



LAS  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas  
de conocimiento

3

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

Atena  
Editora

Ano 2023



LAS  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas  
de conocimiento

3

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(Organizadora)

Atena  
Editora

Ano 2023

**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

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 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

Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas  
de conocimiento 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b>	
C569	<p>Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento 3 / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.</p> <p>Formato: PDF  Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  Modo de acesso: World Wide Web  Inclui bibliografia  ISBN 978-65-258-2161-0  DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.610231812">https://doi.org/10.22533/at.ed.610231812</a></p> <p>1. Ciencias biológicas. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 570</p>
<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

## 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 produção de conhecimento é um processo fundamental para o avanço da sociedade, da ciência e da tecnologia, que envolve a geração, aquisição, organização e disseminação de informações e ideias que contribuem para a compreensão e o desenvolvimento de novos conceitos, teorias, tecnologias e práticas. É um processo dinâmico e contínuo, que se alimenta da interação entre diferentes áreas do conhecimento, da colaboração entre pesquisadores e profissionais e da aplicação prática do conhecimento adquirido. Ela também envolve a comunicação e disseminação de informações por meio de publicações acadêmicas, conferências, mídias sociais, palestras, entre outros meios.





A disseminação do conhecimento é essencial para que as descobertas e ideias sejam compartilhadas e utilizadas por outros pesquisadores, profissionais e o público em geral. A pesquisa é uma das principais formas de produção de conhecimento. Ela envolve a realização de estudos, experimentos e investigações para responder a perguntas, testar hipóteses e descobrir novos fenômenos, e contribui para o avanço do conhecimento em diversas áreas, incluindo ciências biológicas.

As ciências biológicas desempenham um papel fundamental na produção de ciência em diversas áreas do conhecimento, incluindo medicina, biotecnologia, ecologia, genética, zoologia, botânica, entre outras. Através do estudo dos seres vivos, suas características, processos e interações com o meio ambiente, a biologia contribui para o avanço do conhecimento científico e tecnológico e constrói diariamente novos paradigmas.

Nesta obra, "*Las ciencias biológicas y la construcción de nuevos paradigmas de conocimiento 3*", são apresentados trabalhos originais que englobam a intersecção entre teoria, prática e metodologia científica. São apresentados, ao longo de quatro capítulos, trabalhos científicos que abordam diferentes áreas da biologia, inclusive a educação básica.

A Atena Editora possui um corpo editorial com professores das melhores universidades do Brasil, e apresenta obras atualizadas, com qualidade, que podem ser utilizadas por profissionais e estudantes, como a obra que ora apresentamos. Esperamos que você tenha uma agradável leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTIBIOTICOS Y SU RESISTENCIA</b>	
Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara	
Tomas Joel López Gutiérrez	
Baldemar Ake Canché	
Carlos Armando Chan Keb	
Román Alberto Pérez Balán	
José Luis Aragón Gastelum	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318121">https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318121</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>9</b>
<b>POTENCIAIS PEDAGÓGICOS DA RELAÇÃO ENTRE A CULTURA MAKER E A EDUCAÇÃO STEM NO ENSINO DE BIOLOGIA</b>	
Bruno Remanowski Vieira	
Waldiney Mello	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318122">https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318122</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>18</b>
<b>BIODIVERSIDADE TRIDIMENSIONAL: CRIAÇÃO DE COLEÇÕES DIDÁTICO-CIENTÍFICAS INTERATIVAS ATRAVÉS DO ESCANEAMENTO E IMPRESSÃO 3D</b>	
Ana Beatriz Cruz da Silva	
Anatalia Kutianski Gonzalez Vieira	
Tiago Savignon Cardoso Machado	
Elizabeth Teixeira de Souza	
Barbra Candice Southern	
José Carlos Pelielo de Mattos	
Waldiney Mello	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318123">https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318123</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>27</b>
<b>PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETECCIÓN DE ZONOSIS EN <i>Syncerus caffer nanus</i> DE LA SELVA DE MAYOMBE EN CABINDA, ANGOLA</b>	
Fernando Abel Mavungo	
Rubén Cabrera	
Jhoana Diaz-Larrea	
Juan Ricardo Cruz-Aviña	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318124">https://doi.org/10.22533/at.ed.6102318124</a>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA .....</b>	<b>36</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>37</b>

## ANTIBIOTICOS Y SU RESISTENCIA

---

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Eduardo Jahir Gutiérrez Alcántara**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

### **Tomas Joel López Gutiérrez**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

### **Baldemar Ake Canché**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

### **Carlos Armando Chan Keb**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

### **Román Alberto Pérez Balán**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

### **José Luis Aragón Gastelum**

Facultad de Ciencias Químico Biológicas,  
Universidad Autónoma de Campeche,  
México

**RESUMEN:** Los antibióticos son sustancias químicas producidas por diferentes especies de microorganismos que suprimen el crecimiento de otros microorganismos. Son clasificados en la literatura en distintos grupos, estas clasificaciones presentan diferentes características y están basadas por lo tanto en diferentes criterios. La resistencia a antibióticos es un problema mundial, provocada por las mutaciones de las bacterias al volverse farmacorresistentes, que a su vez hace que se incrementen los costos médicos, y que cada día se está propagando en todo el planeta. Lo anterior pone en peligro la capacidad para tratar enfermedades infecciosas por más comunes que sean, provocando que se prolonguen las estancias hospitalarias y que aumente la tasa de mortalidad.

### **INTRODUCCION**

Los antibióticos son sustancias químicas producidas por diferentes especies de microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos que suprimen el crecimiento de otros microorganismos, y los destruyen. (Cué Bruguera & Morejón García, 1998).

Los antimicrobianos de uso clínico por lo general actúan en algunas de las siguientes estructuras o funciones bacterianas, a través de la inhibición de la síntesis de la pared bacteriana, por medio de la alteración de la integridad de la membrana citoplasmática por mencionar algunos, hay en este caso otros antimicrobianos cuya función es proteger compuestos de enzimas hidrolíticas como las  $\beta$ - lactamasas (Calvo & Martínez, 2009).

## CLASIFICACIÓN DE LOS ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos son clasificados en la literatura en distintos grupos, estas clasificaciones presentan diferentes características y están basadas por lo tanto en diferentes criterios por lo cual es difícil determinar la ideal (Cué Brugueras & Morejón García, 1998). Algunas clasificaciones se presentan a continuación.

### CLASIFICACIÓN SEGÚN LA TINCIÓN DE GRAM DE LAS BACTERIAS

Según la actividad que tienen los antibióticos frente a las bacterias grampositivas y gramnegativas (Cué Brugueras & Morejón García, 1998)

Tipo de bacterias	
Antibióticos contra Gram +	penicilinas, glicopéptidos, lincosamida, rifampicinas
Antibióticos contra Gram-	aminoglucósidos, monobactámicos, aminociclitolos, polipéptidos
Antibióticos de amplio espectro	cefalosporinas, carbapenémicos, amfenicoles, macrólidos, quinolonas, tetraciclinas.

### CLASIFICACIÓN SEGÚN SU EFECTO ANTIBACTERIANO

Atendiendo a su efecto antibacteriano, los antimicrobianos se han clasificado tradicionalmente en bactericidas los cuales ejercen una acción letal para la bacteria o los bacteriostáticos los cuales solo inhiben transitoriamente el crecimiento bacteriano. Los límites de estos dos conceptos se consideran difusos, ya que cada grupo de antibióticos actúa preferentemente de una forma u otra, aunque un mismo antibiótico puede comportarse como bactericida o bacteriostático dependiendo de la concentración que alcance en la diana, o de su afinidad por la diana de un determinado microorganismo.

Clasificación	Efecto	
Bactericidas	Antimicrobianos que actúa inhibiendo la síntesis de la pared, alterando la membrana citoplasmática o interfiriendo con algunos aspectos del metabolismo del ADN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betalactámicos</li> <li>• Aminoglucósidos</li> <li>• Glicopéptidos</li> <li>• Quinolonas</li> <li>• Rifampicinas</li> </ul>
Bacteriostáticos	Inhiben la síntesis proteica excepto los aminoglucósidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amfenicoles</li> <li>• Lincosamidas</li> <li>• Macrólidos</li> <li>• Sulfamidas</li> </ul>

Tabla 2 Clasificación de los antimicrobianos y sus efectos en las dianas afectadas (Calvo & Martínez, 2009) (Cué Brugueras & Morejón García, 1998)

## CLASIFICACIÓN SEGÚN SU MECANISMO DE ACCIÓN Y ESTRUCTURAS QUÍMICAS

Atendiendo al mecanismo de acción y estructuras químicas, los principales grupos de antimicrobianos de interés clínico se presentan en la siguiente tabla:

Mecanismo de acción	Descripción
Antimicrobianos que inhiben la síntesis de la pared bacteriana	Afecta directamente la pared bacteriana. Para actuar este grupo necesita que la bacteria se halle en crecimiento activo, y para la acción bactericida requieren que el medio en que se encuentre sea isotónico o hipotónico lo que favorece el estallido celular cuando la pared celular se pierde o se desestructura.
Antibióticos inhibidores de la síntesis proteica	Estos inhibidores de la formación aminoacil tRNA son inhibidores de la activación, análogos de aminoácidos que compiten y reemplazan a los aminoácidos, los cuales son transferidos a tRNA llevando una síntesis de proteínas anormales.
Antibióticos que actúan en el metabolismo o la estructura de los ácidos nucleicos	Contiene información para Inhibir la síntesis de las proteínas que se transmite a través del ARN mensajero y la síntesis de ARN ribosómico
Alteración de la membrana citoplasmática	Las sustancias que alteran la estructura de la membrana citoplasmática modifican la permeabilidad, y provocan la salida de iones potasio, elementos esenciales para la vida bacteriana, o la entrada de otros que a altas concentraciones alteran el metabolismo bacteriano normal.
Inhibidores de la síntesis de factores metabólicos	Bloquea la vía metabólica para la formación del PABA precursor del ácido fólico para síntesis de elementos esenciales como los aminoácidos o las bases púricas y pirimidínicas de los nucleótidos.
Inhibidores de $\beta$ -lactamasas	Inhiben las fases finales de la síntesis del peptidoglicano, en la que intervienen activamente las enzimas PBP que pueden entrelazar los componentes del peptidoglicano y bloquean estas enzimas.

Tabla 3 Grupos antimicrobianos y su descripción (Calvo & Martínez, 2009)

## RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS

La resistencia a antibióticos es un problema mundial, que es provocada por las mutaciones de las bacterias al volverse farmacorresistentes, que a su vez hace que se

incrementen los costos médicos, y que cada día se está propagando en todo el planeta (OMS, 2020). Lo anterior pone en peligro la capacidad para tratar enfermedades infecciosas por más comunes que sean, provocando que se prolonguen las estancias hospitalarias y que aumente la tasa de mortalidad. Un creciente número de infecciones, como la neumonía, la tuberculosis, la septicemia, la gonorrea o las enfermedades de transmisión alimentaria, se han vuelto cada vez más difíciles de tratar a medida que los antibióticos pierden eficacia (OMS, 2020).

Uno de los problemas más conocidos es la libertad que se tiene al poder comprar y adquirir en uso desmedido y sin receta médica algunos antibióticos sean de uso humano o veterinario. Esta situación empeora la propagación y la aparición de la resistencia a antibióticos, aunque en el mundo siempre ha existido la resistencia a los antibióticos como parte de la evolución y un mecanismo de defensa natural (OMS, 2020). Además, la presión selectiva de las actividades antropogénicas desmedidas ha impulsado la aparición y propagación de la resistencia entre diversas bacterias patógenas desde el comienzo de los antibióticos (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008). El principal problema que se deriva de estas mutaciones recae en que las infecciones comunes y lesiones menores se volverán potencialmente mortales (OMS, 2020) debido que es más difícil tratar las enfermedades que son causadas por estas bacterias que han tenido modificaciones genéticas y que no están sometidas al uso de antibióticos y que no es necesario tener contacto directo para que puedan entrar al cuerpo humano o a los animales.

Para el estado de Campeche, el costo de los daños directos en la salud para el año 2030 causadas por enfermedades diarreicas y virales (excluyendo costos de vectores como agricultura y agua) se estima entre 2000 y 4000 millones de dólares (COFEPRIS, 2016).

## **RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS AL REDEDOR DEL MUNDO**

El conjunto de algunos estudios ha revelado que diversas cepas que han sido aisladas de seres humanos y de animales salvajes en tribus y otras regiones que no están expuestas a antibióticos de manera directa han tenido una resistencia considerable adquirida a antibióticos más antiguos (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008). Es decir, tetraciclina, ampicilina, trimetoprim-sulfametoxazol y cloranfenicol. La comparación de las cepas obtenidas en dos pueblos cercanos a la ciudad capital de Nepal reveló que las tasas de resistencia a los antibióticos están inversamente relacionadas con la distancia del pueblo a la ciudad capital, pero no está relacionada con la cantidad de población (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008).

En dos comunidades ubicadas en la región del Chaco y el distrito peruano Alto Amazonas, la cuales se caracterizan porque solo se puede acceder a pie después de horas de caminata, se demostró que las altas tasas de resistencia a antibióticos pudieron ser comparadas con las de una comunidad peruana más cercana que se estudiaron durante el

mismo periodo de prueba (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008).

Estos últimos resultados nos indican que la resistencia a antibióticos no es un problema aislado de los sitios y personas que usan antibióticos y otros medicamentos, sino que son transmitidos a través de la contaminación del ambiente y las malas o en su caso nulas condiciones de higiene que se tienen. De igual manera, algunas cepas que se encontraron en la vida silvestre son probablemente la consecuencia de la exposición a diversas actividades antropogénicas desmedidas (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008). Las actividades antropogénicas más mencionadas por diversos autores son las descargas de aguas servidas en ambientes donde generalmente se colectan bivalvos para consumo humano. México es uno de los países que debido a sus diversas costas tiende a mantener parte de su economía aunada a la comercialización de la fauna marina, al estar expuestos estos animales a la acumulación de microorganismos patógenos y por lo general al no tener el cuidado en el manejo y cocción de estos alimentos suelen ocasionarse las enfermedades diarreicas (Herrera & Suárez, 2005).

En México, el instituto Nacional de Cancerología de México registró en el año 2012 una serie de 115 pacientes inmunosuprimidos por leucemia, en donde 34% de los hemocultivos estaban relacionados con *E. coli*. Dentro de la resistencia que ha desarrollado *E. coli* a los fármacos se encuentra la resistencia a fluoroquinolonas (Aguilar Zapara, 2015), que se dividen en dos grupos de acuerdo con su espectro antimicrobiano y su farmacología, el grupo antiguo incluye la ciprofloxacina, norfloxacina y ofloxacina, mientras que el grupo nuevo incluye la delafloxacina, gemifloxacina, levofloxacina y moxifloxacina (Werth, 2020). Los estudios más representativos se tuvieron en pacientes oncológicos que recibieron profilaxis con quinolonas, esta medida alcanzó un cambio en la resistencia de *E. coli* menor del 15%, aumentando hasta 46% en un periodo menor de 20 años (Aguilar Zapara, 2015).

## **MÉTODOS O FUENTES DE TRANSMISIÓN DE LOS ORGANISMOS MULTIRRESISTENTES**

Las cepas que han mutado para ser farmacorresistentes se encuentran en diversos elementos con los que se tienen contacto directo como son los alimentos en el caso de la transmisión cruzada que es frecuentemente favorecida por los estándares ineficientes de higiene (Pallecchi, Bartoloni, Paradisi, & Rossolini, 2008). Este caso se da desde por ejemplo en sitios de recolecta de alimentos, generalmente los provenientes del mar como pescados, camarones y bivalvos recolectados en sitios con fuerte contaminación y al no tener la higiene correcta al momento de ser preparados (Red nacional de protección de alimentos).

## **ECOFARMACOVIGILANCIA**

La ecofarmacovigilancia es la ciencia en conjunto con las actividades relacionadas

a la detección, evaluación, comprensión y prevención de los efectos adversos u otros problemas relacionados con la presencia que tienen los productos fármacos en el ambiente, y que causan afectación a los humanos y otras especies animales (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015).

La ecofarmacovigilancia surge debido a la falta de regulación de los compuestos con potencial tóxico para el medio ambiente, ya que es un problema generalizado a nivel mundial, debido a las más de 100 millones de sustancias químicas registradas actualmente en la base de datos mundiales, sólo un 0.03 % están reguladas (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015). a pesar de que muchas son consideradas como 'contaminantes emergentes' debido a que tienden a causar daño potencial a la salud o al medio ambiente aún en concentraciones muy bajas. Dentro de la gran gama de sustancias peligrosas encontramos a los fármacos de los cuales algunos ya se encuentran en la lista de contaminantes de potencial importancia en nuestro país en función de sus volúmenes de uso, interés toxicológico, mecanismos de acción y relevancia en la salud pública.

Los desechos de los fármacos pueden tener vías de entrada al medio ambiente y al manto freático, estos fármacos tienen como primer destino los drenajes y las aguas residuales. éstos generalmente tienen como primer destino el drenaje y las aguas residuales (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015). Aunado a esta situación se suma la preocupación de que el grupo de sustancias químicas como los fármacos no son completamente eliminadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se ha detectado que los antibióticos son removidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales en un 50% (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015) y es así como estas sustancias logran llegar a las aguas fluviales con el afluente de aguas tratadas. Sumado a este hecho las aguas que son vertidas a los mantos freáticos sin un tratamiento previo sean porque las plantas de tratamiento son ineficientes o porque no exista un tratamiento como tal se incrementa considerablemente la presencia de estos residuos en las aguas y el ambiente.

## **IMPORTANCIA DE LA ECOFARMACOVIGILANCIA EN MÉXICO Y EL MUNDO**

Los datos extraídos del monitoreo ambiental sobre los fármacos en el medio ambiente, la identificación de las emisiones, así como la evaluación de su ecotoxicidad aporta un gran panorama referente a este problema mundial y proporciona las pautas sobre las grandes necesidades que se tienen en México y en el resto del mundo relacionadas con la gestión, el tratamiento y la protección más efectiva de los recursos (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015). Con el objetivo de que se implementen tratamientos de aguas residuales efectivos o en su caso se mejoren los métodos, para este tipo de acciones es primordial reforzar las políticas ambientales de nuestro país en todos

los niveles de gobierno, con el fin de minimizar el impacto ambiental de los medicamentos y principalmente de los antibióticos así como regular la gestión de estos productos con estrategias de reforzamiento e implementación de programas de uso racional para los fármacos (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015), para lograr regular esta situación que ha estado avanzando a lo largo de los años y que ha ido aumentando conforme la industria farmacéutica lo ha hecho, ya que cuanto más se usa y más persistente sea una sustancia más peligrosa será en el ambiente.

## DETERMINACIÓN DE LOS PATRONES DE USO, CONSUMO Y DESECHO DE LOS FÁRMACOS

El mayor riesgo que puede ocasionar un fármaco depende directamente de los patrones de uso así como de la cantidad en que se desechen en el medio ambiente (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015) aunado a esto debe tenerse registrada la relación en el consumo y las ventas totales de los fármacos debido a que el uso y la eficiencia al momento de procesar esos residuos varían entre países (Castro-Pastrana, Baños-Medina, López-Luna, & Torres-García, 2015) e incluso entre regiones de ahí que surja la necesidad de un monitoreo constante para estimar el impacto que estos residuos puedan generar al ser humano y al ambiente sobre todo porque los primeros receptores de estas sustancias son los ambientes acuáticos y aguas superficiales, en este caso México al ser un país con alta producción pesquera requiere urgentemente un monitoreo de los fármacos para identificar el volumen de consumo y su disposición final adecuada.

## REFERENCIAS

- Cué Brugueras, M., & Morejón García, M. (1998). Antibacterianos de acción sistémica. Parte I. Antibióticos betalactámicos. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 347-361. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v14n4/mgi08498.pdf>
- Calvo, J., & Martínez, L. (Enero de 2009). Mecanismos de acción de los antimicrobianos. *Elsevier*, 44-52. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-mecanismos-accion-antimicrobianos-S0213005X08000177>
- OMS. (31 de Julio de 2020). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antibioticos>
- Pallecchi, L., Bartoloni, A., Paradisi, F., & Rossolini, G. (2008). Resistencia a los antibióticos en ausencia de uso de antimicrobianos: mecanismos e implicaciones. *Expert Reviews*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18847408/>
- COFEPRIS. (agosto de 2016). Diagnóstico y evaluación de la vulnerabilidad de salud ante el cambio climático del estado de Campeche. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/316305/Diagnostico\\_Cambio\\_Climatico\\_Campeche\\_Nov\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/316305/Diagnostico_Cambio_Climatico_Campeche_Nov_2016.pdf)

Herrera, A., & Suárez, P. (Marzo de 2005). Indicadores bacterianos como herramientas para medir la calidad ambiental del agua costera. *scielo*, 171-176. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005000300011](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000300011)

Aguilar Zapara, D. (30 de marzo de 2015). E. coli BLEE, la enterobacteria que ha atravesado barreras. *Fundación Clínica Médica Sur*, 57-63. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2015/ms152b.pdf>

Werth, B. (mayo de 2020). Fluoroquinolonas. Obtenido de <https://www.msdmanuals.com/es-mx/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/fluoroquinolonas>

Castro-Pastrana, L., Baños-Medina, M., López-Luna, M., & Torres-García, B. (Julio-Septiembre de 2015). Ecofarmacovigilancia en México: Perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46, 16-40. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/579/57945705003.pdf>

# POTENCIAIS PEDAGÓGICOS DA RELAÇÃO ENTRE A CULTURA MAKER E A EDUCAÇÃO STEM NO ENSINO DE BIOLOGIA

*Data de submissão: 27/10/2023*

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Bruno Remanowski Vieira**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Especialização em Ciências da Natureza e suas Tecnologias  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://l1nq.com/d7YSt>

### **Waldiney Mello**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/bqt>

**RESUMO:** Surgido nos Estados Unidos nos anos 2000, o movimento *maker* está associado ao crescente interesse das pessoas pelo conceito do “faça você mesmo”. Porém, aproveitando as tecnologias digitais de comunicação desenvolvidas em espaços físicos e virtuais, a cultura *maker* vai além do Do it Yourself (DIY), potencializando a capacidade de aprendizado, colaboração e inspiração do público *maker*. Em paralelo, popularizando desde 2005 a partir de investimentos dispensados pelos Estados Unidos, o ensino STEM visa integrar o ensino de disciplinas como ciências,

tecnologia, engenharia e matemática, a fim de desenvolver no aluno, entre outras potencialidades, a capacidade de correlacionar o conteúdo aprendido com as situações do mundo real. Numa abordagem multidisciplinar e integrada, a relação entre a cultura *maker* e a educação STEM encoraja os alunos a fazerem conexões entre diferentes áreas do conhecimento. Neste contexto, o presente estudo discute potenciais para o uso da cultura *maker* no ensino STEM e quais contribuições esta associação pode prover ao ensino de Biologia, considerando as particularidades da rede pública de ensino. Resultados obtidos a partir de uma pesquisa qualitativa e interpretativa sobre estudos de caso apontam que, apesar da questão do tempo e do modelo expositivo arraigado, as práticas pedagógicas pautadas na educação STEM em associação com a cultura *maker* estimulam o prazer pela ciência e tecnologia. O trabalho indica, ainda, a necessidade de formações continuadas de professores e o aumento de pesquisas sobre educação STEM e ensino de ciências no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** tecnologias; Educação Básica; BNCC; educação.

**ABSTRACT:** Emerging in the United States

in the 2000s, the maker movement is associated with the growing interest of people in the “do it yourself” concept. However, leveraging digital communication technologies developed in physical and virtual spaces, the maker culture goes beyond Do it Yourself (DIY), enhancing the capacity for learning, collaboration, and inspiration among the maker community. In parallel, popularized since 2005 through investments made by the United States, STEM education aims to integrate the teaching of disciplines such as science, technology, engineering, and mathematics to develop in students, among other potentials, the ability to correlate the learned content with real-world situations. In a multidisciplinary and integrated approach, the relationship between the maker culture and STEM education encourages students to make connections across different areas of knowledge. In this context, the present study discusses the potential for using maker culture in STEM education and the contributions this association can provide to the teaching of biology, considering the specifics of the public education system. Results obtained from qualitative and interpretative research on case studies indicate that, despite the issues of time and entrenched expository models, pedagogical practices based on STEM education in conjunction with maker culture stimulate the enjoyment of science and technology. The work also highlights the need for ongoing teacher training and an increase in research on STEM education and science teaching in Brazil.

**KEYWORDS:** technologies; Basic Education; BNCC; education.

## 1 | INTRODUÇÃO

O método tradicional de ensino tem como figura central o professor detentor de todo conhecimento a ser transmitido ao aluno ouvinte receptor, que deverá absorver os conceitos e memorizá-los. Trata-se de uma metodologia conteudista, baseada em provas e testes como meios avaliativos, desconsiderando a individualidade e diferença entre os indivíduos. Esse tradicionalismo, que está associado a uma concepção descontextualizada de ensino, é denominado por Freire (2019) como educação bancária e pode ser apontado como um fator que desmotiva o aluno em seu processo de construção do conhecimento.

Freire (2019) afirma que o estudante precisa ser ensinado a pensar corretamente, a fim de que possa apropriar-se de uma postura crítica, refletindo sobre a aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos à realidade em que vive.

A fim de transformar a realidade da sala de aula em um ambiente mais animador e interessante para o estudante, tal como as ideias de Freire, a BNCC propõe a prática de um modelo de ensino que promova a participação mais autônoma dos alunos. As metodologias ativas são estratégias de ensino alinhadas a esse modelo e buscam dar protagonismo ao estudante na construção do seu conhecimento, ao passo que não retiram a soberania do professor na condução do processo de ensino e aprendizagem (MORAN, 2018).

Dentre as diversas contribuições que as metodologias ativas podem proporcionar, destaca-se o mecanismo pelo qual o aluno estabelece seu conhecimento, correlacionando conceitos variados e diversificados para resoluções de problemáticas da vida real. Além de promover o engajamento dos estudantes, as metodologias ativas auxiliam a dinâmica

das aulas, estimulam a participação crítica do aluno, estreitam a relação com o professor, aprimoram o senso de colaboração e responsabilidade social.

No portfólio das principais metodologias ativas estão a aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, sala de aula invertida, design thinking, gamificação, cultura *maker*, entre outras. O presente trabalho dará enfoque à cultura *maker* aliada a outras estratégias no ensino de Biologia para discutir suas potencialidades.

## **Cultura *maker***

É comum crianças gostarem de realizar atividades manuais como pintura, corte e colagem, ou ainda montar blocos tipo *Lego*. Adultos, no seu dia a dia, precisam cozinhar, cuidar do jardim, costurar, etc. Anderson (2012) utiliza esses exemplos para afirmar que todos nós somos *makers*, pelo menos em algum momento de nossas vidas.

Atualmente, estamos presenciando uma quarta Revolução Industrial, em que ocorre a combinação das máquinas e dos computadores operados não só pelas empresas, mas também por pessoas comuns, sendo o movimento *maker* parte importante disso. O Movimento *maker* é versátil, pois através dele podem ser desenvolvidos projetos individual ou coletivamente, com alta tecnologia ou de baixo custo (Anderson, 2012).

O movimento *maker* surgiu nos Estados Unidos a partir dos anos 2000 através de mobilizações e eventos que deram amplitude mundial para a cultura *maker*. Ele está associado ao interesse crescente das pessoas pela fabricação, impulsionado por tecnologias avançadas associadas às tecnologias digitais de comunicação. Logo, o que diferencia o movimento *maker* do DIY é justamente o aproveitamento das tecnologias digitais modernas em espaços físicos e virtuais, o que potencializa a capacidade de aprendizado, colaboração e inspiração do público *maker* (COHEN et al, 2015).

A expansão do movimento *maker* mundo afora foi possibilitada, entre outros fatores, principalmente pela propagação de espaços coletivos tais como os FabLabs, a criação de mídias como a revista *Make* e de eventos *makers* como a *Maker Faire* e *Hackatons*, este último de ocorrência inclusive no Brasil (BURTET & KLEIN, 2013).

Os laboratórios de fabricação, popularmente conhecidos como FabLabs, são locais de encontro e interação onde se desenvolvem a colaboração e a troca de ideias, por exemplo (BÜCHING, 2013). Dessa forma, dependendo das condições de sua estrutura física e tecnológica, a escola tem potencial para se tornar um espaço *maker*, pois esta deve ser um local para experimentar e praticar, bem como estimular e promover o engajamento do estudante.

A cultura *maker* é inserida na educação a fim de subsidiar uma abordagem de aprendizagem por resolução de desafios contextualizados e estimular a construção de conhecimento com protagonismo do aluno. Assim, este é levado a investigar o problema para buscar possíveis soluções através da criação de hipóteses e formulação de experimentos

para testá-las. Em síntese, o modelo convencional de aprendizagem reforça a passividade do aluno, enquanto a educação vinculada ao movimento *maker* desenvolve sua autonomia (Brockveld, 2017).

Direcionado a estimular a autonomia dos alunos e seu envolvimento no campo das ciências da natureza e suas tecnologias, sítio da Biologia, surge a educação STEM (Science, Technology, Engineering Arts and Mathematics) (KNEEL, 2013). A educação STEM propõe uma abordagem investigativa nesta área do conhecimento através do desenvolvimento de atividades variadas (BREINER, 2012), nas quais a cultura *maker* pode estar associada, promovendo uma aprendizagem colaborativa a partir do viés tecnológico (COHEN et al, 2015).

O termo foi STEM foi criado originalmente como SMET (*Science, Mathematics, Engineering, Technology*) sendo modificado para STEM na década de 1990 nos Estados Unidos pela Natural Science Fundation (NSF) devido a uma questão estética do vocábulo, já que a primeira denominação se assemelha a outra palavra inglesa de significado um tanto vulgar. Entretanto, as artes foram adicionadas à sigla para incluir a área das ciências humanas, criando o termo STEAM (PERIGNAT & KATZ-BUONINCONTRO, 2019).

Entre as concepções sobre educação STEM destacam-se aquelas que afirmam que este movimento é a criação de um currículo que integra ciência, tecnologia, engenharia e matemática voltado para a formação de cientistas reais ou, ainda, que se trata da inserção de tecnologia e engenharia no ensino de ciências e matemática para manter a concorrência e disputa dos Estados Unidos frente aos países em desenvolvimento. Como movimento voltado à educação, STEM refere-se à diversidade de atividades que podem ser desenvolvidas no ensino, porém, em síntese, está voltada para a adequação do ensino com base em uma estratégia mais investigativa e baseada em projetos (BREINER, 2012).

Pugliese (2020) sinaliza que a tímida presença do movimento STEM no Brasil pode ser detectada pela escassez de trabalhos publicados nos principais bancos de teses nacionais e pela baixa produção por parte da mídia de reportagens que abordam o tema. Mesmo assim, segundo o autor, é possível detectar a presença direta e ainda acanhada do movimento STEM no Brasil, através de programas educacionais desenvolvidos por ONGs (organizações não governamentais) em escolas das redes públicas de ensino, ou através das empresas do ramo educacional que o oferecem como produto e, ainda, através de atividades STEM em escolas privadas.

Nesse contexto, o presente trabalho objetiva discutir as potencialidades da integração entre cultura *maker* e educação STEM no âmbito da prática docente, considerando as particularidades da rede pública de ensino.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo discute potenciais para o uso da cultura *maker* no ensino STEM

encontrados na literatura acadêmica, através de uma pesquisa qualitativa e interpretativa sobre estudos de caso presentes em artigos científicos de periódicos indexados. Foi utilizado o Google Acadêmico para realizar a pesquisa por casos em que elementos da cultura *maker* foram utilizados na educação STEM, onde eram evidenciadas práticas pedagógicas no ensino de biologia. Foram utilizados artigos científicos entre 2018 e 2023.

### 3 | RESULTADOS

Maia *et al* (2023) realizaram um levantamento de trabalhos acadêmicos acerca de práticas de aprendizagem STEM e conclui que, no Brasil, os poucos trabalhos que apresentam esta abordagem de ensino estão alinhados à cultura *maker*. Os resultados obtidos no referido trabalho, indicam uma associação simbiótica entre cultura *maker* e ensino STEM no ensino das ciências da natureza, sobretudo no ensino médio. A pesquisa ainda indica que práticas pedagógicas nesta modelagem são restritas às regiões sudeste e sul do país.

Ledo e Silva (2021) desenvolveram um estudo de caso de cultura *maker* associada à abordagem STEM, em que utilizaram a impressão em 3d para facilitar a compreensão de tema abstrato em Biologia associado a noções de cálculos matemáticos e de engenharia para a construção de um modelo didático. Em uma escola da Rede Pública do Distrito Federal, eles utilizaram a impressora 3d em uma proposta pedagógica pensada para a construção de um modelo de citoesqueleto celular, na qual foi necessário que os professores tivessem um conhecimento razoável em design e impressão 3d para que pudessem orientar os alunos. Estes últimos, por sua vez, precisaram se apropriar deste tipo de tecnologia para que pudessem criar o próprio modelo, porém, o tempo destinado à capacitação dos alunos, de acordo com os autores, não foi suficiente dentro da realidade do ano letivo. Porém, foram desenvolvidas soluções exitosas que contribuíram para a conclusão do projeto.

A dificuldade de lidar com o abstrato apresentada por muitos alunos, sobretudo nas aulas de Biologia, pôde ser minimizada com o uso da cultura *maker* nesta abordagem interdisciplinar a partir das aulas de matemática.

Porém, não se pode deixar de considerar a dificuldade, por parte de alguns professores, em lidar com determinadas tecnologias sobrecarregada, ainda, pela questão do tempo escasso para planejamento e aplicação das aulas. Estes fatores podem impactar uma proposta pedagógica em que o aluno precisa pôr a mão na massa para exercer seu protagonismo na construção do próprio conhecimento. Observar, questionar e presumir hipóteses, elementos esses que são inerentes à curiosidade humana, demanda tempo. O aluno precisa ser instigado também pela sua curiosidade.

A associação entre a cultura *maker* e o ensino STEM, pode ajudar a contribuir para modificar a visão compartimentada da Biologia, uma vez que conceitos dentro desta ciência podem ser melhor entendidos utilizando conteúdos de outras ciências como matemática,

física e química.

É comum vermos associações do ensino STEM com projetos relacionados à robótica, utilização de arduínos e automação, porém o ensino STEM é um movimento que vai além e pode ser ajustado a diferentes possibilidades como a descrita neste último trabalho, incrementado pelos potenciais da cultura *maker*.

Uma das diversas qualificações que o professor precisa possuir, talvez a mais preciosa, é a persistência. Para que seja possível implementar uma nova metodologia no lugar de outra amplamente desenvolvida nas salas de aula e com a qual os estudantes estão culturalmente acostumados, é necessário um certo grau de perseverança por parte do professor. É preciso entender que serão realizadas tentativas sem sucesso, porém o fato de poder fazer você mesmo algo tecnológico, assunto pelo qual os jovens se interessam bastante, estimula esses estudantes.

Na abordagem STEM, os professores precisam trabalhar integrados e, quando o assunto envolve a cultura *maker*, espaços e tempo precisam ser compartilhados de forma colaborativa. Desta forma, como os próprios autores mencionam, a maneira como costuma ser organizada a estrutura de ensino em escolas estaduais e municipais no Brasil, com pouca carga horária destinada à organização pedagógica e aulas meramente expositivas, impossibilita as etapas de planejamento, execução e avaliação de projetos dentro da abordagem STEM.

Não obstante, o fato de a escola possuir estrutura a nível de ambiente e equipamentos não garante que projetos envolvendo cultura *maker* dentro da abordagem STEM sejam desenvolvidos, caso não haja professores familiarizados com as diferentes tecnologias. Sendo assim, é conveniente considerar que existem muitos professores com elevado tempo de atuação no magistério, formados em épocas que antecederam o desenvolvimento dessas tecnologias e que não tiveram oportunidade de atualização para se apropriarem de conceitos que fazem parte da abordagem STEM e que precisam ser trabalhados com os alunos. Todavia, cabe ressaltar que o surgimento de percalços durante o desenvolvimento de um projeto na abordagem STEM, como foi observada em alguns dos trabalhos analisados nesta pesquisa, de certa forma, constitui um ambiente favorável à medida que reproduz a realidade na qual um pesquisador vive constantemente. Portanto, a tentativa e o erro, comuns na cultura *maker*, contribuem para o pensamento crítico e criativo na concepção de soluções inovadoras dentro do ensino STEM.

Dentro da realidade das escolas públicas, a questão do tempo e modelo de ensino expositivo arraigado parece ser o maior complicador das propostas pedagógicas que integram a cultura *maker* e ensino STEM.

As questões abordadas no ensino STEM frequentemente emergem da realidade vivida pelos estudantes em seus contextos, promovendo maior engajamento em uma aprendizagem mais significativa. É possível, então, destacar que práticas pedagógicas pautadas na educação STEM em associação com a cultura *maker* estimulam no estudante

o prazer pela ciência e tecnologia.

## 4 | DISCUSSÃO

A relação entre a cultura *maker* e a educação STEM tem um potencial significativo para transformar a maneira como os estudantes aprendem e se envolvem ativamente no processo educacional. Essa abordagem oferece um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades transversais, como pensamento crítico, resolução de problemas, criatividade e colaboração. Além disso, a cultura *maker* estimula a aprendizagem prática e contextualizada, permitindo que os alunos apliquem os conceitos aprendidos em sala de aula de forma concreta. Ao promover uma abordagem multidisciplinar e integrada, a relação entre a cultura *maker* e a educação STEM encoraja os alunos a fazerem conexões entre diferentes áreas do conhecimento, tornando a aprendizagem mais holística. Essa abordagem também fomenta a criatividade e a inovação, incentivando os alunos a pensar de forma original e encontrar soluções criativas para problemas complexos. Concluindo, a relação entre a cultura *maker* e a educação STEM potencializa uma aprendizagem mais ativa, significativa e relevante, preparando os alunos para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Observando este contexto, é oportuno discutir se a cultura *maker* é aplicável na educação STEM e quais contribuições esta associação poderia prover ao ensino de biologia, considerando as particularidades da rede pública de ensino.

John Dewey, por exemplo, defendia que a educação não deveria ser reduzida à transmissão de conhecimento como algo acabado, mas que a construção do conhecimento se desse de maneira contextualizada com a vida cidadã do estudante. Por outro lado, Freire (1986) propõe uma educação dialógica, problematizadora, que estimula a postura crítica e participativa do estudante, pois acredita que o indivíduo precisa ser sujeito de suas ações, plenamente satisfeito enquanto ser humano e capaz de transformar o mundo.

Dessa forma, os pressupostos de Paulo Freire podem ser relacionados ao ensino STEM e à cultura *maker* de várias maneiras. Uma delas está centrada no diálogo e na participação. Freire enfatiza a importância da comunicação e da participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. Da mesma forma, tanto o ensino STEM quanto a cultura *maker* buscam criar um ambiente de aprendizado colaborativo, onde os alunos possam compartilhar ideias, trabalhar juntos em projetos e experimentar por meio do “aprender fazendo”.

Freire defende uma abordagem educacional que seja relevante e significativa para os alunos, relacionando o conteúdo da sala de aula com suas experiências do mundo real. O ensino STEM e a cultura *maker* também se baseiam nesse princípio, ao incentivar os alunos a aplicar conceitos aprendidos em projetos práticos, relacionando a teoria com a prática.

Jean Piaget afirma que a bagagem que o indivíduo traz de sua vivência deve ser considerada dentro de sala de aula e que os professores a utilizem como base na construção de novos conhecimentos. O conhecimento não se encontra externa nem internamente ao sujeito, mas sua construção se dá a partir da interação entre ele e o objeto, delineando estruturas cognitivas e representações sobre o mundo, o que ajuda na adaptação do indivíduo ao meio (PIAGET, 1973).

A cultura *maker* e a educação STEM trazem a ideia de fugir da educação tradicional colocando a mão na massa para transformar o ambiente escolar ultrapassado em um novo espaço de experimentação, criatividade, interação e colaboração, integrando tecnologia para promover o engajamento e protagonismo estudantil.

## 5 | CONCLUSÕES

É possível ensinar biologia utilizando cultura *maker* associada ao ensino STEM. A cultura *maker* valoriza o aprendizado prático, o trabalho em equipe, a experimentação e a criatividade. Ao incorporar elementos do movimento *maker* no ensino de biologia, os estudantes podem explorar conceitos biológicos de forma mais dinâmica e participativa.

Ao combinar a cultura *maker* com o ensino STEM, os alunos podem utilizar tecnologias, como impressoras 3D, sensores, microcontroladores e softwares de modelagem, para criar projetos relacionados à biologia. Eles podem construir modelos tridimensionais de células, órgãos ou ecossistemas, realizar experimentos práticos de genética ou fisiologia, ou até mesmo desenvolver soluções tecnológicas para desafios biomédicos.

Essas abordagens permitem que os alunos se envolvam ativamente no processo de aprendizagem, estimulando o pensamento crítico, a resolução de problemas e a colaboração. Além disso, a integração das disciplinas STEM no ensino de biologia proporciona uma visão mais interdisciplinar e contextualizada da ciência.

É importante ressaltar que a cultura *maker* associada ao ensino STEM precisa, cada vez mais, preencher os espaços ocupados pelos métodos tradicionais de ensino de biologia, a fim de enriquecer as experiências educacionais, tornando-as mais atrativas e incentivando a participação ativa dos alunos.

No entanto, considerando esta questão, observa-se, talvez, uma necessidade de formação continuada de professores a fim de expandir práticas com tal abordagem, bem como sugere-se, em paralelo, um aumento de pesquisas sobre educação STEM e ensino de ciências no Brasil a fim de dar expressividade e amplitude às práticas metodológicas de aprendizagem ativa.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, C. **Makers: A nova revolução industrial. Tradução: Afonso Celso da Cunha Serra.** 1. ed. [S. l.]: Elsevier, 2012. 304 p.

BREINER, J.; HARKNESS, S.S.; JOHNSON, C.C. **What is STEM? A discussion about Conceptions of STEM in education and partnerships**. *School Science and Mathematics*, v. 112, 2012.

BROCKVELD, M.V.V.; TEIXEIRA, C.S.; DA SILVA, RENNEBERG, M. **A Cultura Maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais**. *In: Educação Fora da Caixa: Tendências Internacionais e Perspectivas sobre a Inovação na Educação*, Editora Blucher, São Paulo, pp. 55–66.

BURTET, C.G.; KLEIN, A.I.C.Z. **Repensando a inovação do século XXI a partir das práticas do Movimento Maker**. *Liinc em Revista*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1: 353-369, 2018.

COHEN, J.D.; Huprich, J.; JONES, W.M.; SMITH, S. **Educator's perceptions of a maker-based learning experience**. *The International Journal of Information and Learning Technology*, 2015, v. 34, n. 5: 428-438, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. 74. Ed., Paz & Terra, 2019. 144 p.

LEDO, R; SILVA, C. **Limites e possibilidades da impressão 3d como ferramenta em abordagens STEM no Ensino de Biologia: um estudo de caso**. *Revista Eixo*, v. 10: 23-35, 2021.

MAIA, D. L.; CARVALHO, R.A.; APPELT, V.K. **Abordagem STEM na educação básica brasileira: uma revisão de literatura**. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 19, n. 56: 68-88, 2023.

MORAN, J. **Mudando a educação com metodologias ativas**. *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. Souza, C.A. e MORALES, O.E.T. (Orgs), Ponta Grossa, pp. 15-33, 2015.

PERIGNAT, E.; KATZ-BUONINCONTRO, J. **STEAM in practice and research: an integrative literature review**. *Thinking Skills and Creativity*, v. 31: 31-43, 17, 2019.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento**. Editora Forense Universitária, Rio de Janeiro, 1973. 158 p.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. *On The Horizon*, v. 9, n. 5: 1-6, 2001.

PUGLIESE, G. **STEM Education – um panorama e sua relação com a educação brasileira**. *Currículo sem Fronteiras*, São Paulo, ano 12, v. 20, n. 1: 209-232, 2020.

## CAPÍTULO 3

# BIODIVERSIDADE TRIDIMENSIONAL: CRIAÇÃO DE COLEÇÕES DIDÁTICO-CIENTÍFICAS INTERATIVAS ATRAVÉS DO ESCANEAMENTO E IMPRESSÃO 3D

*Data de submissão: 30/10/2023*

*Data de aceite: 01/12/2023*

### **Ana Beatriz Cruz da Silva**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,  
Laboratório de Tecnologias Educacionais  
Disruptivas  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://abrir.link/IgJzH>

### **Anatalia Kutianski Gonzalez Vieira**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/tRS>

### **Tiago Savignon Cardoso Machado**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/Gup>

### **Elizabeth Teixeira de Souza**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/uwD>

### **Barbra Candice Southern**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Matemática e Desenho  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/lhP>

### **José Carlos Pelielo de Mattos**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/bpV>

### **Waldiney Mello**

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Departamento de Ciências da Natureza  
Rio de Janeiro - RJ  
<https://bityli.cc/bqt>

**RESUMO:** O escaneamento 3D é uma técnica emergente que permite digitalizar coleções para criar versões virtuais de exemplares. A curadoria manual de espécimes, mesmo em museus, pode levar a pequenos danos do material.

Com o tempo e a possibilidade de manuseio inadequado, o acervo encontra-se sujeito à deterioração e possível perda. A disponibilização de arquivos digitais desses materiais, na forma de coleção virtual, facilita o acesso à informação por parte do público e do pesquisador interessado e auxilia na pesquisa científica. O presente trabalho apresenta as metodologias e aplicações do escaneamento e impressão 3D para registro e conservação da coleção zoológica em desenvolvimento do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira – CAp-UERJ. Adicionalmente, apresenta os primeiros resultados de uma coleção didática 3D física para uso em aulas. A metodologia apresentou-se eficaz e foi testada, inicialmente, com espécimes de conchas e artrópodes. O presente estudo utilizou o aplicativo Polycam para criar a primeira coleção virtual interativa para o ensino de biologia. Os resultados tornam a coleção acessível a todos e em qualquer lugar, podendo ser utilizada tanto para abordagens pedagógicas quanto para pesquisas. O presente trabalho ressalta a importância de inserir o conhecimento de técnicas 3D de impressão e escaneamento na Educação Básica e em currículos de graduação. As técnicas sugeridas podem ser utilizadas em exemplares de coleções vulneráveis ao manuseio, como as paleontológicas, geológicas e de estruturas anatômicas frágeis. É possível escanear espécimes-tipo e exemplares raros, em qualquer coleção do mundo, para serem impressos para compor coleções de réplicas 3D em diversos tamanhos. Dessa forma, o presente trabalho sugere uma metodologia que colabora com a democratização e popularização da ciência, uma vez que possibilita novas coleções didático-científicas para serem utilizadas desde a Educação Básica.

**PALAVRAS-CHAVE:** coleção; digitalização; tridimensional; virtual; zoologia.

**ABSTRACT:** The 3D scanning is an emerging technique that allows for the digitization of collections to create virtual versions of specimens. Even in museums, manual curation of specimens can lead to slight material damage. Over time and with the potential for improper handling, collections are subject to deterioration and potential loss. Providing digital files of these materials in the form of a virtual collection facilitates access to information for both the public and interested researchers, aiding in scientific research. This study presents the methodologies and applications of 3D scanning and printing for the registration and conservation of the developing zoological collection at the Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira – CAp-UERJ. Additionally, it presents the initial results of a 3D physical didactic collection for use in teaching. The methodology proved to be effective and was initially tested with shell and arthropod specimens. The study utilized the Polycam application to create the first interactive virtual collection for biology education. The results make the collection accessible to everyone, anywhere, for both pedagogical approaches and research. This study emphasizes the importance of incorporating 3D printing and scanning techniques since the primary education and undergraduate curricula. The suggested techniques can be used for specimens in collections that are vulnerable to handling, such as paleontological, geological, and fragile anatomical structure collections. It is possible to scan type specimens and rare specimens from any collection worldwide for printing to create 3D replica collections in various sizes. Thus, this study proposes a methodology that contributes to the democratization and popularization of science, as it enables new didactic-scientific collections to be used from primary education onward.

**KEYWORDS:** collection; 3d scanning; three-dimensional; virtual; zoology.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma coleção zoológica consiste na reunião ordenada de espécimes mortos ou partes corporais de espécimes, devidamente preservados para estudos (Papavero, 1994). A dificuldade de manutenção e conservação dos mais variados exemplares tende a restringi-los a museus, instituições que, se administradas corretamente e dotadas de profissionais especializados, são o local ideal para abrigar coleções zoológicas por tempo indefinido (Vivo et al, 2014). No entanto, a curadoria manual de exemplares, mesmo em museus, pode levar a pequenos danos do material. Com o tempo e a possibilidade de manuseio inadequado, o acervo encontra-se sujeito à deterioração e possível perda. Numa coleção didática, por exemplo, o risco de perda dos materiais é ainda maior, considerando-se a frequência na qual os exemplares são manuseados para elaboração de aulas práticas, seja em salas de aula ou em laboratórios.

Quanto à acessibilidade, é comum que questões burocráticas internas mantenham os pesquisadores sob um longo período de espera, a fim de conseguirem analisar seu objeto de estudo, ocasionando em atrasos nas pesquisas. Além disso, em muitas das vezes a coleção de interesse não se encontra disponível em localidades próximas e são compostas por elementos de alta fragilidade, inviabilizando seu transporte (Niven et al., 2009). Dada tal conjuntura, uma alternativa viável para garantir a preservação e o registro dos espécimes de um acervo é a utilização de ferramentas 3D para escaneamento dos mesmos (Erolin et al., 2017). O desenvolvimento de uma coleção biológica propicia maior praticidade no desenvolvimento de estudos relacionados à morfologia, sistemática, taxonomia, biogeografia e evolução (Santori e Santos, 2015). Assim, a disponibilização de arquivos digitais desses materiais, na forma de coleção virtual, facilita o acesso à informação por parte do público e do pesquisador interessado e auxilia na pesquisa científica. Ademais, por meio desse processo, é possível ainda que exemplares-tipo utilizados como padrão de referência para a nomeação de uma espécie, tenham o seu registro digitalizado e protegido de intempéries como guerras, incêndios e acondicionamento inadequado (Santos, 2011).

A exemplo histórico, é possível citar o ocorrido no Museu Nacional em 2018, quando a maior parte do acervo de mais de 20 milhões de itens foi perdida pelo fogo (Cunha, 2018). Atualmente, na Ucrânia, está sendo encorajado que a população escaneie monumentos e locais culturais, visando preservar digitalmente a cultura nacional dos ataques e bombardeios russos (Lipak. et al., 2020). Para tal, a iniciativa denominada Backup Ukraine faz utilização do aplicativo *Polycam*. Encaminhando para a esfera do ensino, o escaneamento de espécimes e estruturas dos mesmos traz maior dinâmica às salas de aula, propiciando uma melhor visualização e compreensão dos organismos que estão sendo estudados. Ao contrário do que ocorre com os exemplares físicos, os alunos podem interagir livremente com os arquivos tridimensionais, aproximando e girando em qualquer direção para estudos a partir de diferentes ângulos. Aliada à essa tecnologia, a

impressão 3D de modelos sintéticos a partir de materiais escaneados também pode ser um recurso favorável ao aprendizado dos alunos, especialmente na ausência de peças anatômicas reais (Silva et al., 2022).

Dado o potencial da tecnologia de escaneamento e impressão 3D no âmbito didático-científico, o presente trabalho expõe as metodologias e aplicações de tal ferramenta para registro e conservação da coleção zoológica em desenvolvimento do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira – CAp-UERJ. Adicionalmente, apresenta os primeiros resultados de uma coleção didática 3D física para uso em aulas.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os escaneamentos 3D foram desenvolvidos por meio do Polycam, um software para iOS, web e Android que gera modelos 3D por digitalização em tempo real. Para a digitalização do exemplar desejado, o programa utilizado possui opções de captura por vídeo ou por imagens tiradas sequencialmente de forma manual. Para melhor enfoque no objeto de assunto do escaneamento, optou-se pela utilização de um estúdio portátil com fundo infinito, minimizando efeitos de profundidade e sombreamento. A fim de fornecer informações visuais suficientes do objeto por diferentes ângulos, foi utilizado um expositor elétrico giratório posicionado no interior do estúdio portátil (figura 1).



Figura 1. Sistema de estúdio portátil utilizado para o escaneamento 3D, com um exemplar de concha do molusco *Turbo sarmaticus* (Trochida: Turbinidae).

No processo de escaneamento, os exemplares são posicionados no expositor e, simultaneamente, são tiradas fotos em sequência de diferentes ângulos conforme a rotação do mesmo. A partir das imagens capturadas, o programa reconhece o objeto e realiza a composição do arquivo tridimensional, tendo como produto final o modelo digitalizado do exemplar em questão.

As impressões 3D de espécimes foram realizadas em filamentos de PLA opacos e translúcidos, com impressora Creality Ender 3v2. Os espécimes foram utilizados para

compor a primeira coleção didática 3D do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ). Alguns exemplares foram digitalizados em 3D e posteriormente impressos, enquanto outros foram utilizados de arquivos 3D já existentes em buscadores de livre acesso (e.g. Thingiverse, Cults).

### 3 | RESULTADOS

O presente estudo possibilitou a criação da primeira coleção didático-científica do CAp-UERJ, em versão física e virtual, utilizando preliminarmente números de registro provisórios do Laboratório de Tecnologias Educacionais Disruptivas (LATED), com mais de 150 espécimes de artrópodes e 92 conchas de moluscos, que foram, ainda, escaneadas em 3D utilizando aplicativo para celular de baixo custo (figura 2). Foram impressos mais de 50 exemplares em 3D para uso nas aulas práticas no CAp-UERJ, especialmente de artrópodes.

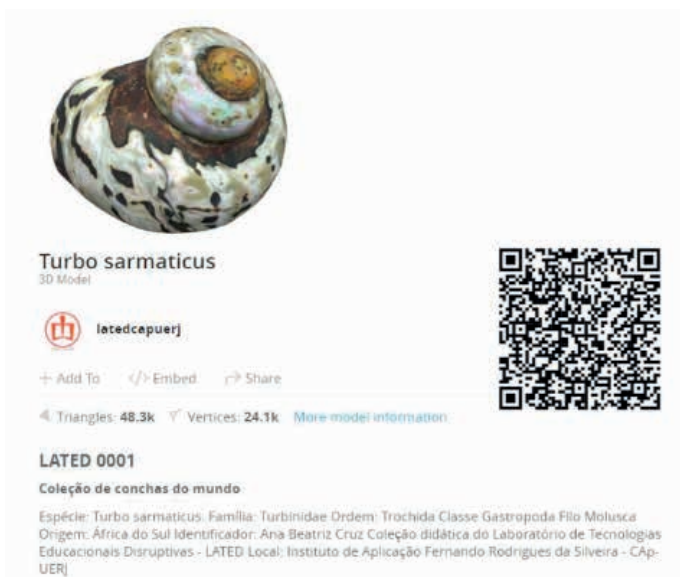


Figura 2. Registro da coleção 3D virtual com informações do espécime de *Turbo sarmaticus* (LATED 0001), com QRCode para visualizar o exemplar na coleção.

Ao longo do projeto, o *Polycam* foi utilizado para o escaneamento de espécimes da coleção zoológica didático-científica do CAp-UERJ, com enfoque para os filos Arthropoda e Mollusca. Foi observado que espécimes de maiores dimensões e com poucos detalhes estruturais têm maiores chances de serem capturados e processados corretamente pelo aplicativo. A coleção de conchas obteve melhores resultados visuais no escaneamento 3D em relação aos artrópodes, possivelmente porque estes últimos tinham dimensões de poucos centímetros e mais elementos a serem escaneados. As formas mais compactas das conchas, em oposição ao longo comprimento corporal dos artrópodes, não interferiam

no foco da câmera durante a rotação do espécime no expositor giratório. Além disso, estruturas muito detalhadas, afiladas ou até mesmo transparentes, como os apêndices segmentados dos besouros e as asas de borboletas, mariposas e libélulas, são difíceis de serem diferenciadas e tendem a formar modelos achatados, unidos ao fundo branco do estúdio.

Dessa forma, o presente estudo possibilitou a criação da primeira coleção virtual interativa de espécimes para aulas. Os modelos tridimensionais gerados estão sendo depositados na Coleção Virtual do Laboratório de Tecnologias Educacionais Disruptivas (LATED), disponíveis em <https://sketchfab.com/latedcapuerj> (figura 3). Concomitantemente, a coleção física é usada em aulas expositivas e interativas de ciências e biologia na Educação Básica com alunos do CAP-UERJ.

A técnica de escaneamento 3D desenvolvida foi, ainda, testada com espécimes de fósseis de uma coleção de Paleooictologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, e com exemplares botânicos, obtendo sucesso nos escaneamentos. Alguns espécimes articulados e modelos fixos foram produzidos para atender às aulas do Ensino Fundamental I do CAP-UERJ, popularizando a nova coleção 3D desde os anos iniciais de escolaridade. Alguns espécimes foram adaptados para terem maior tamanho ou texturas diferentes, para atender ao ensino inclusivo no CAP-UERJ. Parcerias entre o LATED/CAP-UERJ têm sido iniciadas para criar réplicas físicas e virtuais de espécimes de coleções de outras instituições de ensino e pesquisa (e.g. Museu Nacional do Rio de Janeiro e Universidade do Estado do Rio de Janeiro).

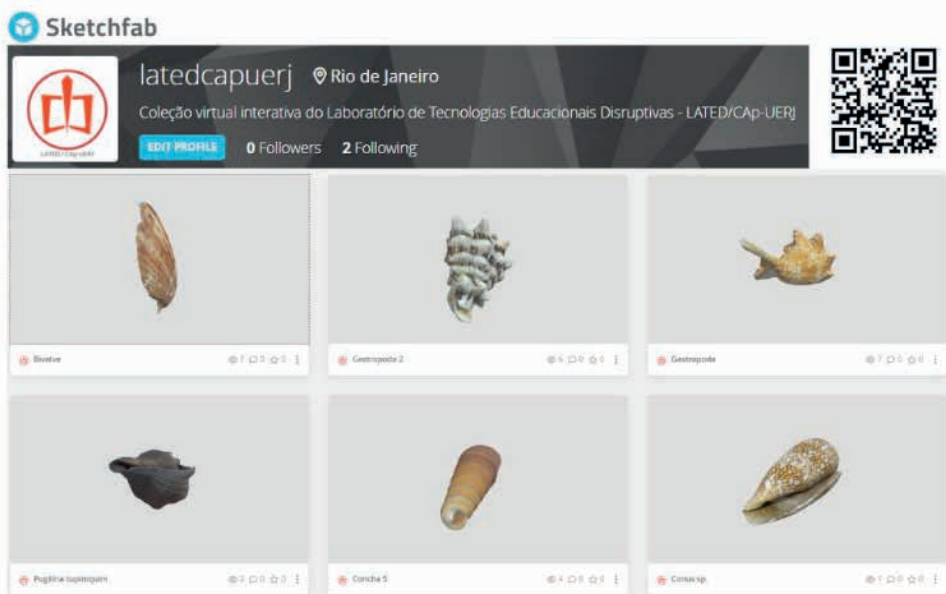


Figura 3. Coleção virtual interativa do LATED/CAP-UERJ na plataforma Sketchfab, disponível em <https://sketchfab.com/latedcapuerj>, com QRCode para acesso livre aos registros de espécimes.

O escaneamento 3D permitiu a produção de versões digitalizadas de espécimes da coleção biológica que podem ser editados e impressos em diversas dimensões. Portanto, os resultados sugerem que é possível melhorar a aquisição de imagens 3D e ainda produzir réplicas impressas (figura 4) de baixo custo que podem ser utilizadas em sala de aula.

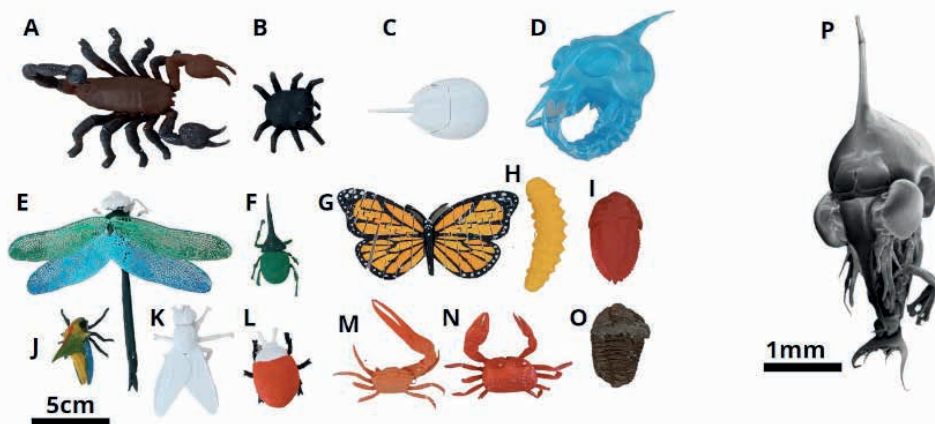


Figura 4: Espécimes da primeira Coleção 3D de artrópodes do CAP-UERJ, mostrando os modelos impressos para aulas práticas de seres vivos na Educação Básica, representados por (A) escorpião (Scorpionidae), (B) aranha papa-moscas (Saltidae), (C) *Limulus polyphemus* (Limulidae), larva de crustáceo *Callinectes sp.* (Portunidae), (E) libélula (Libellulidae), (F) besouro-hércules (Scarabeidae), borboleta-monarca *Danaus plexippus* (Nymphalidae) adulta (G) e sua fase lagarta (H) (cor parcial, ainda em preparação), (I) fóssil de trilobita *Asaphus sp.* (Asaphidae), (J) cigarrinha (Membracidae), (K) mosca-comum *Musca domestica* (Muscidae), (L) joaninha-vermelha *Cycloneda sanguinea* (Coccinellidae), (M) caranguejeiro macho (M) e fêmea (N), (O) trilobita 3D (escaneado do fóssil original (I), MEV da larva de *Callinectes sp.*

## 4 | DISCUSSÃO

A partir do escaneamento, é possível estudar os exemplares de forma virtual e não invasiva em qualquer lugar, uma vez que as imagens interativas produzidas possibilitam uma visualização em 360 graus do objeto e a aproximação de estruturas em detalhe. Com o aprimoramento da técnica torna-se viável digitalizar não apenas coleções biológicas, mas também artefatos raros a fim de democratizar seu conhecimento. Tal aplicação possui grande relevância em casos de coleções muito sensíveis à deterioração (e.g. biológicas, paleontológicas e objetos únicos), quando há constante manuseio ou exposição dos exemplares a fatores que comprometam sua integridade. Por conta disso, diversas coleções ficam indisponíveis para o público, especialmente em escolas onde o manuseio pode ser frequente em aulas. O alto custo de digitalizadores tridimensionais frequentemente inviabiliza a criação de coleções virtuais, adicionado ao desconhecimento ou ausência de domínio da técnica. São necessários mais estudos para explorar todos os potenciais da digitalização 3D através de aplicativos. A técnica apresentada no presente trabalho, no entanto, mostrou-se extremamente acessível e de baixo custo para ser reproduzida.

O presente trabalho ressalta a importância de inserir o conhecimento de técnicas 3D de impressão e escaneamento na Educação Básica e em currículos de graduação (especialmente nas licenciaturas em biologia). Embora sejam acessíveis, essas técnicas ainda são incipientes na formação de alunos em escolas e de futuros professores. Diversas coleções didático-científicas podem ser estudadas presencial ou virtualmente preservando os caracteres dos exemplares. As técnicas sugeridas podem ser utilizadas em exemplares de coleções vulneráveis ao manuseio, como as paleontológicas, geológicas e de estruturas anatômicas frágeis. É possível escanear espécimes-tipo e exemplares raros, em qualquer coleção do mundo, para serem impressos para compor coleções de réplicas 3D em diversos tamanhos. Dessa forma, o presente trabalho sugere uma metodologia que colabora com a democratização e popularização da ciência, uma vez que possibilita novas coleções didático-científicas para serem utilizadas desde a Educação Básica. Além disso, a modelagem 3D possibilita criar exemplares com diversos tamanhos e texturas, possibilitando que alunos com baixa visão tenham acesso a espécimes raros que só estariam disponíveis em museus para visitação sem contato direto. Alunos neurodiversos (e.g. TEA, TDAH, autismo, altas habilidades) também podem se beneficiar das técnicas propostas, uma vez que podem aprender, desde os anos iniciais de escolaridade, como utilizar tecnologia 3D para criarem seus modelos e coleções biológicas virtuais, adaptadas às suas necessidades de aprendizado. O uso de tecnologias 3D, desde a Educação Básica à graduação, colabora com um ensino inclusivo e acessível, eu permite a iniciação científica de forma natural e o aprendizado investigativo através do estímulo à observação e conhecimento de seres vivos.

## 5 | CONCLUSÕES

O escaneamento 3D de espécimes de coleções apresentou-se eficaz para a criação de suas versões virtuais, aumentando a acessibilidade a exemplares que podem ser utilizados de forma didática ou para pesquisa em qualquer lugar. A técnica representa o primeiro passo que permitiu a criação da primeira coleção 3D virtual interativa de espécimes biológicos no CAP-UERJ, além de uma versão física para a primeira coleção zoológica didático-científica do CAP-UERJ

O presente estudo utiliza diferentes tecnologias para registrar dados de relevância taxonômica e sistemática de espécimes. Seu uso nas aulas práticas para a Educação Básica no CAP-UERJ permite estabelecer pontes entre pesquisa desenvolvida na universidade e o ensino no CAP-UERJ. A metodologia de escaneamento 3D desenvolvida se apresenta de baixo custo e pode ser utilizada em diversas coleções de importância científica.

## REFERÊNCIAS

Cunha. M. B. Um museu em chamas: o caso do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Revista Ibero-Americana De Ciência Da Informação, volume 12, páginas 1-3, 2018.

Erolin. C.; Jarron. M; Csetenyi. L. J. Zoology 3D: Creating a digital collection of specimens from the D'Arcy Thompson Zoology Museum. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, volume 7, páginas 51-55, 2017.

Lipak. H.; Kunanets. N.; Pasichnyck V.; Veretennikova. N. Digitization Project for Historical and Cultural Heritage. Proceedings, volume 2, páginas 194-198, 2020.

Niven. L; Steele. T. E.; Finke. H.; Gernat. T.; Hublin. J. Virtual skeletons: using a structured light scanner to create a 3D faunal comparative collection. Journal of Archaeological Science, volume 36, páginas 2018-2023, 2009.

Papavero, N. Fundamentos Práticos de Taxonomia Zoológica. Editora Unesp, São Paulo, 1994.

Santori, R. T.; Santos M. G. Ensino de Ciências e Biologia: um Manual Para Elaboração de Coleções Didáticas. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2015.

Santos. S. B. Socorro... Não existe tipo ou o tipo sumiu!. I Seminário sobre Gestão e Curadoria de Coleções Zoológicas da FioCruz, volume 1, páginas 46-48, 2011.

Silva, R. G; Santos, A. L.; Silva. M. L.; Carvalho. Y. K. Representação tridimensional de dentes de mamíferos e sua utilização como recurso didático na formação de professores de ciências e biologia. ENCITEC, volume 13, páginas 78-97, 2023.

Vivo. M.; Silveira. L. F.; Nascimento. F. O. Reflexões sobre coleções zoológicas, sua curadoria e a inserção dos Museus na estrutura universitária brasileira. Arquivos de Zoologia, volume 45, páginas 105-113, 2014.

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETECCIÓN DE ZONOSIS EN *Syncerus caffer nanus* DE LA SELVA DE MAYOMBE EN CABINDA, ANGOLA

*Data de aceite:* 01/12/2023

### **Fernando Abel Mavungo**

Instituto Superior de Ciências da  
Educação de Cabinda (ISCED- Cabinda),  
Angola. <https://orcid.org/0000-0002-4821-3764>

### **Rubén Cabrera**

Gabinete de Arqueología, Oficina del  
Historiador de la Ciudad, Habana Vieja,  
Cuba. <https://orcid.org/0000-0003-0089-1125>

### **Jhoana Diaz-Larrea**

Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Iztapalapa. División de Ciencias  
Biológicas y de la Salud, Departamento de  
Hidrobiología. Ciudad de México, México.  
<https://orcid.org/0000-0003-4290-0835>

### **Juan Ricardo Cruz-Aviña**

Facultad de Medicina Veterinaria y  
Zootecnia de la Benemérita Universidad  
Autónoma de Puebla (BUAP)  
Tecamachalco, Puebla, México. <https://orcid.org/0000-0002-0905-9370>

**RESUMEN:** Las poblaciones de búfalos africanos han sufrido una grave reducción en tamaño y distribución geográfica desde el siglo XIX, como resultado de los efectos combinados de impactos antropogénicos

como la conversión de tierras, la caza furtiva, los brotes de enfermedades y eventos climáticos como las sequías. Aquí se propone realizar un estudio poblacional de la especie *Syncerus caffer nanus*, teniendo en cuenta su densidad en dos municipios de Cabinda, Angola. Para ello se pretende aislar el género *Brusella* de las heces y correlacionarlo con variables ecológicas de la especie.

## METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE DETECTION OF ZONOSSES IN *Syncerus caffer nanus* FROM THE MAYOMBE FOREST IN CABINDA, ANGOLA

**ABSTRACT:** African buffalo populations have undergone a severe reduction in size and geographical distribution since the nineteenth century, as a result of the combined effects of anthropogenic impacts such as land conversion, poaching, disease outbreaks and climatic events such as droughts. Here it is proposed to carry out a population study of species *Syncerus caffer nanus*, taking into account its density in two municipalities of Cabinda, Angola. For this purpose, the aim is to isolate the genus *Brusella* from the feces and correlate it with

ecological variables in the species.

**KEYWORDS:** Brucellosis, Jungle buffalo.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El Búfalo de la selva (*Syncerus caffer nanus*) (**Figura 1**), tal y como su nombre lo indica, habita en las selvas densas donde abundan ríos y quebradas. La especie tiene una movilidad muy limitada, pues su radio de acción no sobrepasa los 5 Km de desplazamiento diario (Cornélis *et al.*, 2014), lo que acentúa su vulnerabilidad, dada la fidelidad de su hábitat. No menos significativo es su amplia diversidad genética, lo que hace que sus miembros reflejen numerosas variaciones que van desde genéticas hasta conductuales Smitz *et al.* (2013).

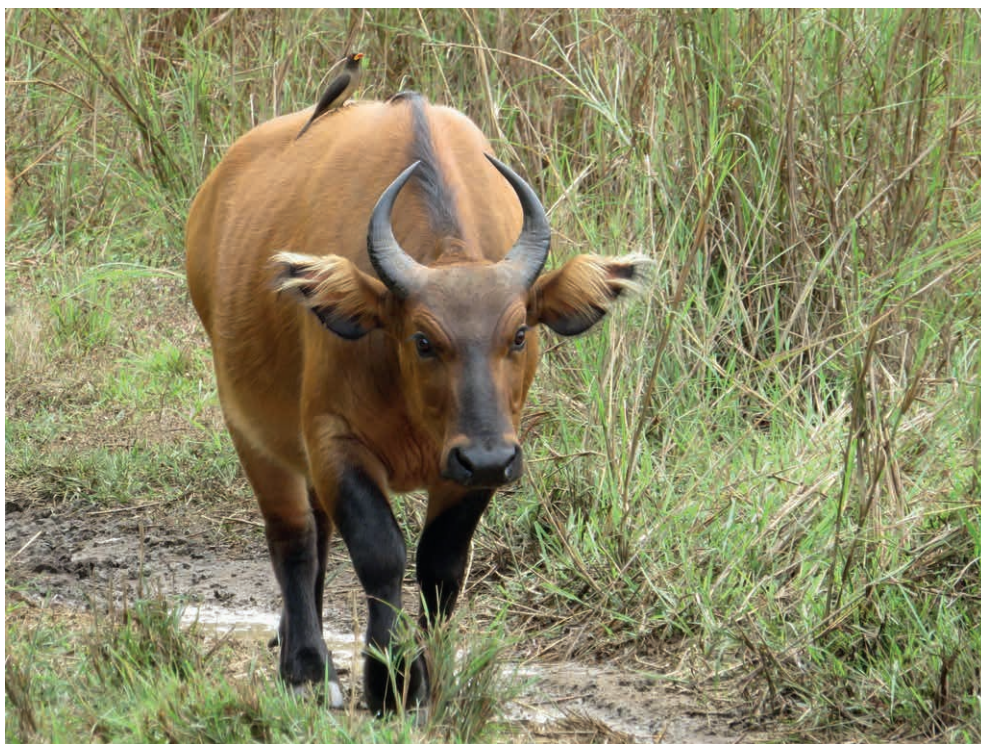


Figura 1. Búfalo de selva (*Syncerus caffer nanus*).

Fuente: (IUCN Red List, 2019).

Si bien el león africano, se considera su depredador natural. Los factores causales de su declinación actual son precisamente la destrucción de su hábitat, debido a: la explotación maderera, la explotación minera, las prácticas agrícolas irresponsables como la quema, y parcelación de la selva (Butynski *et al.*, 1997).

Por si fuera poco, a la falta de un Plan de Manejo para la explotación maderera se

une, la ausencia de regulaciones en la inclusión de ganado bovinos, caprinos, ovinos en la selva, trayendo consigo un enemigo silente. La concesión más generalizada es que los búfalos suelen ser inmunes a infecciones parasitarias y bacterianas, lo que no es totalmente cierto (Freitas *et al.*, 2001; Paulin & Neto, 2008; Silva *et al.*, 2013; Destro *et al.*, 2014).

Teniendo en cuenta esos preceptos se propone investigar el tema: *Zoonosis en Syncerus caffer nanus de la Selva de Mayombe en Cabinda, Angola y sus implicaciones en su densidad poblacional.*

## 1.1 Problema de investigación

La narrativa de que los búfalos no se enferman, hoy carece de validez científica. Pues, zoonosis como la brucelosis, toxoplasmosis, cryptosporidiosis, tuberculosis, leptospirosis por citar algunas, constituyen una parte de la extensa lista de enfermedades encontradas en poblaciones de búfalos (Paulin & Neto, 2008; Destro *et al.*, 2014).

## 1.2 Interrogantes a sobre el problema

En correspondencia con la literatura especializada admite que, "... *la densidad de mamíferos como el Búfalo, puede ser afectada tanto por factores antrópicos cuanto natural, en particular, los zoonóticos...*" (Bienen & Tabor (2006: 322 p).

En conformidad con lo planteado se propone responder la siguiente pregunta científica:

- *¿Cuál es el diagnóstico del Syncerus caffer nanus de la Selva de Mayombe a respecto del brucelosis, cryptosporidiosis y toxoplasmosis?, y ¿Cómo esas enfermedades pueden repercutir en la densidad de ese mamífero en las aldeas de Npeni Ncacata y Sanga Mongo del municipio de Buco Zau, y de Quissoqui, en el municipio de Belize en Cabinda, Angola?*

El desarrollo de este estudio esta norteado por el siguiente objetivo:

## 2 | OBJETIVO GENERAL

- Diagnosticar la presencia de *Brucella* spp., en heces fecales de *Syncerus caffer nanus* localizado en la Selva de Mayombe en los municipios de Buco Zau y Belize en Cabinda, Angola.

## 3 | JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El conocimiento sobre el Búfalo de la selva es muy escaso y limitado. Según la investigación de Molloy (1997), varios son los aspectos que ameritan su estudio a nivel regional.

3.1 Tienen limitada distribución geográfica (solo se encuentran en selvas tropicales densas).

3.2 Su etología se describe como una especie escurridiza en su interacción con otras especies, así como su movilidad es referida como “*sedentaria...*” (Melletti, 2007: 1314 p).

Lo antes expuesto ha sido referido por Cornélis *et al.* (2014) en base a los estudios de Bekhuis *et al.* (2008) quienes afirman que: “... *no ha sido posible estimar el número de ese mamífero en los ecosistemas naturales, salvo únicamente, los que se localizan en los parques nacionales, ejemplo, Parque Nacional de Odzala (República de Congo), Parque Nacional de Lopé (Gabón), donde se estima su presencia más significativa, oscilando entre 500 y 300 individuos, respectivamente*” (Bekhuis *et al.* (2008: 672 p).

La zoonosis en el Búfalo de selva de Mayombe aún no es conocida en la literatura. Por lo tanto, esta investigación permitirá conocer, la situación actual de *Syncerus caffer nanus* de la Selva de Mayombe en cuanto a su zoonosis existente, lo que permitirá implementar protocolos de manejo para las especies domesticas en cuanto a su modo de introducción, y permitirá fomentar nuevas políticas ambientales.

O sea, tratase de un estudio que se justifica por su contextualidad y relevancia frente a los grandes desafíos ambientales que la humanidad enfrenta, cuyas respuestas presuponen enfoques científicos sólidos.

## 4 | METODOLOGÍA A CONSIDERAR PARA EL CUMPLIMIENTO DE OBJETIVO

### 4.1 Materiales y Métodos

La investigación se desarrollará en tres poblados. Dos aldeas (Npeni Ncacata y Sango Mongo) correspondientes al municipio de Buco Zau, y una tercera aldea Quissoqui del municipio de Belize. Ambos, sitios propuestos constituirán los espacios del muestreo, donde son avistados con cierta frecuencia este mamífero, o donde sus vestigios en este caso, heces son frecuentes. Las zonas propuestas se observan en la **Figura 2**.

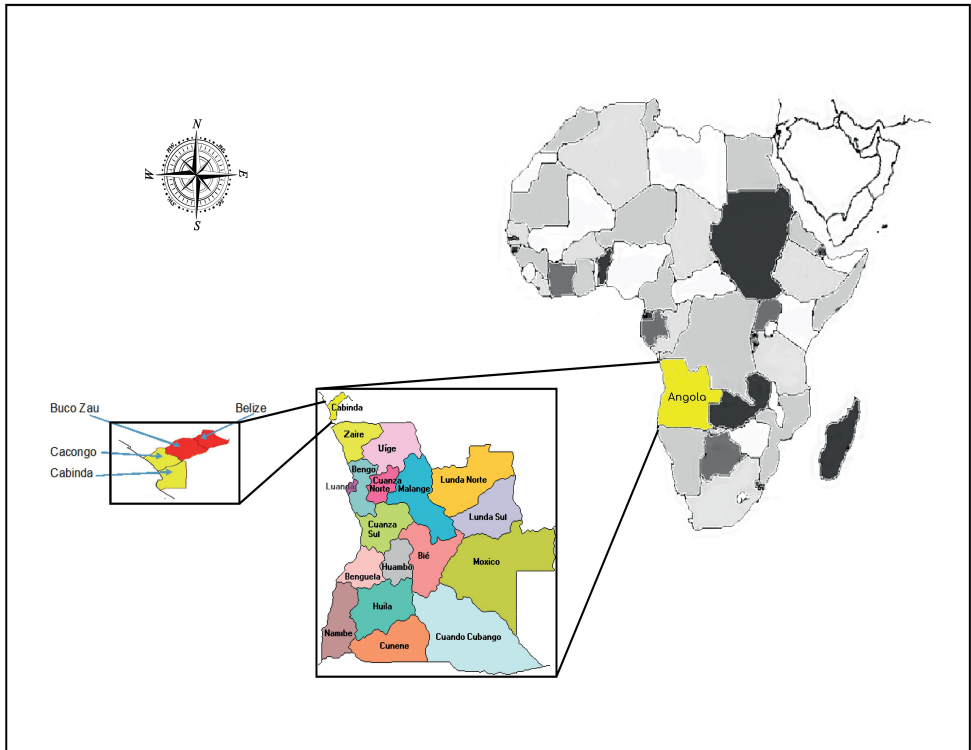


Figura 2. Zona propuesta para estudio. Sitios propuestos para la toma de muestras: ■ Belize, ■ Buco Zau.

Fuente: elaboración propia.

Sus temperaturas medias anuales de la región superan los 20°C y las precipitaciones están correlacionadas con la altitud, Buco Zau 1350 mm / año<sup>-1</sup>, mientras que Belize 1800 mm / año<sup>-1</sup> (Howard & Washington, 2018). Poseen dos estaciones climáticas muy diferenciadas, lluviosa (septiembre hasta mayo) y seca (junio hasta septiembre) con temperaturas bajas.

#### 4.2 Metodología para toma de datos ecológicos

El método de censo visual, y la estimación de los puntos de intersecciones son los más utilizados como opción cuando el muestreo poblacional contempla organismos no fijados al sustrato. Estos prevén el avistamiento tanto de animales, heces o carcasas (resto de huesos) (García-Charton *et al.*, 2000). Por la naturaleza de la especie objeto de estudio, la utilización de métodos visuales, particularmente los indirectos son los más recomendados (Romanowski *et al.*, 2019).

Cabrera *et al.* (2021) defiende que, el método de observación visual que presupone caminadas multidireccionales en la parcela objeto de estudio, es una condición esencial

para el desarrollo de esta investigación.

En ese sentido, como sugieren Sabino & Villaça (1999), las estrategias de muestreo jugarán un importante al permitir dar respuestas a las cuestiones relacionadas con la distribución y abundancia de los organismos/objetos en estudios que se realizará.

### 4.3 Metodología para los análisis microbiológicos

Las muestras de excretas secas (10 g) se colocarán en matraces que contenían 100 mL de caldo pre-enriquecido con soya tripticasa (Difco, EUA) y se incubaran por 24 h a 37 °C en una estufa de cultivo (ECOSHEL HI-162, EUA). Este caldo que contendría 5 % de suero de bovino estéril (SBE) y un suplemento selectivo de *Brucella* (Oxoid, EUA) se mezclarán con polimixina B, bacitracina, natamicina, ácido nalidíxico, nistatina y vancomicina según las recomendaciones de Díaz *et al.* (2000).

De cada matraz se tomará una muestra del cultivo, el cual se sembrará en placas de Agar Tripticasa (TSA), adicionándole un 5 % de SBE y el suplemento selectivo de *Brucella*. Las placas se incubaran por un período de 5 a 12 días a 37 °C. Las colonias con morfología sugestiva de *Brucella* spp., se seleccionarán, y habrán de ser tratadas con Agar *Brucella* (Difco, EUA). Lo que resulte de esto, habrán de identificarse por pruebas bioquímicas con base en la producción de H<sub>2</sub>S, ureasa, Agar TSI, así como su sensibilidad a fucsina y tionina (Alton *et al.*, 1976).

### Extracción de ADN

El ADN obtenido de las muestras se realizará mediante el método de extracción fenol-agua modificado según Rezania *et al.* (2011). Diez gramos de heces deben ser macerados junto a 10 mL de solución salina fisiológica. Las muestras maceradas (aproximadamente 1500 g) se centrifugan para obtener un pellet al cual se adicionarán 15 mL de lisozima.

Esta mezcla se colocará en hielo por 45 minutos, y se agregarán 100 mL de solución STEMP (SDS 10 %, Tris-HCl 1M, EDTA 0.5M, H<sub>2</sub>O estéril) y 15 mL de proteinasa K. Se mantendrá por 1 h a 60 °C de temperatura, luego se mezclará en un vórtex cada 10 min. Posteriormente, se agregará una solución de fenol bufferado (PBS) 1:1, la que se centrifugará por 15 min. Para separar la fase acuosa deben añadirse 750 mL de acetato de potasio y etanol absoluto en una proporción 1:2. Se agitará, decantará y evaporará hasta que el pellet que completamente seco.

El ADN será resuspendido en una solución TE (Tris-HCl 1M, EDTA 0.5M, H<sub>2</sub>O estéril) 10:1 y se congelará a (-20 °C) hasta su procesamiento. La identificación por PCR punto final y la reacción de PCR se realizará con los oligonucleótidos F4 (5'-TCGAGCGCCCGCAAGGGG-3') y R2 (5'-AACCATAG-TGTCTCCACTAA-3') dirigidos

al gen 16S rRNA, según Padilla *et al.* (2003), la amplificación se realizará a 900 pb. El volumen final recomendado es 25 mL y contendrá 13 mL de RedTaq ReadyMix PCR Reaction Mix (Sigma, EUA), 7 mL de agua grado ABM libre de RNasas (Thermo Scientific, EUA), 1 mL de cada oligonucleótido (dNTPs) y 3 mL de ADN de la muestra. Los ciclos de reacción para la identificación de *Brucella* spp., serán: un ciclo de desnaturalización inicial de 95 °C por 10 min, 30 ciclos a 95 °C por 30 segundos (s), 30 ciclos a 54 °C por 90 s, 30 ciclos a 72 °C por 90 s y una extensión final a 72 °C por 10 min. La identificación por PCR multiplexLa identificación se realizó con la amplificación de *Brusella* (cepa vacunal RB51) y los siguientes iniciadores: RB51-1 (5'-TTA AGC GCT GAT GCC ATT TCC TTC AC- 3') y RB51-2 (5'-GCC AAC CAA CCC AAA TGC TCA CAA- 3'), según Vemulapalli *et al.* (1999), que amplifica un producto de 1298 pb a partir del gen wboA. Para la amplificación de la cepa vacunal S19 se utilizarán los iniciadores ERY-I (5'TTG GCG GCA AGT CCG TCG GT 3') y ERY-II (5'CCC AGA AGC GAG ACG AAA CG 3'), de acuerdo con Sangari *et al.* (2007), cuyo producto de amplificación es de 361 pb y se corresponde a los genes eryC-eryD.

Los ciclos de reacción para la identificación de *Brucella* spp., a esperar serán: un ciclo de desnaturalización inicial de 94 °C por 5 min, 30 ciclos a 94 °C por 1 min, un ciclo de 59 °C por 30 s, un ciclo de 72 °C por 1.5 min y una extensión final por 5 min a 72 °C. Los productos de amplificación se observarán en geles de agarosa al 1% en TAE 0.5X y teñidos con bromuro de etidio (0.5 mg mL<sup>-1</sup>) con un marcador molecular de 1000 a 3000 pb (Plus ADN Ladder Thermo Scientific). La cámara de electroforesis se colocará en una fuente de poder a 1000 V durante 60 min para observar los productos amplificado

#### 4.4 Metodologías para los análisis estadístico propuestos

Para el análisis y tratamiento de los datos de este estudio se utilizarán varias pruebas estadísticas, en primer orden:

**4.4.1** El test de Shapiro-Wilk ( $p \leq 0.05$ ) para contrastar si en todos los casos se cumple con los supuestos de normalidad de los datos.

En segundo lugar:

**4.4.2** La prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para conocer si existen diferencias significativas entre las medias de los experimentos.

Por último:

**4.4.3** El método de Tukey para determinar los intervalos de comparación múltiple y así poder evaluar cuáles parejas de datos serán significativamente diferentes y por tanto controlar la tasa de error.

Todas las comparaciones de datos se realizarán adoptando un nivel de significación ( $p \leq 0.05$ ).

## REFERENCIAS

Alton, G.G., Jones L.M., & Pietz, D. (1976). Técnicas de laboratorio en la brucelosis. Organización Mundial de la Salud, O.M.S., 2 da ed, Ginebra, 175 pp.

Bekhuis, P. D. B. M., de Jong, C. B., & Prins, H. H. T. (2008). Diet selection and density estimates of forest buffalo in Campo-Ma'an National Park, Cameroon. *African Journal of Ecology* 46, 668–675.

Bienen, L., & Tabor, G. (2006). Aplicación de un enfoque ecosistémico al control de la brucelosis: ¿puede gestionarse con éxito un antiguo conflicto entre la fauna salvaje y la agricultura? *Fronteras de la Ecología y el Medio Ambiente* 4, 319-327.

Butynski, T., Schaaf, C., & Hearn, G. (1997). African buffalo *Syncerus caffer* extirpated on Bioko Island, Equatorial Guinea. *Journal of African Zoology*, 111, 57–61.

Cabrera, R., Díaz-Larrea, J., & Cruz-Aviña, J. R. (2021). *Nociones sobre muestreo ecológico de poblaciones y comunidades. Con énfasis en organismos marinos*. Editorial Académica Española.

Cornélis D., Melletti, M., Korte, L., Ryan, S. J., Mirabile, M., Prin, T. & Prins, H. H. (2014). African buffalo *Syncerus caffer* (Sparrman, 1779). (326–372 pp) En: Melletti, M & Burton, J. [Eds.] *Ecology, evolution and behaviour of wild cattle: implications for conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Destro, K.C., Viana, R.B., Benigno, R.N.M., Chaves, L.C.S., & Pereira, W.L.A. (2014). Ocorrência de *Cryptosporidium* spp. em bezerros bubalinos no estado do Pará. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*, 81, (4), 368-371.

Díaz Aparicio, E., Hernández, L. A., Valero, G. E., Arellano, B. R., Aguilar, F. R., Alfonseca, E. S., Batalla, D.C., Bautista, M. O., Betancourt, X. M., Blasco, J. M., Castillo, A. M. G., Cobos, L. M., Díaz, R. G., Dorronsoro, I. P., Elizalde C., Hernández, L. A., Leal, M. H., Leiva J.I., López-Goñi, J. E., Luna M., Mancera, M. A., Marín C. A., Martínez, O. L.M., Mateos, A. P., Mejía, P. S., Morales, J. A., Moriyón, I. U., Núñez, A. L., Núñez, E. D. T., Ochoa D., Ontiveros, M. L. C., Paredes, J. C. M., Peña, G. P. F., Ramírez, P., C. Romero R., Reséndiz, R. M., Rubio, M. A., Sahagún, R., Salas, E.T., Suárez, F. G., Tenorio, G., Valero, G. E., Vázquez, J. N., Velázquez, F. Q., Velázquez, M. M., Vicencio, M. A., & Villa, J. S. (2000). *Diagnóstico de Brucelosis Animal*. 2a. ed. INIFAP. México, D.F. 210 pp.

Freitas, J.A., Guerra, J. L., & Panetta, J. C. (2001). Características da tuberculose observada em búfalos abatidos para consumo: aspectos patológicos e identificação de micobactérias. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 38, (4), 170-176.

García-Charton, J. A., Pérez Ruzafa, A., & Marcos-Diego, C. (2000). Fish visual census methods for detecting gradients of abundance and biomass across boundaries of MPAs. (29–34 pp.). En: R. Goñi, M. Harmelin-Vivien, F. Badalamenti, L. Le Diréach, & G. Bernard [Eds.] *Introductory Guide to Methods for Selected Ecological Studies in Marine Reserves*, USA.

Howard, E., & Washington, R. (2018). Characterizing the synoptic expression of the Angola low. *Journal of Climate*, 31(17), 7147–7165.

IUCN. (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2*. [en línea]. <https://www.iucnredlist.org>. Acceso: 6/09/2023.

- Melletti, M., Penteriani, V., Mirabile, M., & Boitano, L. (2007). Some behavioral aspects of forest buffalo (*Syncerus caffer nanus*): from herd to individual. *Journal of Mammalogy*, 88 (5),1312–1318.
- Molloy, L. M. (1997). Forest buffalo, *Syncerus caffer nanus*, and burning of savannas at Lope´ Reserve, Gabon. MSc thesis. University of Florida, 120 pp.
- Padilla, C., Montoya Y., & Carrillo. C. (2003). Estandarización de una prueba de PCR para la detección de *Brucella* sp. *Revista Peruana Medicina Salud Publica*, 20, 102-104.
- Paulin, I.M.S., & Neto, F.J.S. (2008). Bruceloses em búfalos. Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, 75, 3, 389-401.
- Rezania, S., Amirmozaffari, N., Tabarraei, B., Jeddi-Tehrani, M., Zarei, O., Alizadeh, R., Masjedian, F., & Hassan Zarnani, A. (2011). Extraction, purification and characterization of lipopolysaccharide from *Escherichia coli* and *Salmonella typhi*. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 3, 3-9.
- Romanowski, F. N., Neris, de A., Castro, M. B., & Neris, N. W. (2019). Manual de Tipos de Estudo. Centro Universitário de Anápolis, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Ação Comunitária. *Anápolis*, 1- 38.
- Sabino, C.M., & Villaça, R. (1999). Estudo comparativo de métodos de amostragem de comunidades de costão. *Revista Brasileira de Biologia*, 59 (3), 407-419.
- Sangari, F.J., Seoane, A., Rodríguez, M.C., Agüero, J., & Lobo, J.M. (2007). Characterization of the urease operon of *Brucella abortus* and evaluation of its role in the virulence of the bacterium. *Infectar. Immune*, 75 (2), 774–780.
- Silva, J.B., Lopes, C.T.A., Pinheiro, C. P., Lima, D.H., Silva, R.S. L., Fonseca, A. H., Araújo, F.R., Neto, J., & Barbosa, D. (2013). Prevalência sorológica e molecular de *Babesia bovis* e *Babesia bigemina* em búfalos (*Bubalus bubalis*) na Ilha de Marajó. *Pesquisa Veterinaria Brasileira*, 33 (7), 847-850.
- Smits, N., Berthouly, C., Cornelis, D., Heller, R., Van Hooft, P., Chardonnet, P., Caron, A., Pronis, H., Jansen van Vuuren, B., De longh, H., Michaux, J. (2013). Pan-African genetic structure in the African buffalo (*Syncerus caffer*): investigating intraspecific divergence. *PLoS ONE*, 8 (2), e56235.
- Vemulapalli, R., McQuiston, J., Schurig, G., Sriranganathan, N., Halling, S., & Bole, S. (1999). Identification of an IS711 element interrupting the *wboA* gene of *Brucella abortus* vaccine strain RB51 and PCR assay to distinguish strain RB51 from other *Brucella* species and strains. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 6, 760-764.

**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**

Angola 27, 29, 34

Antibióticos 1

Antimicrobianos 2, 3, 7

**B**

BNCC 9, 10

*Brucella spp* 29, 32, 33

Brucelosis 29, 34

Búfalo de selva de Mayombe 30

Búfalos africanos 27

**C**

Cultura maker 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

**E**

Educación 2, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 27, 36

Educación básica 2, 9, 17, 19, 23, 24, 25

Ensino de Biología 10, 13, 15, 16, 17, 19

Ensino STEM 9, 13, 14, 15, 16

Escaneamento e impressão 3D 18

Espectro antimicrobiano 5

Estudio poblacional 27

**F**

Farmacorresistentes 1, 3, 5

**M**

Metodologías activas 10, 11, 17

Microorganismos 1, 5

**P**

Polycam 19, 20, 21, 22

**R**

Registro e conservación 19, 21

Resistencia 1, 3, 4, 5, 7

**S**

*Syncerus caffer nanus* 27, 28, 29, 30, 35

**T**

Tecnologías 2, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 25

Tinción de GRAM 2

**Z**

Zoología 26



LAS  
CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas  
de conocimiento

3

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 @atenaeditora
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# LAS CIENCIAS BIOLÓGICAS

y la construcción de nuevos paradigmas  
de conocimiento

3

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 @atenaeditora
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)