importância do uso das plantas medicinais, frente ao cenário atual da pandemia causada pelo SARS-CoV-2. **Research, Society and Development**, v. 1, n. 11, 2021.
- SILVA, S. D.; SATO, A.; LAGE, C. L. S.; SAN GIL, R. A. D. S.; AZEVEDO, D. D. A.; ESQUIBEL, M. A. Essential oil composition of *Melissa officinalis* L. *in vitro* produced under the influence of growth regulators. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, p.1387-1390, 2005.
- TRINDADE, E. L.; GARCIA, F.; FERREIRA, R.; PASA, M. C. Lamiaceae-levantamento de dados das plantas medicinais recorrentes no estado de Mato Grosso presentes no herbário UFMT campus de Cuiabá-MT. **Biodiversidade**, v. 15, n. 2, 2016.

**DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS:** Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado em Biologia Celular e Molecular (2002), doutorado em Ciências (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o mestrado e o doutorado trabalhou diretamente com biologia celular e molecular e bioquímica, na clonagem e expressão de genes do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Também trabalhou com morte celular e estresse oxidativo no carrapato. Fez pós-doutorado na área de Ciências Médicas - Farmacologia (2007) na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Atualmente é professora Adjunta III na Universidade Federal do Piauí, no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS). Também é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem (PPGEnf-UFPI). Tem experiência nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Imunologia, Parasitologia, Microbiologia e Farmacologia Experimental e tem linhas de pesquisa em Controle de Infecções em Serviços de Saúde, Infecções comunitárias e Educação em Saúde.

**A**

*Acosmium subelegans* 103, 104, 105, 106, 110, 111

*Alibertia sp* 170

Arara Canindé 170

**B**

Bacteriologia 66

Biodiversidad 117, 118, 132, 134, 136

**C**

Cadena alimentaria 44, 62

Ciência cidadã 10, 11, 13, 19, 21

Ciências ambientais 10

Conservação ecológica 170

**D**

Deterrência 103, 105, 112

Dieta de aves 170

**E**

Ecologia de alimentação 170

Educação ambiental 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Educação básica 25, 26

Ensino-aprendizagem 26, 27

Ensino de genética 25, 26, 35

Estresse oxidativo 65, 67, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 169

Estresse térmico 71, 72, 78, 92, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 143

Eventos climáticos extremos 141, 153, 157

**F**

Fisiologia vegetal 101, 102

**G**

Gestão participativa 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Golfo de México 118, 119, 120, 121, 124, 130, 132, 133, 136, 137, 139

**I**

Infecção bacteriana 65, 81

**L**

*Listeria monocytogenes* 44, 61, 62, 63, 64

Listeriosis 44, 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 59, 62, 63, 64

**M**

Manguezal 141, 145, 147, 151, 155, 157

Metodologia ativa 26

Mudanças climáticas 101, 141, 152, 153, 154, 156

**P**

Perfil de resistência antibiótica 170

Peróxido de hidrogênio 67, 71, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101

Pesca incidental 117, 118, 128

Pesquería artesanal 118, 122, 134

Plantas 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 22, 24, 57, 63, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 101, 105, 106, 113, 147, 148, 150, 159, 160, 161, 162, 165, 166, 167, 168

*Plutella xylostella* 103, 104, 109, 110, 113, 114, 115

Potencial patogénico 44

Processos erosivos 140, 141, 143, 145

*Psychotria* sp 115

**R**

Recursos didáticos 26, 30, 35

**S**

Salmonelose 66

Saúde pública 66, 67, 115

**T**

Traça das crucíferas 103, 104

**U**

Unidades de conservação 36, 37, 39, 41, 42, 43

**V**

Vatairea macrocarpa 103, 104, 105, 106, 110, 111

**W**

Wikiaves 10, 11, 12

# Vida em EVOLUÇÃO:

EXPLORANDO AS  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# Vida em EVOLUÇÃO:

EXPLORANDO AS  
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

A decorative graphic at the bottom of the page consists of several overlapping, stylized green leaves with white outlines, creating a layered, organic shape.  
**Atena**  
Editora  
Ano 2024