

# BIOTECNOLOGIA NA ESCOLA

Propostas pedagógicas para  
educação básica



Organizadoras:

Scheila de Avila e Silva  
Fernanda Pessi de Abreu



# **BIOTECNOLOGIA NA ESCOLA**

Propostas pedagógicas  
para educação básica

Organizadoras:

Scheila de Avila e Silva  
Fernanda Pessi de Abreu

Fundação Universidade de Caxias Do Sul

*Presidente:*

José Quadros dos Santos

Universidade de Caxias Do Sul

*Reitor:*

Evaldo Antonio Kuiava

*Vice-Reitor:*

Odacir Deonísio Graciolli

*Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação:*

Juliano Rodrigues Gimenez

*Pró-Reitora Acadêmica:*

Flávia Fernanda Costa

*Chefe de Gabinete:*

Gelson Leonardo Rech

*Coordenadora da Educs:*

Simone Côrte Real Barbieri

Conselho Editorial Da Educs

Adir Ubaldo Rech (UCS)

Asdrubal Falavigna (UCS) – presidente

Cleide Calgaro (UCS)

Gelson Leonardo Rech (UCS)

Jayme Paviani (UCS)

Juliano Rodrigues Gimenez (UCS)

Nilda Stecanela (UCS)

Simone Côrte Real Barbieri (UCS)

Terciane Ângela Luchese (UCS)

Vania Elisabete Schneider (UCS)

Comitê Editorial

Alberto Barausse  
*Università degli Studi del Molise/Itália*

Alejandro González-Varas Ibáñez  
*Universidad de Zaragoza/Espanha*

Alexandra Aragão  
*Universidade de Coimbra/Portugal*

Joaquim Pintassilgo  
*Universidade de Lisboa/Portugal*

Jorge Isaac Torres Manrique  
*Escuela Interdisciplinar de Derechos Fundamentales  
Praeeminentia Iustitia/Peru*

Juan Emmerich  
*Universidad Nacional de La Plata/Argentina*

Ludmilson Abritta Mendes  
*Universidade Federal de Sergipe/Brasil*

Margarita Sgró  
*Universidad Nacional del Centro/Argentina*

Nathália Cristine Vieceli  
*Chalmers University of Technology/Suécia*

Tristan McCowan  
*University of London/Inglaterra*



© dos autores

**Revisão:** Izabete Polidoro Lima

**Editoração:** Ana Carolina Marques Ramos

**Capa:** Gabriel Dall'Alba

**Ilustrações capitulares:** Ronaldo Cardoso de Souza Júnior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Universidade de Caxias do Sul

UCS - BICE - Processamento Técnico

B616 Biotecnologia na escola [recurso eletrônico] : propostas pedagógicas para educação básica / org. Scheila de Avila e Silva, Fernanda Pessi de Abreu. – Caxias do Sul, RS : Educus, 2022.  
Dados eletrônicos (1 arquivo)

Apresenta bibliografia.

ISBN 978-65-5807-144-0

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Biotecnologia - Estudo e ensino. 2. Educação. I. Silva, Scheila de Avila e . II. Abreu, Fernanda Pessi de.

CDU 2. ed.: 60:37.036

Índice para o catálogo sistemático

1. Biotecnologia - Estudo e ensino
2. Educação

60:37.036  
37

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária  
Carolina Machado Quadros – CRB 10/2236.

Direitos reservados a:



**EDUCS — Editora da Universidade de Caxias do Sul**

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 — Bairro Petrópolis — CEP 95070-560 — Caxias do Sul — RS — Brasil

Ou: Caixa Postal 1352 — CEP 95020-972 — Caxias do Sul — RS — Brasil

Telefone/Telefax: (54) 3218 2100 — Ramais: 2197 e 2281 — DDR (54) 3218 2197

Home Page: [www.ucs.br](http://www.ucs.br) — E-mail: [educs@ucs.br](mailto:educs@ucs.br)



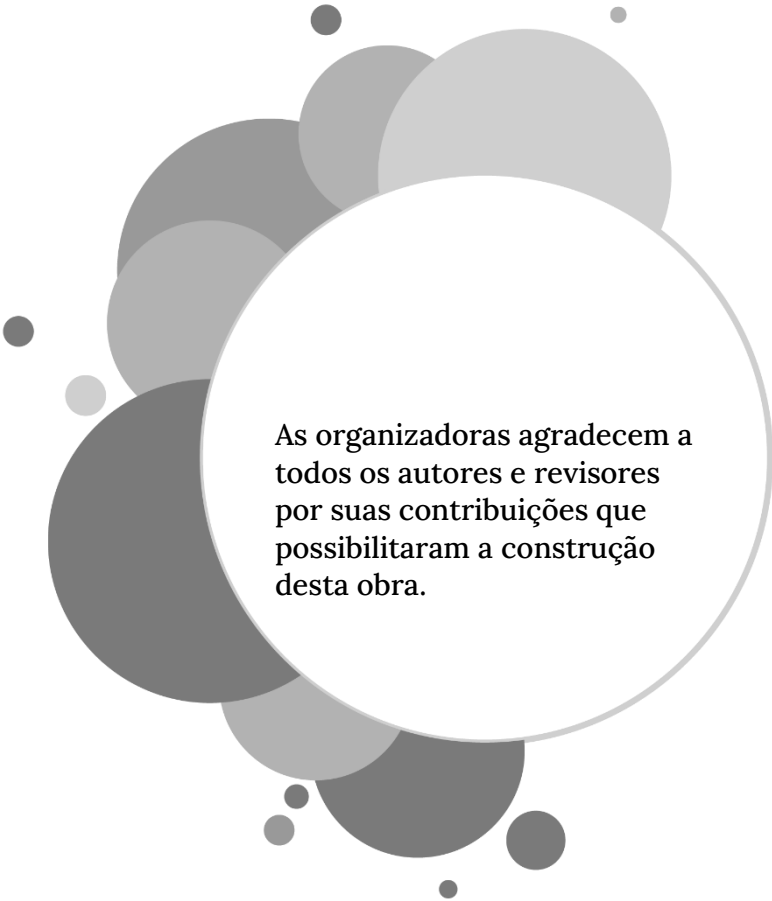
# **BIOTECNOLOGIA NA ESCOLA**

Propostas pedagógicas  
para educação básica

Organizadoras:

Scheila de Avila e Silva  
Fernanda Pessi de Abreu





As organizadoras agradecem a todos os autores e revisores por suas contribuições que possibilitaram a construção desta obra.

# Sumário

## **Apresentação / 15**

## **Prefácio / 17**

## **A importância do letramento científico / 21**

Letramento científico: estratégia metodológica / 24

Considerações finais / 35

Referências / 36

## **A Ciência como um processo / 39**

1 Introdução / 39

1.1 Sobre ensinar ciência: o pensamento crítico como ferramenta indispensável / 39

1.2 A intersecção entre pensamento crítico e o pensamento científico / 42

1.2.1 Princípios de investigação / 44

1.2.2 Posturas intelectuais / 51

2 A biotecnologia no auxílio do pensamento crítico e científico / 53

2.1 O que é biotecnologia / 53

2.2 Pensar como um cientista / 55

2.3 A magia da ciência está no processo – em defesa da ciência / 57

Considerações finais / 60

Referências / 61

## **As cores da biotecnologia / 65**

1 Justificativa / 65

2 Problema / 67

3 Objetivos / 67

3.1 Objetivo geral / 67

3.2 Objetivos específicos / 67

4 Referencial teórico / 68

4.1 A biotecnologia e suas cores / 68

5 Metodologia / 72
Considerações finais / 75
Referências / 76
Apêndice 1 / 78
Apêndice 2 / 79
Apêndice 3 / 80
Apêndice 4 / 81

### **Aplicação de tecnologias digitais sobre o sono na aprendizagem de crianças / 83**

1 Justificativa / 83
2 Problema / 85
3 Objetivos / 85
3.1 Objetivo geral / 85
3.2 Objetivos específicos / 85
4 Referencial teórico / 86
5 Metodologia / 90
Considerações finais / 96
Referências / 97

### **Para que servem as enzimas produzidas pelos fungos? / 99**

1 Justificativa / 99
2 Problema / 100
3 Objetivos / 100
3.1 Objetivo geral / 100
3.1 Objetivos específicos / 100
4 Referencial teórico / 100
4.1 Fungos e enzimas / 100
4.2 Uso de jogos no ensino / 101
5 Metodologia / 103
Considerações finais / 107
Referências / 107
Apêndice 1 / 109

Apêndice 2.A / 110

Apêndice 2.B / 111

Apêndice 3 / 112

Apêndice 4 / 113

Apêndice 5 / 114

Apêndice 6 / 115

Apêndice 7 / 116

Apêndice 8 / 117

Apêndice 9 / 118

### **Micro-organismos: mocinhos ou vilões? / 121**

1 Justificativa / 121

2 Problema / 123

3 Objetivos / 123

3.1 Objetivo geral / 123

3.2 Objetivos específicos / 123

4 Referencial teórico / 124

5 Metodologia / 126

Considerações finais / 136

Referências / 136

Anexo 1 / 138

Anexo 2 / 139

Anexo 3 / 140

Anexo 4 / 141

Anexo 5 / 142

Anexo 6 / 143

### **Biotecnologia azul para uma cultura oceânica / 145**

1 Justificativa / 146

2 Problema / 148

3 Objetivos / 148

3.1 Objetivo geral / 148

3.2 Objetivos específicos / 148

4 Referencial teórico / 148

5 Metodologia / 152

Considerações finais / 173

Referências / 174

Apêndice 1 / 179

Apêndice 2 / 183

Apêndice 3 / 184

Apêndice 4 / 189

Anexo 1 / 201

Anexo 2 / 205

## **Detetive científico / 211**

1 Justificativa / 212

1.1 Nota introdutória / 212

1.2 Os desafios impostos aos professores / 212

1.3 Qual a importância didática dos jogos? / 215

2 Problema / 216

3 Objetivos / 216

3.1 Objetivo geral / 216

3.2 Objetivos específicos / 217

4 Referencial teórico / 217

4.1 O que são as metodologias de aprendizagem ativa? / 217

4.2 Por que é interessante a utilização dos jogos? / 219

4.3 Orientações da BNCC sobre o ensino das Ciências da Natureza e suas tecnologias / 221

5 Metodologia / 223

5.1 O jogo Detetive de DNA / 223

5.1.1 Materiais / 223

5.1.2 Preparando o jogo / 225

5.1.3 Jogando o jogo / 226

5.2 Aplicações no Ensino fundamental / 231

5.3 Aplicações para o Ensino Médio / 232

5.3.1 Primeiro ano do Ensino Médio / 232

### 5.3.2 Segundo ano do Ensino Médio / 233

Considerações finais / 233

Referências / 235

Anexo 1 / 237

Anexo 2 / 239

Anexo 3 / 243

Anexo 4 / 245

Anexo 5 / 246

Questões / 252

### **Podemos trazê-los de volta? Se sim, deveríamos? / 255**

1 Justificativa / 255

2 Problema / 256

3 Objetivos / 257

3.1 Objetivo geral / 257

3.2 Objetivos específicos / 257

4 Referencial teórico / 257

4.1 Extinção / 257

4.2 Desextinção / 259

4.3 A ética da desextinção / 263

5 Metodologia / 266

Considerações finais / 270

Referências / 271

### **Micro-organismos na Biotecnologia / 275**

1 Justificativa / 275

2 Problema / 276

3 Objetivos / 276

3.1 Objetivo geral / 276

3.2 Objetivos específicos / 276

4 Referencial teórico / 277

5 Metodologia / 280

Considerações finais / 284



Referências / 285

## **Genômica no cotidiano / 287**

1 Justificativa / 287

2 Problema / 288

3 Objetivos / 288

3.1 Objetivo geral / 288

3.2 Objetivos específicos / 288

4 Referencial teórico / 289

4.1 Genômica e bioinformática / 289

4.2 Genômica e medicina / 291

4.3 Genômica da conservação / 295

5 Metodologia / 297

Considerações finais / 310

Referências / 310

## **Homossexualidade e genética / 313**

1 Justificativa / 314

2 Problema / 315

3 Objetivos / 315

3.1 Objetivo geral / 315

3.2 Objetivos específicos / 316

4 Referencial teórico / 316

4.1 Identidade de gênero *versus* orientação sexual *versus* sexo biológico / 316

4.2 Conceito de homossexualidade e suas implicações sociais / 318

4.3 Comportamento sexual no Reino Animalia / 319

4.4 Gêmeos monozigóticos (univitelinos ou idênticos) e dizigóticos (bivitelinos ou fraternais) como ferramentas para o estudo da correlação do comportamento homossexual com a genética / 323

4.5 Sequências didáticas relacionadas / 324

4.5.1 Divisão celular (mitose e meiose) / 324

4.5.2 Fecundação e formação de gêmeos / 326

4.5.3 Determinação cromossômica sexual / 327

5 Metodologia / 329

Considerações finais / 333

Referências / 335

Anexo 1 / 337

Anexo 2 / 340

### **Solo e seus micro-organismos / 343**

1 Justificativa / 343

2 Problema / 344

3 Objetivos / 344

3.1 Objetivo geral / 344

3.2 Objetivos específicos / 344

4 Referencial teórico / 345

5 Metodologia / 349

Considerações finais / 352

Agradecimentos / 353

Referências / 353

### **Gamificação como método de prevenção do *bullying* no ambiente escolar / 357**

1 Justificativa / 357

2 Problema / 358

3 Objetivos / 359

3.1 Objetivo geral / 359

3.2 Objetivo específico / 359

4 Referencial teórico / 359

5 Metodologia / 361

Considerações finais / 364

Referências / 364

Anexo 1 / 366

## **Descobrimdo o mundo dos fungos e suas aplicações biotecnológicas / 369**

- 1 Justificativa / 370
- 2 Problema / 370
- 3 Objetivos / 371
  - 3.1 Objetivo geral / 371
  - 3.2 Objetivos específicos / 371
- 4 Referencial teórico / 371
  - 4.1 O estudo dos fungos: micologia / 371
  - 4.2 Os fungos aplicados na indústria de alimentos / 373
- 5 Metodologia / 374
- Considerações finais / 382
- Referências / 382

## **Ecologia urbana e biotecnologia: a interação que não vemos / 387**

- 1 Justificativa / 388
- 2 Problema / 389
- 3 Objetivos / 389
  - 3.1 Objetivo geral / 389
  - 3.2 Objetivos específicos / 390
- 4 Referencial teórico / 390
- 5 Metodologia / 394
- Considerações finais / 409
- Referências / 409
- Apêndice A / 412
- Apêndice B / 416
- Apêndice C / 457

## **Biografia dos revisores / 459**

## **Biografia dos autores / 463**

## **Apresentação**

Biotecnologia e educação básica podem, aparentemente, não apresentar relações diretas. Contudo, as propostas pedagógicas contidas neste *e-book* propõem, de forma diferenciada, a desconstrução desse paradigma. Os diferentes temas abordados e suas relações com a biotecnologia serão trabalhados por meio de atividades a serem desenvolvidas em sala de aula. Uma vez que o uso de estratégias diferenciadas de ensino contribui para a formação de estudantes curiosos, críticos e engajados nas problemáticas da sociedade contemporânea, o *e-book Biotecnologia na escola: propostas pedagógicas para educação básica* será um subsídio para docentes na instigação de mentes jovens.



## Prefácio

Assim como tantos outros corpos de conhecimento, a Biotecnologia está intrinsecamente inserida no nosso dia a dia: no seu próprio conceito está contida a ideia de que a humanidade vem se beneficiando da descoberta, investigação e aprimoração de processos biotecnológicos desde os primórdios das civilizações.

De fato, da nutrição à farmacologia, da indústria à ecologia, da genética à medicina personalizada, a Biotecnologia enriquece o repertório de práticas e técnicas cujos produtos são essenciais para a sociedade. Portanto, naturalmente, a inserção do ensino de Biotecnologia em escolas, dentro do ensino de ciências, parece fundamental para aproximar a população em geral – que muitas vezes entra em contato com os seus produtos científicos – a essa área.

Com base nisso, este e-book propõe-se a explorar a inserção da Biotecnologia nas escolas. Muito mais do que somente ofertar algumas práticas pedagógicas que integram Biotecnologia ao conteúdo programático ofertado em salas de aula, os capítulos ao longo deste livro convidam o leitor a refletir sobre o ensino de ciências e sobre ideias que vão além das matérias científicas: o letramento e o pensar científico; a bioética; o papel da biotecnologia na sociedade; o ensino de ciências como uma ferramenta contra preconceitos e má-concepções; a consciência ecológica; entre outras importantes reflexões e atividades que podem ser desenvolvidas em sala de aula.

O e-book “Biotecnologia na escola: propostas pedagógicas para educação básica” aborda a intersecção entre ciência e docência, o que inicia uma conversa muito importante em tempos nos quais somos desafiados a compreender diversos

produtos oriundos da sua aplicação: de vacinas a organismos geneticamente modificados, entre tantos outros exemplos. Essas reflexões são ofertadas com propriedade por meio da experiência, competência e criatividade de cada autor ao longo da obra.

Os esforços das organizadoras deste livro certamente são recompensados por meio deste produto final, que convida docentes a refletirem sobre suas práticas pedagógicas e sugere estratégias que podem instigar seus alunos a pensarem ainda mais na natureza da ciência, no exercício do pensamento crítico e na relevância da biotecnologia para o mundo ao seu redor.

*Gabriel Dall'Alba*





# A IMPORTÂNCIA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO

Simone Côrte Real Barbieri

Bruno Rossato

Júlia Gabriele Dani

Fernanda Pessi de Abreu

Scheila de Avila e Silva



## A importância do letramento científico

A compreensão racional do meio em que o ser humano está inserido é um objetivo pretendido desde os primórdios da humanidade. Acredita-se que a ciência tenha seu surgimento intrínseco à espécie humana, visto que a elaboração de questionamentos, com a finalidade de propor explicações aos eventos é fazer ciência (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017). No entanto, outros pensadores propõem que a ciência tenha sua origem relacionada à Filosofia, sendo Aristóteles um dos seus primeiros representantes. Ainda há quem aponte que a ciência teve seu início com Galileu (RAMPAZZO, 2005, p. 19; FERREIRA, 2004). Independentemente de sua real origem, a etimologia da palavra ciência (do latim *scientia*) significa conhecimento, podendo este ser verificado por qualquer outro membro da comunidade científica, seguindo o princípio da “replicabilidade” (RAMPAZZO, 2005, p. 20). A sociedade do século XXI está intimamente relacionada com a ciência, tendo sido esta um impulso para a consolidação do mundo moderno. Assim, a formação de cidadãos reflexivos, críticos e conscientes, em relação, por exemplo, aos fenômenos ambientais e tecnológicos, é indispensável para assegurar o bem-estar social e o desenvolvimento de uma nação (SILVA; FERREIRA; VIEIRA, 2017).

Conforme apontado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o letramento científico é uma estratégia que pode ser utilizada na formação de estudantes aptos a entenderem, interpretar e transformarem o mundo (BRASIL, 2017, p. 319). Além disso, é descrito que o ensino de ciências deve promover situações nas quais os alunos possam: (i) definir problemas; (ii) levantar, analisar e representar; (iii) comunicar;

e (iv) intervir. O documento contém que o ensino na educação básica<sup>1</sup> deve:

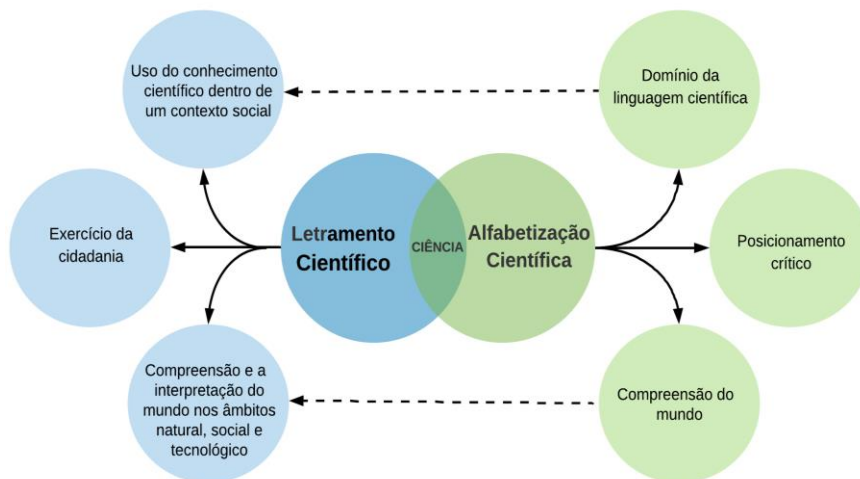
exercitar [nos alunos] a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2017, p. 9).

O significado das expressões *alfabetização científica* e *letramento científico* foram moldados pela tradução de termos estrangeiros de significados variados (CUNHA, 2017). A alfabetização científica refere-se ao acesso aos conhecimentos gerados pela humanidade, possibilitando a compreensão do mundo e o posicionamento crítico (NASCIMENTO; MORAES; MACHADO, 2015). Além de estar, também, relacionado a expressões como *popularização da ciência* e *divulgação científica* (AULER; DELIZOICOV, 2001). Já o letramento científico contribui para o exercício pleno da cidadania, ao permitir a compreensão e a interpretação de mundo, nos âmbitos natural, social e tecnológico (BRANCO *et al.*, 2018). Em suma, a alfabetização científica tem sido considerada como o domínio da linguagem científica, enquanto o letramento científico está relacionado ao uso do conhecimento científico em um contexto social (SUISSO; GALIETA, 2015) (**Figura 1**).

---

<sup>1</sup> A educação básica é formada pela Educação Infantil, pelo Ensino Fundamental e Ensino Médio, segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Capítulo 1, art. 21.

**Figura 1** – Representação esquemática das expressões *letramento científico* (em azul) e *alfabetização científica* (em verde)



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Um aspecto da interface letramento científico/alfabetização científica é o pensamento crítico, que envolve processos de análise, síntese e avaliação (CÁCERES; NUSSBAUM; ORTIZ, 2020). Os pensadores críticos tomam decisões, com base em reflexões racionais e enfrentam com maior êxito a complexidade da vida moderna, que é científica e tecnologicamente orientada (TENREIRO-VIEIRA, 2004). Além disso, têm interesse em entender o mundo e participam de discussões profundas sobre assuntos científicos (LOVEDAY *et al.*, 2013). Fomentar a formação de estudantes letrados cientificamente e, consequentemente, de pensadores críticos, implica cidadãos engajados em problemas sociais e no fortalecimento de pesquisa, inovação e tecnologia (BRANCO *et al.*, 2018). O letramento científico não está, portanto, somente relacionado ao aprendizado de ciências, mas também à aplicação desses conceitos na resolução de problemas no cotidiano e na

sociedade, possibilitando o exercício pleno da cidadania (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004; SOUZA, 2015). Assim, considerando a importância do letramento científico, este e-book possui como finalidade apresentar diferentes propostas pedagógicas, que possam auxiliar educadores na educação básica.

## **Letramento científico: estratégia metodológica**

Antes de determinar as possibilidades de estruturação das propostas pedagógicas, é preciso compreender a função e as aplicabilidades do letramento científico, como uma estratégia metodológica que precisa ser pressuposta, na estruturação epistemológica das práticas de ensino pretendidas nessa perspectiva.<sup>2</sup> Tradicionalmente, o ensino de ciências foi orientado pela ideia da alfabetização científica, em relação ao domínio conceitual e à aplicação dos conteúdos em experimentos e na resolução de problemas de aplicação prática. O conhecimento científico é considerado, desde a modernidade, como preponderante sobre os demais modos de conhecer e também sobre as demais áreas do saber. Isso se deve à predominância do positivismo na Idade Moderna, como o caminho para a superação da tutela religiosa, depois da Idade Média. Ou seja, quando a explicação a respeito da realidade e do funcionamento do mundo é assumida pela ciência em contraposição às crenças e explicações fundamentadas na religião.

---

<sup>2</sup> A abordagem epistemológica será tomada aqui no sentido clássico de sua definição, como determinante do recorte teórico, através do qual se estabelece o entendimento e as condições de relacionamento com a realidade. Ou seja: Que estrutura conceitual determina a abordagem, a análise e a construção do conhecimento científico, e que consequências essas escolhas acarretam para o modo de entendimento e aprendizagem?

Dentro dessa tradição racionalista, a ciência é estimada, reconhecidamente, pelas suas realizações práticas, mais ainda, porém, pelo conteúdo informativo e a capacidade de livrar nossas mentes de velhas crenças e preconceitos, velhas certezas, oferecendo-nos em seu lugar novas conjecturas e hipóteses ousadas. A ciência é valorizada pela influência “liberalizadora” que exerce – uma das forças mais poderosas que contribuiu para a liberdade humana (POPPER, 1979, p. 63-71).

Para adotar o letramento científico, é preciso mudar o solo sob o qual se pensa o mundo. Também, é preciso buscar outra maneira de ver a realidade e mudar o fundamento das crenças, percepções e afirmações que são feitas em nome da ciência. Fundamentalmente, o que a BNCC propõe com essa modificação é outra forma de construção do conhecimento; no documento consta:

Ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do **letramento científico**, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, 2017, p. 321).

A BNCC, ao realizar essa afirmação, evidencia uma abordagem metodológica diferenciada e desfoca da aplicação dos resultados seguros na resolução de problemas, apontando para o desenvolvimento tecnológico, para a responsabilidade social e para a gestão ambiental. Essa abordagem preconiza a ciência de modo contemporâneo, como instrumento/ferramenta

de transformação de mundo, diferentemente de sua finalidade tradicional de explicação do seu funcionamento.

Em outras palavras, aprender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (BRASIL, 2017, p. 321).

Direcionar a educação para a responsabilização da pessoa por suas ações no e sobre o mundo, assim como pela sua representatividade, por meio do exercício da cidadania, traz o componente do letramento científico como norteador das condições de atuação. Dito de outra maneira, a forma como se conhece o mundo determina as relações com e no mundo. De modo que o ensinar ciência está vinculado às concepções sociais, políticas e culturais historicamente referenciadas (RUFATO; CARNEIRO, 2009).

Evidencia-se, portanto, uma concepção atualizada de ciência, como projeto humano, através do qual se estabelecem critérios e metodologias para a investigação, pesquisa, produção de conhecimento e atuação. Uma concepção de ciência que deixa de se estruturar pelo objetivo de estabelecer as verdades, e se organiza pela possibilidade de validade e eficiência dos resultados, como condição para a evolução do saber e do agir humanos (POPPER, 1979). Esse reconhecimento da vinculação histórica com a produção cognoscitiva e com os horizontes da experiência científica impacta, significativamente, no ensino da ciência. O que se manifestava como transmissão do vocabulário científico e dos resultados dos conhecimentos produzidos é, agora, insuficiente para a concepção do letramento científico.

O conceito de aprendizado e a mudança conceitual se encontram no centro do aprendizado da ciência, uma vez que os conceitos fornecem o elemento de organização e os princípios diretivos para todas as lições, assim como para todos os trabalhos de laboratório ou de campo. Desta forma, é muito significativo para a pesquisa da educação em ciências chegar a um entendimento profundo da dinâmica da mudança conceitual na sala de aula, caminhando das pré-concepções ingênuas para as desejadas concepções “científicas”. Depois de vencer este desafio, esperamos ser capazes de planejar estratégias de ensino apropriadas para promover a mudança conceitual pretendida (NUSSBAUM, 1989, p. 530 *apud* RUFATTO; CARNEIRO, 2009, p. 278).

A partir dessa mudança conceitual, é possível derivar algumas modificações no ensinar ciência: (i) **o ensino por problemas, como proposta metodológica**. Ao invés de ter como objetivo a resposta correta e o caminho unívoco para atingi-la, objetiva-se a solução do problema, por meio dos caminhos mais adequados, dos caminhos possíveis, dos caminhos disponíveis. Assume-se o pluralismo metodológico e a multiplicidade de respostas, ampliando as condições do aprendizado e as possibilidades de desenvolvimento subjetivas; (ii) **a problematização epistemológica no ensinar ciência**. Não se pode impor uma mudança conceitual aos educandos, sob pena de mais uma vez determinar de modo imperativo o único modo correto de ver, entender e se relacionar com e no mundo. É preciso primeiro entender as condições do olhar, o lugar de onde se está olhando e os contextos que permitem as possibilidades desse olhar. Quando se pretende um letramento científico, a legitimidade das escolhas, o fundamento da percepção e observação da realidade são tão



determinantes quanto os resultados evidenciados. O olhar do pesquisador determina mais do que o resultado da observação, pois, já determina e circunscreve o como, o que, quando e por que será observado. Outros horizontes de experiência subjetiva são viabilizados para se efetivar a educação, a partir do reconhecimento de “uma conexão orgânica entre educação e experiência pessoal” (DEWEY, 1979, p.13); emerge também (iii) **a reconstrução da experiência**. Ao invés de ensinar o resultado da experiência, se estabelece as condições e as possibilidades de experiência que poderão conduzir a resultados capazes de solucionar os problemas e as questões propostas. Ao invés de reproduzir a experiência e aplicar o conhecimento produzido, se desenvolve a utilização do método para chegar aos resultados e para aprender diferentes caminhos para atingi-los. A seguir, serão apresentados os principais elementos destas três propostas pedagógicas concernentes às suas interferências no ensinar ciência por meio do letramento científico.<sup>3</sup>

O ensino por problemas, embora represente uma abordagem metodológica sistematizada há bem pouco tempo, não chega a representar uma grande novidade, porque já vem sendo realizado de modo empírico no fazer pedagógico há bastante tempo, e também já vem sendo amplamente tematizado na literatura contemporânea. Por estas razões será apresentado aqui de modo mais sintético do que as outras duas propostas pedagógicas, direcionado para suas possibilidades de modifi-

---

<sup>3</sup> Não é objetivo deste capítulo apresentar as modificações da estruturação dos conteúdos da BNCC, mas problematizar as propostas pedagógicas que podem ser derivadas a partir dessa proposta educacional, de modo que a BNCC não será “tematizada” em detalhes quanto à organização curricular, às unidades temáticas e às habilidades e competências. Será somente “tematizada” no que se refere à mudança conceitual reverberada, a partir da proposta do letramento científico.

cação, nos objetivos do ensinar. Ou seja, nos movimentos de inclusão e responsabilização dos educandos pelo seu próprio aprendizado, que também são explicitados na BNCC pelos conceitos de protagonismo discente, progressão de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades específicas. A partir de Freitas (2012), o objetivo do ensino por problemas é a ênfase na aprendizagem ativa do aluno e se apresenta:

em especial, nas seguintes denominações: aprendizagem baseada em problemas (PBL, do inglês *problem-based learning*) e metodologia da problematização (MP). Tais abordagens apresentam traços que as distinguem dos métodos tradicionais de ensino, sendo o principal deles a ênfase na aprendizagem ativa do aluno a partir da solução de problemas (FREITAS, 2012, p. 405).

Uma aprendizagem que possa promover o desenvolvimento dos educandos precisa considerar sua autonomia e seu comprometimento nos processos de ensino. O envolvimento dos educandos deve se dar na investigação, análise, discussão e proposição, ou seja, na construção do conhecimento, no sentido mais amplo do fazer ciência:

A riqueza do processo de fazer ciência não seria escamoteada, a influência de fatores extracientíficos seria reconhecida, mas, simultaneamente, as características racionais que podem – e, segundo Popper, devem – fazer parte da ciência estariam presentes, até por uma questão de avaliação crítica dos alunos a respeito de sua real necessidade ou relevância. Os alunos seriam tratados como sujeitos ativos do processo ensino-aprendizagem, pois participariam da discussão e compreensão dos conceitos científicos,

sempre tendo como ponto de partida um problema, que seria o impulsionador de todo o processo, garantindo maior envolvimento e participação, sempre com a consciência de que se trata de hipóteses de trabalho, conjecturas, evitando-se assim que as avaliações e críticas sejam tomadas no sentido pessoal. (RUFATTO; CARNEIRO, 2009, p. 284).

O conflito não deve ser eliminado nem do fazer científico nem do ensinar ciência, pela perspectiva do letramento científico, na medida em que não se objetiva a verdade absoluta, mas sua provisoriedade e o conhecimento que possa ser aplicado na realidade concreta e nos contextos específicos. A definição dos conteúdos deverá ultrapassar o que deve ser aprendido com base nas teorias reconhecidas e consolidadas, discutindo o que pode ser construído, a partir do que já se conhece e do entendimento dos fundamentos e contextos do que se conhece. Saber além de como as coisas são ou funcionam, porque elas são assim, e de onde se retiram as respostas amplia significativamente o aprendizado a respeito das mesmas e a capacidade de intervenção dos sujeitos.

Outro elemento associado ao ensino por problemas é a progressão do aprendizado. De acordo com Freitas (2012), a elaboração dos problemas deve ser feita por especialistas nas referidas áreas, para que possam conduzir a uma aprendizagem autônoma na resolução dos mesmos, por meio da apropriação das teorias e dos conhecimentos disponíveis, bem como da abordagem metodológica. O que implica diretamente a exigência de maior qualificação docente, que também requer outra organização do conteúdo, para oportunizar o aprendizado associado ao desenvolvimento das habilidades pela aplicação dos conhecimentos.

De acordo com a BNCC, o ensinar ciência deve ser orientado pelas práticas investigativas e subsidiar as habilidades que serão necessárias para cada etapa da formação dos educandos, culminando na capacidade de entendimento do implemento tecnológico e da responsabilidade ética, diante dos desafios sociais no final da Educação Básica.

Para que os estudantes aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras. Espera-se, também, que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (como as de informação e comunicação, geoprocessamento, geolocalização, processamento de dados, impressão, entre outras) em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, nas dinâmicas sociais e no uso, reúso e reciclagem de recursos naturais. Dessa maneira, as Ciências da Natureza constituem-se referencial importante para a interpretação de fenômenos e problemas sociais (BRASIL, 2017, p. 550).

O que se potencializa é outro olhar dos sujeitos sobre a realidade e sobre os processos de seu entendimento e relacionamento. Buscar outros horizontes de aprendizagem, referenciados pelos processos de investigação configura outra abordagem epistemológica do ensino, desde a organização dos conteúdos até o objetivo. Freitas (2012) faz um alerta para que não se secundarize os conteúdos científicos, em nome da autonomia da aprendizagem, focada na experiência e no

desenvolvimento das habilidades. Emerge aqui o segundo aspecto destacado, a partir do letramento científico, a problematização por outra perspectiva epistemológica. Estabelecer as condições, os fundamentos e os pressupostos do próprio olhar, ou seja, reconhecer que as condições do investigar determinam e delineiam os movimentos e, portanto, os resultados da observação. A episteme entendida como o conjunto de leis comuns e de regularidades que regem uma determinada época ou, ainda, o conjunto de formações discursivas que coexistem em determinada localidade historicamente referenciada, implica as condições de possibilidade da percepção subjetiva a respeito da realidade. A perseguição pela verdade, que tradicionalmente é o objetivo máximo do conhecimento científico, não deve se estabelecer como o foco do ensinar nem do fazer ciência. Embora a verdade esteja presente no saber científico, e na prática científica em geral, ela está condicionada às relações de poder e aos contextos políticos e sociais nos quais se desenvolve (FOUCAULT, 2006). A ciência entendida como instrumento do fazer humano está a serviço da interpretação da realidade e não do seu desvelo e da descoberta, entendida como um saber interno e dinâmico a respeito da realidade, mas também a partir da realidade. Somente tomadas nesta perspectiva se ampliam as possibilidades de vincular os sujeitos e responsabilizá-los por suas ações.

A partir de Veiga-Neto (1996, p. 23), “a Epistemologia pode contribuir para que se conheçam os processos pelos quais se estabelecem os campos disciplinares e pode, até mesmo, apontar combinações entre diferentes disciplinas para que se criem campos fronteiriços ou novas disciplinas”. Essa nova atitude científica deve servir de base para a reformulação do ensinar ciência, de acordo com a BNCC:

Nessa perspectiva, a área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica.

Espera-se, desse modo, possibilitar que esses alunos tenham um novo olhar sobre o mundo que os cerca, como também façam escolhas e intervenções conscientes e pautadas nos princípios da sustentabilidade e do bem comum (BRASIL, 2017, p. 321).

É outro modo de ensinar, que pode proporcionar outros resultados do aprender. Por fim, a intenção de estabelecer o ensinar ciência, a partir do letramento científico em um sentido amplo, do qual fazem parte a alfabetização científica, o estudo dos procedimentos metodológicos e a problematização epistemológica da atitude investigativa, pretende deslocar as condições da experiência na aprendizagem.

A aprendizagem com foco na experiência deve ser tomada a partir de Dewey (1979, p.13), que postula “uma conexão orgânica entre educação e experiência pessoal”; como condição de possibilidade para a reflexão sobre as práticas pedagógicas, fazendo inclusive uma qualificação da experiência. A função da educação não é julgar a experiência, mas ajudar a organizar suas condições. Deve-se ter consciência de que não se aprende nem com a experiência do outro, nem pelo que o outro determina que se deve experimentar. Aprende-se em um *continuum de experiência* (DEWEY, 1979), que pode ser organizado como horizonte de possibilidades pelo educador. Existem múltiplas possibilidades de experiências que se

referem a situações específicas, em que os sujeitos se relacionam com o mundo, a partir de diferentes condições. De modo que o aprendizado se dá como perspectiva do sujeito, em seus processos de subjetivação. Os sujeitos aprendem com suas experiências que se qualificam, a partir de determinados processos e nas relações com os demais sujeitos que participam das mediações das aprendizagens. Pode-se dizer que ensinar será, nesta perspectiva, mediar as experiências, buscando sua qualificação na vida dos educandos.

Nesse contexto, a BNCC afirma, de maneira explícita, o seu compromisso com a **educação integral**. Reconhece, assim, que a Educação Básica deve visar à formação e ao desenvolvimento humano global, o que implica compreender a complexidade e a não linearidade desse desenvolvimento, rompendo com visões reducionistas que privilegiam ou a dimensão intelectual (cognitiva) ou a dimensão afetiva. Significa, ainda, assumir uma visão plural, singular e integral da criança, do adolescente, do jovem e do adulto – considerando-os como sujeitos de aprendizagem – e promover uma educação voltada ao seu acolhimento, reconhecimento e desenvolvimento pleno, nas suas singularidades e diversidades. Além disso, a escola, como espaço de aprendizagem e de democracia inclusiva, deve se fortalecer na prática coercitiva de não discriminação, não preconceito e respeito às diferenças e diversidades (BRASIL, 2017, p. 14).

O estabelecimento do letramento científico, como uma estratégia metodológica, vai se constituindo pela reflexão crítica das práticas tradicionais do fazer e do ensinar ciência e pelo desenvolvimento de novas práticas, como as apresentadas

neste estudo. Práticas estas que não têm a pretensão de esgotar as possibilidades de indicação de como fazer essa nova pedagogia, mas sim propor um ponto de partida que sirva de base, para estabelecer os fundamentos das mudanças necessárias e de alguns dos caminhos possíveis nas orientações das ações pedagógicas, por meio do letramento científico.

## **Considerações finais**

O compromisso com a educação integral, postulado no referido documento, demanda uma mudança metodológica radical no fazer pedagógico: (i) exige a reorganização dos conteúdos, que devem subsidiar o desenvolvimento subjetivo por meio do conhecimento e das suas possibilidades de aplicação, no que se refere ao implemento tecnológico, e a atuação cidadã exige a qualificação docente, a fim de que se possa estabelecer horizontes de experiência e de aprendizagem plurais, multifacetados e condizentes com a complexidade das relações e condições encontradas no mundo contemporâneo, em suas possibilidades e desafios; e (ii) exige a reorganização procedimental, ou seja, outras metodologias de ensino capazes de mediar aprendizagens que não se restrinjam à reprodução e aplicação dos conteúdos e possam conduzir ao desenvolvimento de saberes necessários aos problemas atuais, e exige, fundamentalmente, a redefinição das finalidades do ensinar.

Conforme afirmado no começo deste capítulo, o letramento científico extrapola o aprendizado das ciências, porque demarca uma atitude metodológica capaz de ampliar a rede de inteligibilidade subjetiva sobre a realidade entendida em sua complexidade. O que se pode perceber é que as novas práticas pedagógicas não se restringem aos elementos procedimentais e à instrumentalização dos processos de ensino, para obter resultados e formar sujeitos competentes. Ao contrário, as



novas práticas pedagógicas precisam ser orientadas para o desenvolvimento de novas competências e de novas habilidades menos instrumentais e mais reflexivas, a fim de viabilizar a formação/educação integral. Por fim, o letramento científico pode ser entendido como uma ferramenta metodológica, que pode auxiliar na construção dessa nova abordagem pedagógica à medida que puder se estabelecer por meio das condições aqui apresentadas, ou seja, como uma ferramenta que discute as metodologias de ensino, os critérios do olhar e as condições da experiência, nos processos de aprendizagem.

## Referências

AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, n. 2, p. 122-134, 2001.

BRANCO, Alessandra Batista de Godoi et al. Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica. **Revista Valore**, v. 3, p. 702-713, 2018.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Versão Final. Ministério da Educação: Brasília, 2017. Disponível em: [http://base.nacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC\\_EnsinoMedio\\_embaixa\\_site.pdf](http://base.nacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf). Acesso em: out. 2020.

CÁCERES, Martín; NUSSBAUM, Miguel; ORTIZ, Jorge. Integrating critical thinking into the classroom: A teacher's perspective. **Thinking Skills and Creativity**, v. 37, p. 100674, 2020.

CUNHA, Rodrigo Bastos. Alfabetização científica ou letramento científico: interesses envolvidos nas interpretações da noção de **scientific literacy**. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, p. 169-186, 2017.

SILVA, Alexandre Fernando; FERREIRA, José Heleno; VIERA, Carlos Alexandre. O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283-304, 2017.

DEWEY, John. **Experiência e educação**. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

FERREIRA, Ricardo Bruno. Galileu e a sua importância epistemológica. **Millenium**, n. 29, p. 162-167, 2004.

FOUCAULT, Michel. **Microfísica do poder**. Rio de Janeiro: Graal, 2006.

FREITAS, Raquel Aparecida Marra da Madeira. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, v. 38, p. 403-418, 2012.

LOVEDAY, Dale. The Art of Teaching Science for Middle and Secondary School. **Teaching Science**, v. 59, n. 3, p. 55, 2013.

KRASILCHIK, Myriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

NASCIMENTO, Monise da Silva; MORAES, Gerson Pereira; MACHADO, Maria Auxiliadora Delgado. Alfabetização científica e seus desafios no ensino fundamental. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., 2015, Curitiba. **Anais do XII Congresso Nacional de Educação**. 2015, p. 22159-22167.

NUSSBAUM, Joseph. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 5, p. 530-540, 1989.

POPPER, Karl Raimund. A ciência normal e seus perigos. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix/Edusp, 1979. p. 63-71.

RAMPAZZO, Lino. Metodologia científica para alunos de graduação e pós-graduação. 3. ed. São Paulo: Edições Loyola, p. 19-21, 2005.

RUFATTO, Carlos Alberto; CARNEIRO, Marcelo Carbone. A concepção de ciência de Popper e o ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 15, n. 2, p. 269-289, 2009.

SOUZA, Tadeu Teixeira de. **O letramento científico e práticas dos professores de biologia do ensino médio**. 2015. Dissertação (de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Exatas) – Curso de Ensino de Ciências Exatas, Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2015.

SUISSO, Carolina; GALIETA, Tatiana. Relações entre leitura, escrita e alfabetização/letramento científico: um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 4, p. 991-1009, 2015.

TENREIRO-VIEIRA, Celina. Formação em pensamento crítico de professores de ciências: impacte nas práticas de sala de aula e no nível de pensamento crítico dos alunos. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, n. 3, p. 228-256, 2004.

VEIGA-NETO, Alfredo José da. **A ordem das disciplinas**. 1996. Tese (de Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 1996

# A CIÊNCIA COMO UM PROCESSO

PENSAMENTO CRÍTICO E CIENTÍFICO A PARTIR DA BIOTECNOLOGIA

Gabriel Dall'Alba



# A Ciência como um processo

## 1 Introdução

### 1.1 Sobre ensinar ciência: o pensamento crítico como ferramenta indispensável

“Para a ciência prosperar – para sua cultura ser propagada e suas maneiras de compreender o mundo serem integradas à outras formas de razão – a sociedade deve ensiná-la bem, não apenas para os futuros cientistas, mas também para os muitos outros que vão usar a ciência de uma maneira ou outra.” (PENNOCK, 2019, p. 271).

A frase de Pennock, em seu livro *An instinct for truth: curiosity and moral character of science* (2019), evidencia um desafio que perdura na educação, embora não seja nada recente: ensinar ciência é uma tarefa árdua, e não se esforçar para retirar um indivíduo do analfabetismo científico, nas palavras de Sagan (1996), pode ter ramificações negativas para a sociedade como um todo. Sagan, em *O mundo assombrado pelos demônios* (1996), aponta esse perigo quando diz:

Não sei até que ponto a ignorada da ciência e as matemáticas contribuiu ao declive da antiga Atenas, mas sei que as consequências do analfabetismo científico são muito mais perigosas em nossa época que em qualquer outra anterior. É perigoso e temerário que o cidadão médio continue a ignorar o aquecimento global, por exemplo, ou a diminuição da camada de ozônio, a poluição do ar, o lixo tóxico e radioativo, a chuva ácida, a erosão

da camada superior do solo, o desflorestamento tropical, o crescimento exponencial da população... Como podemos incidir na política nacional – ou inclusive tomar decisões inteligentes em nossas próprias vidas – se não podermos captar os temas subjacentes? (SAGAN, 1996, p. 21).

Podemos ir além dessas questões e pensar na quantidade assombrosa de má informação que permeia a maioria dos meios eletrônicos hoje em dia, reforçando a necessidade de os educadores dedicarem seus esforços no preparo de bons pensadores críticos. Para abordar estes desafios, precisamos compreender a maneira como nós geralmente pensamos e agimos. Guzzo (2018, 2019) e Pilatti (2018) trazem à luz como recentes evidências na psicologia cognitiva e social sugerem que nós, seres humanos, naturalmente desviamos nossas intenções de processos cognitivos pesados, (os quais – descreve Guzzo (2018), com base em Kahnmean (2012) –, são tidos “[...] como um modo de pensar mais lento, cuidadoso, relacionado com a ponderação de razões para a ação e crença e que, por isso, demanda um maior esforço cognitivo”), optando naturalmente por suas contrapartidas: os chamados processos de pensamento rápido.<sup>4</sup> Vieses cognitivos, por exemplo, são resultantes do chamado Sistema 1 proposto por Kahnmenam: como o viés de confirmação (ou tendência de focar todos os

---

<sup>4</sup> Processos de pensamento rápido e devagar, ou “Sistemas 1 e 2” para Daniel Kahnmenan (2012), contrastam pelo primeiro ser composto daqueles processos cognitivos que pouco dependem de grandes esforços cognitivos, sendo estes baseados em intuições, com pouco ou nenhum esforço voluntário do indivíduo, enquanto o sistema 2 consiste de processos mais cuidadosos, lentos, com uma exposição maior à ponderação de razões que levam a uma ação ou conclusão. Ambas as maneiras de pensar estão intrinsecamente presentes no nosso dia, sendo importante compreender não só a probabilidade da sua existência, mas as razões pelas quais devemos saber quando cada um dos sistemas deve ser utilizado.

nossos esforços na aceitação apenas de informações e evidências, que vão de encontro com nossas conclusões sobre um determinado assunto, evitando aquilo que discorde de nossas ideias) e o efeito Dunning-Kruger (a tendência a superestimar o nosso conhecimento sobre determinado assunto).

Entender a natureza de como pensamos é crucial para saber quais esforços educacionais devem ser medidos, a fim de formar cidadãos competentes para os desafios da vida num geral. Para melhor justificar a importância do pensamento crítico na educação, podemos pensar em duas principais razões: a formação de pessoas racionais e o fomento do apreço pela verdade. Para o filósofo Siegel (1989), incentivar pensamento crítico como um objetivo educacional é promover “a cultura da racionalidade e o desenvolvimento de pessoas racionais” (SIEGEL, 1989 *apud* GUZZO, 2018). De maneira mais pragmática, quando pensamos em combater a má-informação, por exemplo, ou queremos sustentar uma defesa da ciência – que se vê diante de uma crise de confiança por parte da população em geral (ORESQUES, 2019) –, partimos do pressuposto de que a verdade é preferível à falsidade. Guzzo escreve:

A maior parte dos livros dedicados à discussão do pensamento crítico destaca as razões pragmáticas para defender a sua importância como meta educacional. Basicamente, a defesa pragmática do desenvolvimento do pensamento crítico parte do pressuposto (filosófico) de que, *ceteris paribus*, é geralmente preferível saber a verdade à falsidade e que, apesar de a justificação advinda da aplicação do pensamento crítico ser independente da verdade, ela é um elemento que permite aos sujeitos estimá-la, mesmo que falivelmente. Outra assunção que fundamenta as razões pragmáticas tem relação com o papel mediador das razões em

discussões éticas, epistêmicas e em problemas gerais da vida cotidiana (GUZZO, 2018, p. 78).

Enxerga-se, portanto, o pensamento crítico como uma maneira de estimular a busca pela verdade. Além disso, Lipman (2008) – de acordo com as ideias de Siegel (1989) – defende que o desenvolvimento da capacidade de fazer julgamentos, à luz da razão, é um dos objetivos fundamentais da educação. Embora, como argumenta Guzzo (2018, p. 78), “melhores juízos não podem ser realizados, sem uma razoável apreensão do estado das coisas que são relevantes à investigação em si”. Ou seja, há uma parceria estável entre o conhecimento técnico (como o conteúdo programático de uma determinada disciplina, por exemplo) e a capacidade de pensar criticamente. Inclusive, a prática do pensamento crítico auxilia a refinar os critérios que julgamos mais razoáveis, quando avaliamos novos conceitos, teorias e ideias (DALL’ALBA *et al.*, 2016; WILLINGHAM, 2017).

É com base nessas ideias que surge a proposta de unir a biotecnologia, o pensamento crítico e o pensamento científico dentro da sala de aula. Nas seções seguintes, a discussão sobre pensamento crítico e ciência será estendida; a união da biotecnologia e do pensamento crítico será abordada; e, por fim, algumas estratégias para a sala de aula serão contempladas.

## **1.2 A intersecção entre pensamento crítico e o pensamento científico**

Durante a introdução, menções ao “pensamento crítico” foram feitas, mas pouco ou nada foi discutido sobre o “pensamento científico”, ou sobre ciência em si. A verdade é que separar pensamento crítico e a ciência não é uma tarefa simples. Quando *fazemos* ciência e *pensamos* criticamente,

começamos a encontrar uma intersecção muito maior de posturas intelectuais e de princípios – compatíveis entre ambos – que são necessários para a prática tanto de um quanto de outro – e separar o que vai para cada lado começa a se tornar uma tarefa arduosa.

Uma das definições de pensamento crítico, mais aclamadas, vem de Siegel (1988). Uma pessoa que pode ser definida como pensadora crítica, para o filósofo, é

[...] alguém apropriadamente movida por razões: ela tem uma propensão ou disposição de acreditar e agir de acordo com razões; e ela tem a habilidade de apropriadamente avaliar a força das razões nos muitos contextos em que as razões têm um papel (SIEGEL, 1988, p. 23, *apud* GUZZO, 2018, p. 49).

Para Siegel, dois pilares compõem o cerne do pensamento crítico: o pilar das habilidades, formalmente definido como “o componente de avaliação de razões”, e o “espírito crítico” (SIEGEL 1988, 1997, *apud* GUZZO, 2018). O primeiro trata dos possíveis conjuntos de estratégias e habilidades cognitivas que nos permitem a avaliação e clarificação apropriada de razões, argumentos, decisões e ideias (uma descrição mais minuciosa destas pode ser encontrada no trabalho de Ennis (1985)). O segundo trata da disposição – ou inclinação – a avaliar e utilizar as habilidades cognitivas contidas no primeiro pilar. Em outras palavras, enquanto o primeiro pilar corresponde às estratégias que podemos utilizar na investigação de qualquer questão em nossa vida, o segundo pilar trata do combustível que nos leva, ou nos inclina, a isso.

Portanto, o segundo pilar é fundamental na prática do pensamento crítico, e talvez entre os dois, seja o mais complexo de incorporar no nosso dia a dia. O espírito crítico



pede a prática do pensamento crítico sempre que possível. Sem ele, pensar criticamente fica à mercê da nossa arbitrariedade, e isso é mais perigoso do que percebemos à primeira vista. A presença do espírito crítico em uma pessoa não exclui as ideias que ela tem como mais queridas – muito pelo contrário, é através do segundo pilar descrito por Siegel que podemos avaliar *qualquer* ideia ou crença, inclusive aquelas que jamais gostaríamos de ter desafiadas. Por isso, o pensamento crítico não pode estar à mercê da arbitrariedade (*Estou disposto a rever minhas razões para crer em A, mas jamais farei o mesmo quanto à B.*); é importante trazer todas as ideias ao campo aberto – expondo-as e avaliando-as pela essência da sua validade (pelos argumentos, pelas evidências e razões que a sustentam).

De tal forma, *fazer ciência* é um constante exercício de exposição de hipóteses e de nossas crenças aos testes da sua validade. McIntyre (2019) argumenta que não há meios lógicos para distinguir claramente o tipo de raciocínio que cientistas usam no exercício científico e o tipo de raciocínio que serve para as demais funções do dia a dia. Para facilitar a observação da intersecção entre os dois tipos de pensamento (crítico e científico), farei uma divisão desses elementos em *Princípios de investigação e posturas intelectuais*. A primeira diz respeito às características epistêmicas que são constituintes da ciência e, talvez por extensão (ou vice-versa), do pensamento crítico, enquanto a segunda engloba um conjunto de posturas e predisposições encontradas em cientistas e pensadores críticos.

### **1.2.1 Princípios de investigação**

Quando *fazemos ciência*, o ponto de partida é composto de, conforme Sagan (1996), “resultados experimentais, dados, observações, medições, fatos”. A partir destes elementos,

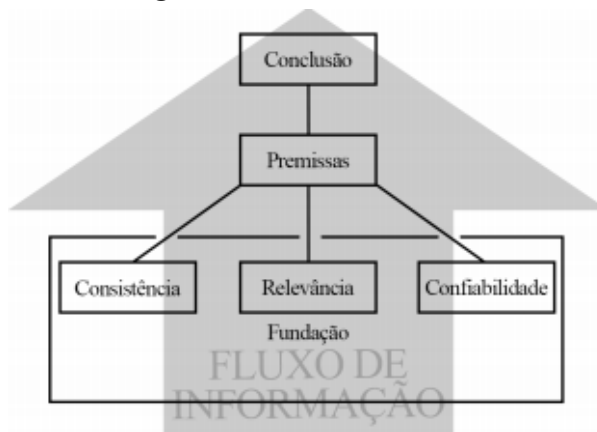
conjuramos uma série de explicações que respeitam o conteúdo destes elementos. Em outras palavras, formamos uma conclusão a partir dos dados disponíveis obtidos através de, por exemplo, experimentos.

Inspirado na analogia de DiCarlo (2011) dos nossos argumentos com a estrutura de uma casa, podemos pensar na estrutura de nossas conclusões ou argumentos de maneira hierárquica (**Figura 1**). No topo da hierarquia, encontra-se a nossa conclusão resultante de um exercício lógico; logo abaixo, estão as razões que damos para sustentar a conclusão, denominadas *premissas*; contudo, a força das premissas depende dos critérios que levamos em consideração, quando engajamos no processo de formular nossa conclusão. Dentre esses critérios, entram a **consistência** (*Se eu repito os experimentos, os resultados são significativamente <sup>5</sup>similares?*), a **relevância** (*Esse resultado possui relação direta com a – ou explica diretamente algum fenômeno da – investigação que eu estou fazendo?*) e a **confiabilidade** (*Os métodos empregados para obter esses resultados são confiáveis?*).



---

<sup>5</sup> Percebe-se, aqui, o emprego de um termo com bases estatísticas, que, muitas vezes, de fato é a maneira apropriada de avaliar algo como a similaridade de resultados. Para situações menos formais de investigação, ainda vale a cautela quanto à “replicabilidade” das suas observações.

**Figura 1** – Diagrama estrutural de uma conclusão

Fonte: Inspirada em DiCarlo (2011).

Para DiCarlo, as premissas só sustentam uma conclusão, caso elas sejam fortes o suficiente. Qualquer falha – em qualquer um dos critérios fundamentais de uma premissa – e as chances de a conclusão cair por terra aumentam. Esse tipo de estruturação de um argumento serve tanto quando pensamos em uma conclusão de natureza pessoal quanto no ambiente de uma pesquisa científica, em que a conclusão é, geralmente, objetiva – ou pertinente ao objeto de pesquisa que está sendo investigado. Em ambos os casos, o emprego do pensamento crítico auxilia a formar premissas sólidas para uma conclusão. Enquanto todas as pessoas devem buscar apropriadamente razões para sustentar uma dada conclusão de cunho pessoal (tomando cuidado para que a sua conclusão seja sensata e respeite aquilo que as evidências acumuladas sobre o assunto dizem), um cientista avalia que tipos de experimento são os mais indicados para um objeto de estudo e que tipo de conclusão pode-se tomar a partir dos resultados observados. Indo além, Sagan (1996) traz a ideia de que cientistas se equipam naturalmente com um *kit de detecção de mentiras*, ativado sempre que novas ideias são lançadas para

nossa consideração. A validade de uma ideia está, portanto, sujeita a sua sobrevivência à boa aplicação do kit.

Dentro do kit, estão presentes algumas ferramentas úteis do pensamento crítico: a verificação independente de quaisquer alegações; a consideração de evidências a partir do seu mérito e não dos seus defensores; a tendência de evitar a dar valor exagerado para as nossas hipóteses só por serem nossas; a tendência a procurar explicações quantitativas para algo, perdendo assim a subjetividade da evidência qualitativa<sup>6,4</sup>; a aplicação da *Navalha de Occam*, ou seja, de optar sempre pela explicação mais simples, desde que ela seja capaz de explicar uma hipótese com a mesma eficiência da outra explicação mais complexa, e – talvez o mais importante dos elementos – sempre carregar a noção de **falseabilidade** (*a minha hipótese pode ser testada e falseada? Se não por mim, por uma investigação independente, executada por outros?*).

Sagan (1996), Guzzo (2018), Oreskes (2019), dentre outros, reforçam a **falseabilidade** (ou **falibilismo**) juntamente com a **derrotabilidade** e a **abertura a novas ideias**, como importantes demarcadores de por que devemos confiar na ciência: atribuir às nossas ideias, hipóteses e crenças a ideia de que elas podem ser testadas e, por fim, derrotadas (ou seja, ter suas fraquezas ou inconsistências trazidas à luz) se não por nós, por outros, significa que damos a elas o apreço pela verdade, e que ela é alcançável sendo este um valor epistêmico, que idealmente

---

<sup>6</sup> Sagan traz a ideia de que quando queremos discriminar entre hipóteses concorrentes, dados quantitativos são preferíveis aos qualitativos, uma vez que estes são suscetíveis à subjetividade. Sagan vê o mérito da busca por verdades nas questões qualitativas, mas estas propõem um desafio à parte. Um exemplo seria a eficácia das vacinas, em que dados estatísticos, teste clínicos e protocolados tendem a refletir uma aproximação mais confiável do real panorama da questão do que, por exemplo, o relato da experiência de um grupo de pessoas.

deve ser uniforme entre cientistas e demais membros da sociedade). Assim como cientistas devem aceitar o falibilismo e a derrotabilidade de suas ideias, pessoas no dia a dia idealmente devem também. O resultado disso são ideias refinadas, corrigidas e apropriadamente avaliadas, o que pode ser traduzido em uma melhor razoabilidade na tomada de decisão em questões importantes no nosso dia a dia (para uma pessoa que conclui que *vacinas não possuem eficácia alguma*, a incorporação dos elementos citados traz a possibilidade da verificação dessa afirmação, da abertura ao diálogo e que, eventualmente, pode traduzir-se na calibragem do grau de confiança que ela dá à sua conclusão sobre vacinas).

A ciência também se defende do apreço exagerado que cientistas eventualmente podem ter com suas ideias, bem como de eventuais erros ou falhas na construção de conclusões, através do seu **caráter coletivo**. Isto é, na ciência, as ideias são expostas a outros cientistas, os quais podem verificá-las e acessar sua qualidade. Guzzo (2018) argumenta que, de maneira similar quanto ao pensamento crítico, a exposição de nossas ideias a terceiros, ou “pensar com a ajuda de outros”, nos auxilia a desvincular-nos dos vieses cognitivos que muitas vezes nos prendem teimosamente às nossas ideias. Assim como na ciência, a exposição das nossas ideias abre um precedente para sua avaliação e teste, algo importante, se prezamos pela verdade, como um objetivo a ser alcançado.

Vemos progresso quando expomos ideias científicas a ideias contrárias a elas e quando nos expomos a ideias contrárias às nossas. Além disso, as ideias na ciência são formadas pelos resultados coletados e compreendidos por diversos cientistas em diferentes lugares do mundo e em distintos pontos no tempo. Atribuímos grandes ideias a grandes nomes, como a Teoria da Evolução a Darwin e Wallace, sendo que estes chegaram aos resultados que

chegaram graças ao emprego das boas práticas da ciência, da sua investigação particular sobre o fenômeno, e graças à literatura gerada por naturalistas anteriores a eles (ORESQUES, 2019). Sagan (1996), indo além, traz o caráter coletivo da ciência como um lembrete sempre presente no “calcanhar” do cientista, para que ele, antes dos outros, encontre possíveis falhas nas suas ideias e as corrija. Caso contrário, alguém o fará.

Outra característica da ciência é seu **caráter objetivo**, também intimamente ligado com as ideias expostas até aqui. A objetividade é, para Neiman e Siegel (1993, *apud* GUZZO, 2018), a avaliação de ideias de maneira independente e justa. Definições mais recentes trazem a objetividade como a remoção de elementos pessoais – por exemplo, nossas crenças – da investigação sobre algum assunto. Isso permite uma maior precisão na compreensão da natureza de um resultado científico, de um pedaço de informação, ou de um conjunto de evidências (GUZZO, 2018). Uma boa evidência científica é o resultado da investigação independente das vontades e crenças de um cientista; é fruto da análise direta e *objetiva* (ou seja, com o intuito de chegar à melhor explicação sobre algo). Quando esse critério não é respeitado e, por exemplo, busca-se validar uma conclusão já preestabelecida, perde-se o zelo pela verdade e pela qualidade da conclusão. A tolerância na ciência para questões assim é mínima, mas o mesmo não pode ser tido para nossas ações no dia a dia.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Felizmente, o **caráter coletivo** da ciência auxilia a corrigir isso. Como na ciência, há benefícios em uma postura objetiva no dia-a-dia das pessoas, uma vez que leva à uma investigação independente de “ruídos” que provavelmente nos distanciaríamos de resultados apropriadamente justificados. Embora Guzzo (2018) ressalve que isso não é garantia de que nossas crenças serão sempre verdadeiras simplesmente graças à adoção deste caráter na maneira como pensamos, é um passo importante na nossa aproximação da verdade sobre aquilo que investigamos. Incorporar o mesmo elemento no dia-a-dia é,

Por fim, McIntyre (2019) traz uma importante questão dentro da filosofia da ciência: não existe uma “receita pronta” para fazer ciência. Podemos partir do passo a passo da investigação científica: *Observar* → *Hipotetizar* → *Predizer* → *Testar* → *Analisar* → *Repetir*, mas, muitas vezes, quando observamos cientistas trabalhando, não seremos capazes de observar o passo a passo seguido à risca. Contudo, poderemos observar a criatividade no contorno dos eventuais problemas e desafios que surgem em cada uma destas etapas (ORESQUES, 2018). Além disso, como anteriormente citado, McIntyre (2019) também argumenta que a tarefa de separar como cientistas pensam, durante uma investigação científica e fora dela, é mais complicada do que parece. Por isso, o autor argumenta que deveríamos observar algo que todos os (bons) cientistas levam em comum: a **atitude científica**.

A ideia de atitude científica também está intimamente ligada com a objetividade e com os valores epistêmicos (“falibilismo”, abertura a novas ideias e “derrotabilidade”). McIntyre (2019) explica que um cientista apresenta dois princípios fundamentais:

- 1) a resposta para a pergunta de cunho científico está na evidência coletada sobre aquele assunto;
- 2) sob a luz de novas evidências, há a disposição em modificar nossas teorias de acordo.

Dois princípios que se correlacionam intimamente com o pensamento crítico: as nossas conclusões sustentam-se em premissas (que, nesse caso, podem ser boas evidências sobre determinado assunto) e que devemos sujeitar nossas conclusões

---

portanto, uma maneira de policiarmos a força de nossas crenças pessoais na maneira que analisamos qualquer situação mundana.

ao escrutínio de novas evidências, especialmente àquelas que revelam a fraqueza das nossas premissas.

### 1.2.2 Posturas intelectuais

Muitas das posturas intelectuais que serão apresentadas aqui estão correlacionadas aos itens apresentados na seção 1.2.1, e partimos do entendimento de que adotar posturas que nos desafiam, constantemente, é extremamente difícil.

Via de regra, espera-se de um cientista a (a) disposição em aceitar novas ideias, sujeitando as suas próprias ao escrutínio de seus detalhes, e (b) a adoção de posturas intelectuais. Sobre o primeiro ponto, Savater (2012) argumenta sobre a importância de nivelar todas as ideias a um campo aberto, no qual elas podem ser devidamente questionadas, avaliadas, refutadas – se com boas razões para isso – e, enquanto essa é uma postura exigida de um cientista pela ciência, o dia a dia nos apresenta cenários mais flexíveis. Embora reitere essa disposição, pode ser igualmente benéfica, em ambos os meios.

Posturas intelectuais podem nos auxiliar a sustentar a disposição a aceitar (ou entreter) novas ideias. Uma delas é a chamada **humildade epistêmica**, que é, sucintamente, o reconhecimento de que nosso conhecimento sobre determinado assunto pode ser limitado ou incompleto (como tende a ser para a grande parte das questões). Embora possa ser desconfortável, é importante reconhecer que nem sempre estamos munidos com o conhecimento da maior quantidade de elementos sobre algo, e aceitar isso talvez seja um dos passos fundamentais para que possamos realmente abrir nossas mentes para novas ideias ou ideias contrárias às nossas. A humildade epistêmica é um lembrete sobre nosso estado de ignorância para parte das coisas – seja como indivíduos ou como humanidade – e que devemos fazer o



melhor e mais honesto dos nossos esforços em reconhecer onde nos situamos, como Sócrates nos ensina em *A apologia de Sócrates*:

[...] mas aquele homem acredita saber alguma coisa, sem sabê-la, enquanto eu, como não sei nada, também estou certo de não saber. Parece, pois, que eu seja mais sábio do que ele, nisso – ainda que seja pouca coisa: não acredito saber aquilo que não sei... (PLATÃO, 1999, p. 62).

E, por fim, a **responsabilidade epistêmica** é outra postura fundamental no exercício pleno tanto da ciência quanto das nossas tomadas de decisões no dia a dia. Define-se a responsabilidade epistêmica como o comprometimento em empregar métodos confiáveis de investigação, bem como a aceitação de conclusões que estejam amparadas por **boas** razões e evidências. Espera-se de um cientista que o resultado de sua pesquisa seja amparado por esses comprometimentos, e a maneira como avaliamos diversas situações no dia a dia, novamente é beneficiada pela adoção desse critério.

É possível esperar de uma pessoa que carrega a responsabilidade e a humildade epistêmica – assim como o apreço pela verdade e a objetividade – maior cuidado na disseminação de *fake news*, por exemplo, dado que o apreço pela verdade e a disposição a investigar um determinado assunto (como a eficácia da cloroquina/hidroxicloroquina no tratamento da Covid-19) para obter conclusões *razoáveis* sobre aquilo que a faça pensar, cuidadosamente, mesmo que a conclusão não vá de encontro com as suas ideias e crenças preconcebidas. É razoável, portanto, promover o entendimento pleno destes conceitos em uma sala de aula.

## **2 A biotecnologia no auxílio do pensamento crítico e científico**

A sala de aula é um ambiente importante no desenvolvimento do pensamento crítico (GUZZO, 2018; SAVATER, 2012; SIEGEL 1987), mas há uma série de desafios para sua inclusão eficaz. Para Willingham (2017) e Cannady *et al.* (2019), uma maneira interessante de fomentar o pensamento crítico, nas salas de aula, é através da sua inclusão em conjunto com os demais conteúdos programáticos, e essa proposta serve como base para as ideias a seguir, incorporando o pensamento crítico no ensino de biotecnologia.

### **2.1 O que é biotecnologia**

Arnold Demain, editor do livro *Biotechnology for beginners*, comenta sobre a dificuldade de determinar quando a biotecnologia começou. Há uma quantidade significativa de cientistas, ao longo da História, que consideram a biotecnologia como existente desde 3500-7000 a.C., com a preservação de alimentos através de micro-organismos. Há, todavia, um outro lado, composto de cientistas que afirmam que a biotecnologia começou de fato com a descoberta do DNA recombinante, por volta de 1972-1973 –, ao expandir nossa capacidade de modificar organismos para o campo direto da genética. Independentemente das origens, isso não impede que ambos os grupos concordem que biotecnologia é a ciência de utilizar organismos vivos – ou produtos oriundos de organismos vivos – para o benefício humano ou dos ambientes que o circundam (e, com base nessa definição, poderíamos muito bem encaixar o descobrimento da penicilina às origens da biotecnologia).

A biotecnologia, como grande parte da ciência, é marcada pelos esforços na descoberta e na compreensão dos mecanismos por trás daquilo que observamos na natureza – e, indo além nesse caso, adaptando-as de alguma maneira para o contexto humano (THIEMAN; PALLADINO, 2014). Pensemos em três casos: a produção de insulina, a descoberta e o desenvolvimento de técnicas para produção de antibióticos e o advento e desenvolvimento de técnicas para a produção de vacinas. Os três são exemplos que se encaixam na definição de biotecnologia e se enquadram como assuntos de interesse para alunos do Ensino Médio. Além disso, os processos por trás deles nos oferecem a oportunidade de unir o pensamento crítico com o científico e com a sala de aula, satisfazendo o objetivo do proposto capítulo.

A biotecnologia é, por si só, desafiadora na sua compreensão, marcada fortemente pelo seu caráter interdisciplinar, envolvendo áreas como a microbiologia, bioquímica, bioinformática, genética e medicina. Thieman e Palladino (2014) exemplificam isso da seguinte maneira: imagine que, em uma universidade, pesquisadores encontram uma cepa de uma bactéria que produz uma quantidade elevada de um composto que pode ser usado no tratamento de uma doença. A partir da microbiologia, são iniciados estudos, para identificar qual parte do genoma contém os genes responsáveis pela produção daquele composto (englobando genética e bioinformática); a partir disso, medem-se esforços para compreender a estrutura molecular do composto (englobando bioinformática e bioquímica); por fim, procura-se contemplar farmacologicamente aquele composto, e voltam-se esforços para pensar em maneiras de sua produção em larga escala. À medida que mais se compreende sobre aquele micro-organismo e seu produto-alvo, mais se ampliam as possibilidades de sua aplicação.

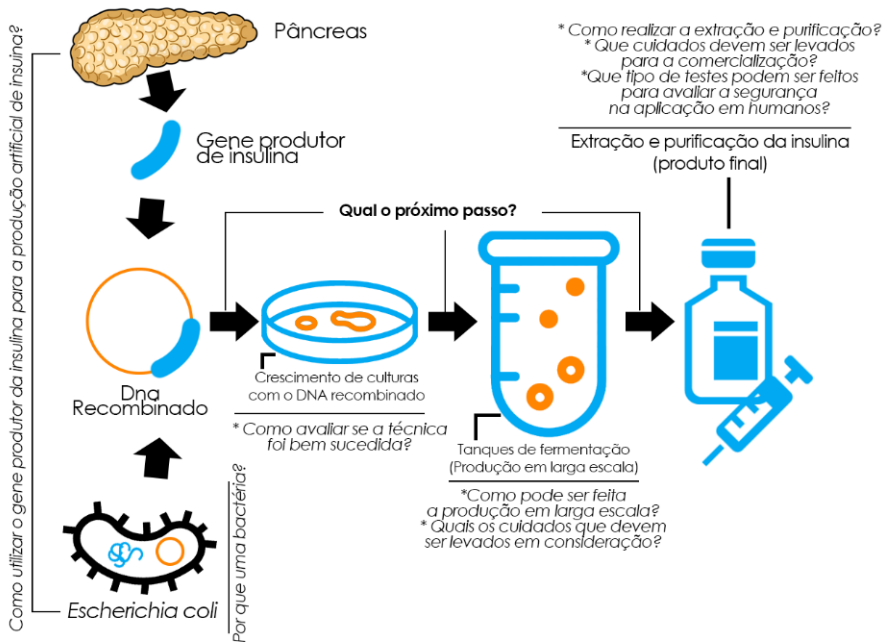
## 2.2 Pensar como um cientista

Para incorporar essa ideia em salas de aula, proponho que pensemos no exemplo da injeção de insulina. Cada parte do processo que leva à produção da injeção de insulina é rica de conceitos fundamentais para a compreensão da biotecnologia presente aqui (**Figura 2**), e cada elo entre os conceitos fundamentais pode ser proposto através do exercício do pensamento crítico.

Poderíamos, por exemplo, incluir o exercício do pensamento crítico apresentando o histórico da produção de insulina a partir de DNA recombinante, mas colocando os alunos como os cientistas por trás desse método. A partir do “pontapé” inicial (contextualizando o que é DNA recombinante e seu potencial, a problemática da Diabetes Tipo-I e dando a informação de que já existe o conhecimento específico do gene da insulina), dar a oportunidade para os alunos discutirem coletivamente como utilizar essas informações para criar uma solução. Em seguida, dar a chance de testar a plausibilidade de suas ideias (incluindo sua falibilidade e “derrotabilidade”). À medida que a discussão avança, surgem oportunidades de inserir os conceitos necessários para resolver o problema e, adicionalmente, promover o pensamento crítico e científico.



**Figura 2** – Etapas fundamentais da produção de insulina a partir de DNA recombinante e sugestões de perguntas a serem trabalhadas em sala de aula



Fonte: Ordem dos eventos adaptada de Thieman e Palladino (2014).

A ideia aqui, sucintamente, é fomentar dois elementos nos alunos: a criatividade através do pensamento científico (a busca por resolução de uma questão) e o pensamento crítico (avaliar as razões dadas para sustentar uma hipótese, um teste ou uma ideia dada por um aluno). Abre-se aqui a oportunidade para promover um espaço de livre câmbio de ideias, alertando que a correção de hipóteses não é vergonhosa, mas, necessária. Nas entrelinhas desta abordagem, partimos do pressuposto de que todos os alunos e o professor são potenciais pensadores críticos, capazes de promover o respeito entre si, valorizando seu apreço pela verdade (SIEGEL, 1987).

Outra maneira que engloba a aplicação da ideia de “pensar como um cientista” é criar estudos de caso análogos aos casos históricos, como a descoberta do antibiótico por Alexander Fleming, em 1928. O desenvolvimento da aula poderia se dar através da apresentação do acidente por contaminação de um fungo em uma placa com cultivo de diversas colônias de bactéria.<sup>8</sup> A partir disso, estimular a discussão entre os alunos e seguir a proposta de não apenas apontar se um aluno está certo ou não, mas exigir o escrutínio da ideia entre os colegas – de maneira respeitosa. Por fim, a apresentação formal da história e dos conceitos fundamentais se segue.

### **2.3 A magia da ciência está no processo – em defesa da ciência**

Há uma outra vantagem contida no tipo de estratégia apresentada na seção anterior para a sala de aula: uma muito necessária defesa da ciência. Observar somente os resultados bem-sucedidos da ciência leva a crer que fazer ciência é um cenário de “tudo ou nada” quando, na verdade, lidamos com um espectro contínuo de esforços medidos em uma determinada área. A teoria da evolução não começou e parou em Darwin, ela é constantemente revisada e incansavelmente testada – assim como tem suas origens anteriores a Darwin; as vacinas

---

<sup>8</sup> Dadas as condições para que um professor possa fazer a seguinte proposta, outra possibilidade é o próprio professor de antemão simular o cenário de verdade, através de uma *placa de Petri* com meio de cultivo e amostras de locais comumente ricos em micro-organismos, como bebedouros, maçanetas ou corrimãos (ou, ainda, a delegação dessa tarefa para os alunos, separando-os em grupos para a coleta de amostras e cuidados com uma placa). É possível que se observe, em algum momento, o crescimento de um fungo e assim observar a presença ou não de um halo de inibição. Até o presente momento, não existem recursos *on-line* que permitam a simulação do cenário proposto de maneira acurada.

são esforços contínuos em uma relação entre imunologia, microbiologia, virologia, ética e medicina, entre outras. Pennock (2014) defende que fazer ciência não é apenas respeitar um dado conjunto de métodos, mas ter também a mentalidade certa. Quando desejamos defender a ciência como uma das melhores fontes de respostas seguras para muitas das questões existentes (embora não todas), não o fazemos – ou não deveríamos fazer – com um tom autoritário, mas sim por haver boas razões para isso.

Oreskes (2019) argumenta que uma linha seguida por muitos, ao fazer uma defesa da ciência, é de que ela fornece respostas corretas porque nós, simplesmente, podemos observar o mundo ao nosso redor e verificar que elas estão corretas: aviões voam, vacinas funcionam, teoremas e teorias aceitos são verificáveis empiricamente. Mas isso é, para a autora, um argumento fraco. O sistema astronômico de Ptolomeu, mecânica clássica; a teoria do calor como substância são ideias que hoje fazem parte do histórico da ciência, mas não mais fazem parte da corrente ativa de ideias, teorias e hipóteses que melhor explicam o mundo ao nosso redor (assim como as tentativas anteriores de fazer aviões voarem, vacinas funcionarem e teoremas e teorias explicarem o mundo também não). O que elas possuem em comum, contudo, é que fazem parte do processo de descoberta científica, e não há nada que chegue perto de um sentimento de vergonha na existência delas e da sua perda do *status* de “melhor ideia sobre o assunto até então” – ao contrário, há uma narrativa que se estende ao longo do tempo através dos esforços de inúmeras mentes, e é aqui que reside a magia da ciência.

Nas palavras de Sagan (1996), “a ciência prospera com seus erros, eliminando-os um a um”. Isso significa que, por trás – e talvez se apresentando de maneira muito mais fascinante –

dos produtos finais, há uma história que é melhor compreendida com as lentes da filosofia da ciência, nos revelando que, para chegar onde se chegou, uma série de posturas e valores foram adotados por diversos cientistas por livre e espontânea vontade (ou por exigência da ciência como uma maneira eficaz de compreender o mundo). McIntyre afirma:

Muitos pensadores tentaram identificar o que há de especial na ciência baseando-se na sua alegada metodologia única. Essa abordagem tem sido criticada por já ter sido demonstrado que muitos cientistas na verdade não seguem os passos que os filósofos da ciência geralmente apresentam para justificar o seu trabalho. Isso não significa que não há nada de importante no que os cientistas fazem e que possa ser tão importante para o status epistêmico privilegiado da ciência. É que talvez devêssemos estar olhando menos para o método pelo qual a ciência é justificada e mais para a atitude que seus praticantes possuem em suas mentes enquanto eles estão fazendo (MCINTYRE, 2019, p. 47).

Portanto, como nos alerta Sagan (1996), a magia está no processo, nas correções, na criatividade, na postura e na coragem dos cientistas ao apresentar suas ideias e, no maior sinal de respeito de seus colegas, observarem suas ideias, sendo analisadas nos seus mínimos detalhes, guiando-os, queira o cientista ou não, aos caminhos mais sensatos para explicar aquilo que tentam explicar.



## Considerações finais

O proposto capítulo fornece uma relação entre o pensamento crítico e a sala de aula com a biotecnologia agindo como um intermediário. Mas, por que, afinal de contas, eu não advogo pelo ensino do pensamento crítico em si, de maneira direta? Por que eu sugiro emendar o dever de ensinar o pensamento crítico a outra competência?

Cannady *et al.* (2019) investigaram a competência científica de 2.500 alunos de sexta e oitava série (como eles compreendem o que é ciência, conteúdos específicos e o pensamento científico). A conclusão dos autores é que os alunos mais versados sobre pensamento científico e pensamento crítico não são aqueles que recebem aulas introdutórias sobre o que é pensamento crítico ou sobre ciência, mas sim aqueles que desenvolvem o conceito de pensamento crítico ao longo de aulas ricas em conteúdo e investigação, recheadas de perguntas fundamentais como: “Que tipo de pergunta é a pergunta correta a se fazer nesse caso?” e “Como avaliamos a qualidade de uma evidência?”

Em outras palavras, uma aula rica em reflexões sobre conceitos básicos da ciência (juntamente com o seu conteúdo programático) apresenta-se como uma boa maneira de ensinar o pensamento crítico para alunos. Isso faz sentido, levando em consideração que, nesse caso, o pensamento crítico é apresentado e desenvolvido de forma semelhante a como ele é aplicado no dia a dia: em situações contextualizadas, não como um elemento isolado que deve ser memorizado.

O que deve ser considerado é que o pensamento crítico e o pensamento científico “esgueiram-se” no meio do conteúdo técnico e programático da disciplina, complementando-o e não o substituindo. Há ramificações positivas no emprego de abordagens, que levam em consideração o preparo do aluno para lidar com informação na sala de aula e, por consequência,

na vida (GUZZO, 2018). Por fim, assim como a ideia central é demonstrar que a ciência é fascinante como um processo contínuo, a exposição de um aluno ao pensamento crítico pode ser igualmente considerada: fazendo um bom trabalho durante a oportunidade única que se apresenta dentro da sala de aula, talvez o pensamento crítico seja levado para toda a vida.

## Referências

- CANNADY, M. A.; VINCENTE-RUZ, P.; CHUNG, J. M.; SCHUNN, C. D. Scientific sensemaking supports science content learning across disciplines and instructional contexts. **Contemporary Educational Psychology**, v. 59, 2019.
- DALL'ALBA, G.; GUZZO, G. B.; SILVA, S. Science and education: a perspective of didactic transposition with bioinformatics concepts. **International Journal for Infonomics**, v. 9, n. 2, p. 1178-1183, 2016.
- DICARLO, C. **How to become a really good pain in the ass**: a critical thinker's guide to asking the right questions. Amherst: Prometheus Books, 2011.
- ENNIS, R. H. A logical basis for measuring critical thinking skills. **Educational Leadership**, v. 43, n. 2, p. 44-48, 1985.
- GUZZO, G. B. **O pensar na educação**: uma discussão sobre as implicações da psicologia cognitiva para o exercício do pensamento crítico. 2018. 322f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- GUZZO, G. B. Houdini among the spirits: a lesson in critical thinking. **Think**, v. 18, n. 52, p. 47-58, 2019.
- KAHNEMAN, D. **Rápido e devagar**: duas formas de pensar. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012.
- LIPMAN, M. **O pensar na educação**. Petrópolis: Vozes, 2008.
- MCINTYRE, L. **The scientific attitude**: defending science from denial, fraud, and pseudoscience. Massachusetts: The MIT Press, 2019.
- NEIMAN, A.; SIEGEL, H. Objectivity and rationality in epistemology and education: Scheffler's middle road. **Synthese**, v. 94, n. 1, p. 55-83, 1993.
- ORESQUES, N. **Why trust science?** Nova Jersey: Princeton University Press, 2019.

PENNOCK, R. T. **An instinct for truth**: curiosity and moral character of science. Massachusetts: The MIT Press, 2019.

PILATI, R. **Ciência e pseudociência**: por que acreditamos apenas naquilo em que queremos acreditar. São Paulo: Editora Contexto, 2018.

PLATÃO. **Apologia de Sócrates; Banquete**. São Paulo: Martin Claret, 1999.

RENNEBERG, R.; BERKLING, V.; LOROCH, V. **Biotechnology for beginners**. Londres: Academic Press, 2017.

SAGAN. C. **O mundo assombrado pelos demônios**: a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SAVATER, F. **O valor de educar**. São Paulo: Planeta, 2012.

SIEGEL, H. **Educating reason**: rationality, critical thinking and education. New York: Routledge, 1988.

SIEGEL, H. The rationality of science, critical thinking, and science education. **Synthese**, n. 80, p. 9-41, 1989.

SIEGEL, H. **Rationality redeemed?** Further dialogues on an educational ideal. New York: Routledge, 1997.

THIEMAN, W. J.; PALLADINO, M. A. **Introduction to biotechnology**. Harlow: Pearson Education Unlimited, 2014.

WILLINGHAM, D. T. **The reading mind**: a cognitive approach to understanding how the minds reads. São Francisco: Jossey-Bass, 2017.



# AS CORES DA BIOTECNOLOGIA

O JOGO DA MEMÓRIA COMO FACILITADOR  
PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA

Beatriz Rosa de Azevedo  
Michel Mendes  
Thiago Lopes Rocha



## As cores da biotecnologia

**Público-alvo:** Turma do 4º ano do Ensino Fundamental.

**Conteúdo:** Biotecnologia, biotecnologista e cores da biotecnologia.

**Resumo:** A biotecnologia é uma área estratégica da ciência para o desenvolvimento tecnológico, social, econômico e ético do Brasil. Entretanto, o ensino de biotecnologia na educação básica ainda é um desafio. Em vista disso, o objetivo deste estudo foi propor um jogo da memória sobre as cores da biotecnologia, para facilitar os processos de ensino e aprendizagem desta temática, no Ensino Fundamental. O jogo é composto por vinte cartas e aborda dez áreas da biotecnologia e sua classificação em cores. Os materiais produzidos (cartas e material de apoio) poderão ser utilizados em espaços formais e não formais de ensino, proporcionando um ambiente educativo que envolva ludicidade nos processos de ensino e aprendizagem de biotecnologia.

### 1 Justificativa

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) (Decreto Legislativo n. 2, de 1994), a biotecnologia é definida como “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica”. Em 1919, o engenheiro agrônomo húngaro Karl Ereky descreveu, pela primeira vez, o termo *biotecnologia* como “a ciência dos métodos que permitem a obtenção de produtos a partir de matéria-prima, mediante a intervenção de organismos vivos”. Atualmente, a Organização para

Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) define a biotecnologia moderna como “aplicação científica e tecnológica a organismos vivos, as suas partes, produtos e modelos destinados a modificar organismos vivos e/ou materiais aplicados à produção de conhecimentos, bens e serviços” (OECD, 2001).

Apesar de a biotecnologia ser considerada uma área estratégica da ciência para o desenvolvimento tecnológico, social, econômico e ético de países em desenvolvimento, tal como o Brasil (VALLE; SANTOS, 2008), o ensino de biotecnologia ainda é um desafio, especialmente na educação básica. Esse desafio pode ser justificado pelo fato de que a biotecnologia é uma área que exige formação de conceitos prévios, pois suas discussões estão ancoradas em outras áreas da ciência mais trabalhadas na educação básica, como a microbiologia, biologia celular, genética, biologia molecular, química, botânica, dentre outras. Ao mesmo tempo, o distanciamento dos estudos da biotecnologia com o contexto cotidiano dos estudantes – no qual está de fato inserida –, evidencia a fragmentação e a desarticulação do processo educativo (PRADO; FIGUEIREDO, 2016; SILVA *et al.*, 2018).

Competências específicas da área de Ciências da Natureza, descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), demonstram que seria possível iniciar a introdução da biotecnologia a partir dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Apesar de desde o segundo ano ensinar-se sobre as plantas e suas interações com o meio ambiente, no quarto ano é introduzido o estudo de micro-organismos e suas utilizações, que permite compreender a base da biotecnologia.

Em vista disso, emerge um cenário que necessita do desenvolvimento de metodologias educacionais que possam ampliar a visibilidade da biotecnologia e maior integração

desse conhecimento com os demais conteúdos tradicionais associados à biotecnologia já trabalhados no Ensino Básico.

## **2 Problema**

Dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem, nas áreas de atuação da biotecnologia por estudantes do Ensino Fundamental.

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

O presente estudo teve por objetivo propor um jogo da memória sobre as cores da biotecnologia, para facilitar os processos de ensino e aprendizagem de biotecnologia, no Ensino Fundamental.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. classificar as áreas da biotecnologia em um sistema de cores;
2. elaborar um jogo da memória com as áreas da biotecnologia;
3. correlacionar as áreas da biotecnologia com o cotidiano dos estudantes;
4. promover a utilização de atividades lúdicas no ensino de biotecnologia.



## 4 Referencial teórico

### 4.1 A biotecnologia e suas cores

Devido ao seu caráter multidisciplinar e a ampla aplicação em diferentes setores da sociedade, Kafarski (2012) propôs uma organização da popular classificação das áreas da Biotecnologia em cores (*Rainbow code of biotechnology*”).

Inicialmente, a biotecnologia era classificada em sete cores (vermelha, verde, branca, violeta, amarela, marrom e azul). Entretanto, devido à sua complexidade, o autor propõe observar as dez cores principais da biotecnologia (**Figura 1**).

**Figura 1** – Classificação das áreas da biotecnologia em um sistema de cores



Fonte: Elaboração dos autores.

A biotecnologia moderna possibilita o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e produtos em diferentes áreas, desde a produção de alimentos, o combate de pragas, até o desenvolvimento de kits de diagnósticos para doenças emergentes e promoção de energias sustentáveis. No **Quadro 1**, que sumariza cada cor e suas aplicações, é possível ter um panorama desta amplitude. Cabe ressaltar que as áreas de atuação da biotecnologia são diversas, mas possuem pontos de conexão, ou seja, as áreas não estão isoladas e se interagem entre si. Isso porque desde a busca de novas técnicas e produtos, passando por sua utilização e mesmo a tramitação legal e estudos posteriores são um mesmo processo biotecnológico, mas envolvem diferentes cores. A biotecnologia verde (vegetal), por exemplo, possui forte ligação com a biotecnologia amarela (alimentos): a produção de alimentos melhorados geneticamente é uma aplicação agrícola e, ao mesmo tempo, gera produtos alimentares de valor nutricional agregado. Quando se trata de transgênicos, há ainda a violeta (patentes e ética) para a aprovação de seu uso. Esse tipo de relação existe entre todas as cores, que se complementam de forma intrínseca.



**Quadro 1 – Descrição das áreas de atuação da biotecnologia**

<b>Cores</b>	<b>Áreas da biotecnologia</b>	<b>Descrição</b>
Amarela	Alimentos	Uso de biotecnologia para obtenção de alimentos funcionais e/ou com valores nutricionais superiores
Azul	Aquática	Uso da biodiversidade marinha para desenvolvimento de produtos e processos
Branca	Industrial	Uso de tecnologias de fermentação e enzimas para produção industrial
Cinza	Ambiental	Uso de tecnologias para biorremediação e produção sustentável
Dourada	Bioinformática e nanotecnologia	Uso de ferramentas computacionais para a solução de problemas biológicos, e aplicação de materiais em nanoescala para novos produtos
Marrom	Áreas secas	Uso de tecnologias para aproveitamento de áreas secas e uso reduzido de água
Violeta	Patentes e ética	Discussões do uso ético da Biotecnologia e patenteamento de seus produtos e técnicas
Verde	Vegetal	Uso de tecnologias para agricultura
Vermelha	Saúde	Produção de vacinas, antibióticos, fármacos, terapias, órgãos artificiais e métodos de diagnóstico
Preta	Perícia	Tecnologias associadas a armas biológicas e investigação criminal

Fonte: Elaboração dos autores.

Apesar do crescimento nacional e mundial da biotecnologia, bem como de sua presença no cotidiano da sociedade, através de produtos e processos biotecnológicos, o biotecnologista ainda não possui regulamentação da profissão. Ao mesmo tempo, os egressos dos cursos de graduação em biotecnologia consideram o mercado de trabalho não receptivo (MARANGONI *et al.*, 2018), especialmente devido à falta de conhecimento sobre a biotecnologia pela sociedade. Nesse sentido, faz-se necessário o desenvolvimento de recursos facilitadores nos processos de ensino<sup>9</sup> e aprendizagem<sup>10</sup> de biotecnologia. Cabe ressaltar que, embora o biotecnologista não esteja habilitado para ser professor na educação básica, pois é um bacharel, esse profissional pode colaborar para o desenvolvimento de recursos educativos, que serão utilizados por professores de Ciências. Assim, neste estudo, por ora, o jogo proposto é para fins pedagógicos, de uso para a educação básica.

Para Huizinga (2000), os jogos são atividades voluntárias, realizadas a partir de determinados limites de tempo e espaço, em que as regras são elementos essenciais, podendo ser previamente consentidas e definidas pelos envolvidos na ação, e com a consciência de ser diferente da vida cotidiana. Já os jogos educativos, para Rabecq-Maillard (1969, p. 2, *apud* VANZELLA, 2009, p. 18), “[...] são aqueles que, sob forma lúdica e aparentemente desinteressada, pelo menos para quem participa deles, têm por finalidade a educação do indivíduo” Campagne (1989, p. 112, *apud* KISHIMOTO, 1994), amplia esse

---

<sup>9</sup> O ensino é entendido por Vigotski (1991, p. 87) como “o meio através do qual o desenvolvimento avança; [...] os conteúdos socialmente elaborados do conhecimento humano e as estratégias cognitivas necessárias para sua internalização são evocados nos aprendizes [...]”.

<sup>10</sup> Segundo Oliveira (2010, p. 59), a aprendizagem “é o processo pelo qual o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores, etc. a partir de seu contato com a realidade, com o meio ambiente e com as outras pessoas”.

entendimento, ao afirmar que o jogo educativo é aquele que concilia duas funções principais, o lúdico e o educativo. A função lúdica está associada à necessidade de brincar, enquanto a função educativa está associada à aprendizagem de saberes sistematizados.

Cabe ressaltar que a utilização de jogos, como recurso educativo, proporciona reflexão sobre seu alcance pedagógico e sobre os aspectos cognitivos que ele venha a oferecer. Para Brougère (1998), Caillois (1990) e Huizinga (2000), as contribuições em nível pedagógico e cognitivo consideram os seguintes elementos: liberdade e decisão, incerteza, delimitação e universo paralelo, desafio, prazer, frivolidade, regra, tensão e interação social. Desse modo, a proposição do jogo da memória para o ensino de biotecnologia pode apresentar esses elementos na prática do professor, pois sua dinâmica é aberta e depende da mediação realizada por ele, considerando o nível de desenvolvimento da turma.

## 5 Metodologia

Para a confecção do jogo, inicialmente foi realizado um levantamento da literatura nas bases de dados “Thomson Reuters ISI Web of Science database”, “ScienceDirect”, “PubMed”, “Scopus”, “SciELO” e “google acadêmico” sobre a classificação das áreas da biotecnologia em um sistema de cores. Para tanto, a palavra “biotecnologia” foi combinada com “classificação” e “cores” (ambas em Português e inglês, singular e plural). A seguir, foram selecionadas dez áreas principais de atuação da biotecnologia, tal como descrito na **Figura 1** e no **Quadro 1**. Posteriormente, a linguagem foi adaptada ao público-alvo (quarto ano do Ensino Fundamental) e o conteúdo dividido em dois conjuntos de cartas (cores e áreas de atuação). A atividade proposta poderá contribuir para

o desenvolvimento de competências específicas da área de Ciências da Natureza, descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O jogo da memória é uma produção inédita, composto por 20 cartas, sendo dez cartas contendo as cores da biotecnologia (Apêndice I) e dez cartas contendo a descrição das áreas da biotecnologia (Apêndice II). As cartas possuem dimensões similares (5 x 8 cm) e podem ser impressas pelo docente ou estudante em papel sulfite A4 (21 x 29,7 cm). O verso das cartas também está disponível para impressão (Apêndice III) e possui o símbolo oficial da biotecnologia elaborado pela Liga Nacional dos Acadêmicos em Biotecnologia (LiNABiotec, 2016).

A montagem do jogo baseia-se na impressão e no recorte das cartas (Apêndices I e II), que devem ser coladas ao verso (Apêndice III). O verso foi adicionado para apresentar o símbolo da biotecnologia, mas também para minimizar a visão através do papel, que poderia facilitar a identificação das cores. Para aumentar a durabilidade do jogo, recomenda-se colar as cartas em papel cartão, cartolina, em placas de acetato-vinilo de etileno (EVA) ou plastificá-las. O jogo também possui um manual de instruções (Apêndice IV). Contudo, cabe ressaltar que o professor pode alterar as regras do jogo, de acordo com a realidade de cada turma e/ou do grupo de estudantes. A seguir, é apresentada uma proposta de organização em etapas para a aplicação do jogo em um ambiente formal de ensino.

### **Etapa 1: Diálogo sobre a área de atuação da biotecnologia e sua classificação em cores**

Antes do início do jogo, recomenda-se que o professor organize uma aula sobre as áreas de atuação da biotecnologia

e sua classificação em cores. A **Figura 1** e o Quadro 1 podem ser utilizados como material didático nesta etapa inicial.

**Atividade:** Desenvolver aula expositivo-dialogada sobre a classificação das áreas de atuação da biotecnologia.

### **Etapa 2: Descrição das regras do jogo**

Para o início do jogo, o professor apresentará as regras do jogo, tal como descrito no manual de instruções (Apêndice IV). O professor pode adaptar as regras do jogo, de acordo com a realidade dos estudantes. Contudo, é importante certificar se todos os estudantes compreenderam o objetivo e as regras do jogo.

**Atividade:** Apresentar as regras do jogo de memória.

### **Etapa 3: Jogando**

O jogo terá início com todas as cartas viradas para baixo, sobre uma superfície plana e limpa. O primeiro jogador vira duas cartas (coloca a frente para cima). Se as cartas coincidem (cor e área de atuação da biotecnologia), o jogador ganha as duas cartas e pode jogar novamente. Contudo, se as duas cartas não coincidem, as cartas devem ser viradas novamente no mesmo local. Quando jogado de modo coletivo, o próximo jogador iniciará sua rodada. O objetivo do jogo é virar o maior número de cartas que coincidem (modo coletivo) ou virar o maior número de cartas correspondente em um menor período de tempo (modo individual). O número de rodadas pode ser definido pelo professor em conjunto com os estudantes.

**Atividade:** Aplicar o jogo da memória de modo individual ou coletivo.

### **Etapa 4: Avaliação da aprendizagem**

Após o jogo (no final da atividade ou na aula seguinte), o professor poderá avaliar a aprendizagem dos estudantes. Por

exemplo, pode-se fazer um círculo com todos os estudantes, e o professor seleciona uma cor da biotecnologia, e os estudantes podem responder/descrever a área de atuação da biotecnologia na respectiva cor. Para enriquecer essa dinâmica, o professor pode provocar os estudantes para que articulem as áreas da biotecnologia com suas ações e aplicações no cotidiano da sociedade e até mesmo da escola, evidenciando melhor apropriação do processo de aprendizagem. Cabe ressaltar que o professor possui autonomia, para selecionar os critérios e processos para avaliação da aprendizagem.

**Atividade:** Avaliar o processo de aprendizagem.

## Considerações finais

O jogo da memória proposto apresenta baixo custo e fácil acesso, sendo, portanto, um recurso prático de ser desenvolvido e utilizado como facilitador dos processos de ensino e aprendizagem de biotecnologia em diferentes realidades socioeconômicas na educação básica. O material pode integrar aos recursos didáticos do professor ou ser utilizado como modelo para elaboração de outros jogos que visam a aprendizagem de algum conceito/conteúdo. Desse modo, recomenda-se um estudo preliminar e validação da atividade proposta pelo professor, de acordo com a realidade dos estudantes.

Os jogos como recursos educativos podem oportunizar aos professores e estudantes diferentes estratégias de ensino e aprendizagem, pois são capazes de criar uma atmosfera de interação social, em que seus atores criam e recriam regras e dinâmicas, conforme seu tempo, espaços e necessidades. De acordo com Mendes (2017), o uso de jogos é amplamente utilizado na Educação Infantil e nos anos iniciais do Ensino



Fundamental, sendo sua utilização reduzida nos anos finais do Ensino Fundamental (período da proposição do jogo da memória). Contudo, ainda conforme Mendes (2017), no Ensino Médio a utilização de jogos é silenciada, pois é o período da educação básica que “antecede” a vida adulta, momento em que parece não ser possível aprender brincando ou aprender jogando.

Desse modo, essa proposta de jogo é um processo inicial que pode ser “complexificado” pelos professores, adaptando-o e qualificando-o, conforme as particularidades de sua prática, mas sem esquecer da potencialidade dos jogos como recursos educativos, para qualquer momento da educação básica.

## Referências

- BROUGÈRE, G. **Jogo e educação**. Trad. de Patrícia Chittoni Ramos. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- CAILLOIS, R. **Os jogos e os homens: a máscara e a vertigem**. Trad. de José Garcez Palha. Lisboa: Cotovia, 1990.
- HUIZINGA, J. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. Trad. de João Paulo Monteiro. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2000. 162 p. (Coleção estudos. Filosofia). Disponível em: [http://jnsilva.ludicum.org/Huizinga\\_HomoLudens.pdf](http://jnsilva.ludicum.org/Huizinga_HomoLudens.pdf). Acesso em: 27 abr. 2020.
- KISHIMOTO, T. M. **O jogo e a educação infantil**. São Paulo: Pioneira, 1994. (A Pré-escola brasileira).
- LiNABiotec (Liga Nacional dos Acadêmicos em Biotecnologia). **Identidade – cor, símbolo e juramento, 2016**. Disponível em: [http://www.linabiotec.com.br/?page\\_id=2494#identidade](http://www.linabiotec.com.br/?page_id=2494#identidade). Acesso em: 30 mar. 2020.
- KAFARSKI, P. Rainbow code of biotechnology. **Chemik**, 2012.
- MARANGONI, E. B.; PORTO, I. G.; ARAÚJO, A. M.; CAMPOS, L. F.; RIBEIRO, R. X.; ROCHA, T. L. Avaliação do perfil dos egressos do curso de biotecnologia da Universidade Federal de Goiás e suas perspectivas no mercado de trabalho. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v. 15, n. 27, p. 212, 2018.
- MENDES, M. **O jogo Probio e a visão sistêmica em educação ambiental**. 2017. 199 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em

Educação, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/1710>. Acesso em: 27 abr. 2020.

OECD. **Glossary of Statistical terms**,. 2001. Disponível em: <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=219><https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=219>. Acesso em: 2 mar. 2020.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky**: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010. (Coleção Pensamento e linguagem em sala de aula).

PRADO, I. C. O. M.; FIGUEIREDO, J. A. G. Prática e reflexões sobre a biotecnologia no terceiro ano do ensino médio do CERP – Morretes / PR. **Caderno PDE**, v. 1, 2016.

SILVA, R. G.; ZINGARETTI, S. M.; LISONI, F. C. R. Percepções de alunos do ensino médio público sobre a temática biotecnologia. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 1, p. 288-305, 2018.

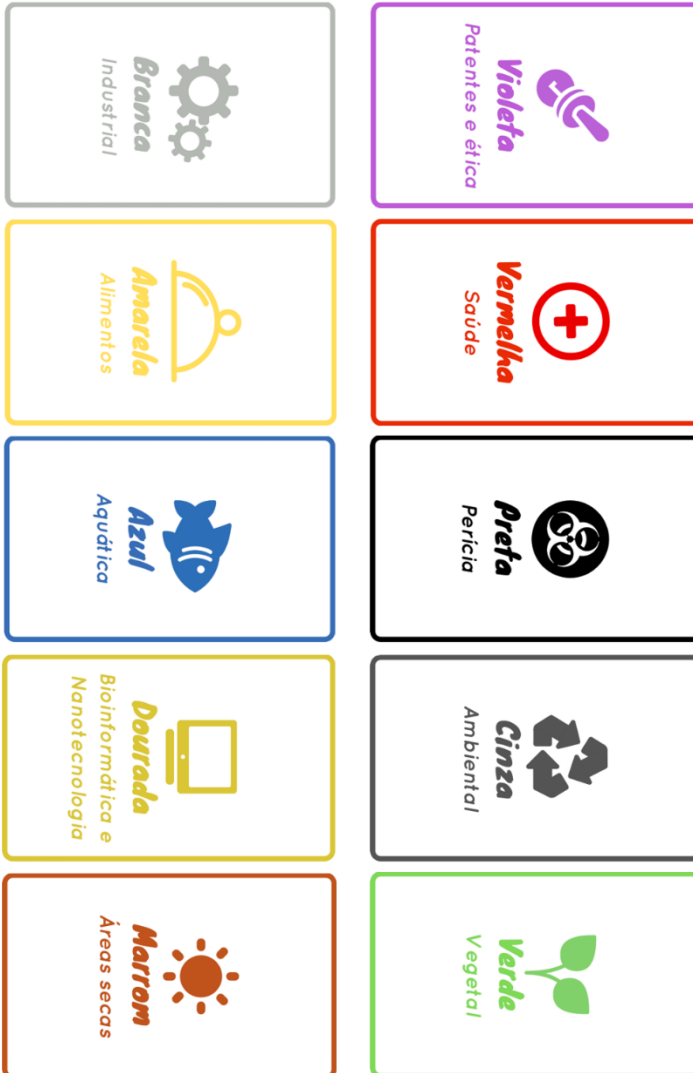
VALLE, M. G.; SANTOS, M. S. A biotecnologia como instrumento de desenvolvimento econômico e social. **Univ. Rel. Int.**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 79-89, 2008.

VANZELLA, L. C. G. **O jogo da vida**: usos e significações. 2009. 218 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-02092009-160733/pt-br.php>. Acesso em: 27 abr. 2020.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. Disponível em: <http://www.egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/vygotsky-a-formac3a7c3a3o-social-da-mente.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2020.

## Apêndice 1

Frente das cartas do jogo da memória contendo a classificação da biotecnologia em cores. Recomendação: fazer apenas uma impressão colorida.



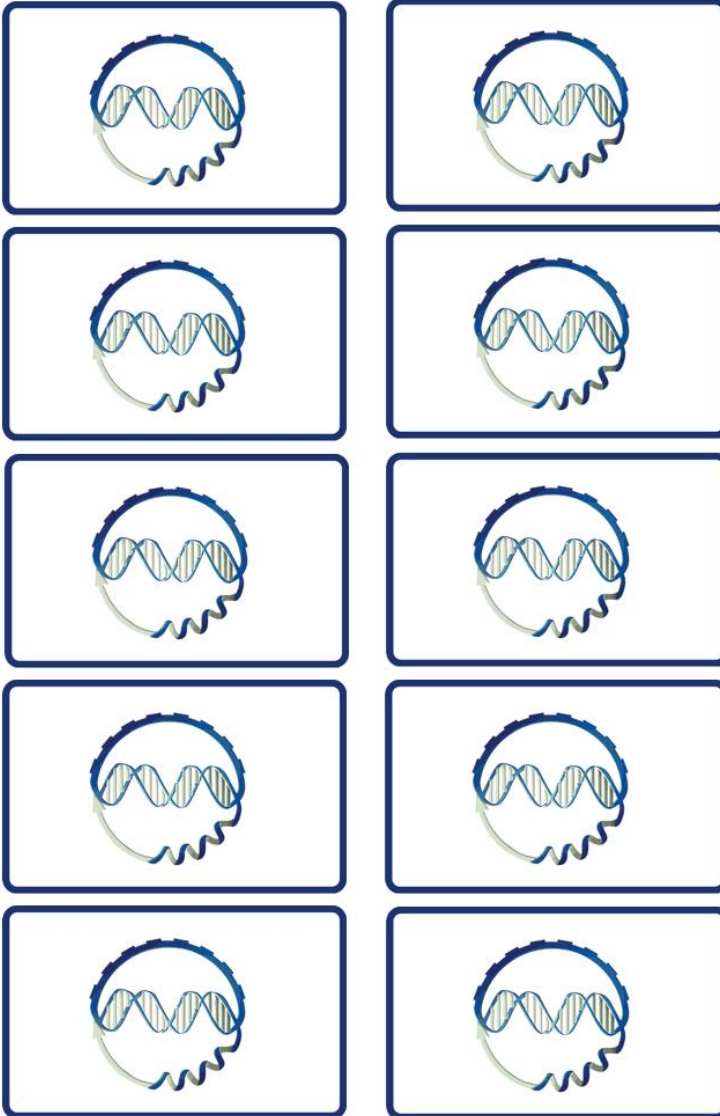
## Apêndice 2

Frente das cartas do jogo de memória, contendo a descrição das áreas da biotecnologia. Recomendação: fazer apenas uma impressão colorida.



### Apêndice 3

Verso das cartas do jogo da memória. Recomendação: fazer duas impressões coloridas.




## Apêndice 4

Manual de instruções do jogo da memória “As cores da Biotecnologia”.

COMO JOGAR

# AS CORES DA BIOTECNOLOGIA


### PREPARAÇÃO



Posicione todas as cartas com o verso para cima

Verifique se estão presentes todas as 20 cartas!


### INÍCIO



O primeiro jogador vira duas cartas, se forem um par ele fica com elas e continua a jogar, se não, perde a vez

O primeiro a jogar pode ser o participante mais velho, por exemplo


### PRÓXIMA JOGADA



As cartas são recolocadas com o verso para cima e o próximo joga

O jogador continua até errar

### FINAL



Quando as cartas acabarem, vence aquele que tiver mais pares!

Uma alternativa é vencer quem levar menos tempo para encontrar os 10 pares!

# APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

**SOBRE O SONO NA APRENDIZAGEM DE CRIANÇAS**

Cristina Oliveira Prado

Marines Andreazza de Oliveira

Silvana Telma de Lima Fritoli

Rosane Meire Munhak da Silva

Clodis Boscaroli

Reinaldo Antônio Silva-Sobrinho

Adriana Zilly



## Aplicação de tecnologias digitais sobre o sono na aprendizagem de crianças

**Público-alvo:** Turma do 5º ano do Ensino Fundamental.

**Conteúdo:** Distúrbios do sono, promoção da saúde e aprendizagem.

**Resumo:** O sono é extremamente importante na nossa vida, pois, do ponto de vista biológico, afeta o corpo, e sua ausência ou má-qualidade traz prejuízos graves à nossa saúde. Os distúrbios do sono podem acontecer desde a infância e impactam nos aspectos relacionados ao desenvolvimento físico, cognitivo e emocional, podendo interferir de maneira significativa na aprendizagem. Alertar e informar sobre a necessidade, qualidade e distúrbios do sono se torna essencial na busca pela promoção da saúde, desde a infância. Este capítulo discute o ensino do conteúdo sono em aulas de Ciências no Ensino Fundamental, apresentando infográfico animado, em formato de vídeo como abordagem para divulgar orientações sobre a importância do sono e sua influência na aprendizagem. Ademais, apresentamos um breve tutorial, para que o professor possa criar materiais semelhantes na plataforma *on-line* POWTOON®, considerando que o infográfico é um recurso de fácil acesso e entendimento, constituindo-se como uma alternativa para divulgação, promoção, prevenção e educação em diferentes aspectos de saúde.

### 1 Justificativa

O sono apresenta grande importância na nossa vida e afeta nosso comportamento e desenvolvimento, influencia nos aspectos cognitivos; interfere no humor, na memória, na



atenção e nos registros sensoriais. Uma má-qualidade de sono pode afetar, às vezes, de forma grave a saúde, a qualidade de vida, a longevidade e a aprendizagem, já que é durante o sono que as proteínas são sintetizadas, com o objetivo de manter ou expandir as redes neurais ligadas à memória e ao aprendizado (VALLE; VALLE; REIMÃO, 2009).

A incidência dos Distúrbios do Sono (DS) na infância é alta, acometendo em torno de 30% das crianças até a idade escolar, o que causa prejuízos a criança, a família e a sociedade, já que as alterações do sono podem acarretar dificuldades na aprendizagem escolar, irritabilidade, alterações de humor, dificuldades de atenção e alterações comportamentais (agressividade, hiperatividade ou impulsividade). Também podem contribuir para lesões acidentais e outras patologias como sobrepeso e, conseqüentemente, problemas de saúde a ele relacionados (HALAL; NUNES, 2014).

Estudos que mostrem a importância do sono, as causas e conseqüências da má qualidade ou ausência se fazem necessários, bem como a divulgação de orientações sobre como intervir e contribuir para sua melhoria (VALLE; VALLE; REIMÃO, 2009), pois ainda parece haver pouco conhecimento dos pais e dos profissionais da educação e da saúde sobre a relação entre os problemas do sono e a aprendizagem.

Dorneles (2017) destaca que muitos autores revelam que a tecnologia no ensino é uma nova tendência, desempenhando uma função essencial no apoio à prevenção e promoção da saúde, pois pode ir além de um simples repasse de conteúdo, pode ser o começo de uma transformação social, chegando aos indivíduos, à comunidade e aos profissionais. Dentre as ferramentas tecnológicas existentes, o infográfico animado é um recurso muito produtivo na promoção da saúde, pois, por

meio dele é possível disseminar informações que atraem, motivem e facilitem a compreensão de diversos assuntos.

Diante destas constatações, justifica-se a realização do estudo aqui proposto, que busca a divulgação dos DS como forma de identificar problemas, intervir e tratar os mesmos.

Este capítulo discute o ensino do conteúdo sono em aulas de Ciências no Ensino Fundamental, apresentando infográfico animado em formato de vídeo, como abordagem para divulgar orientações sobre a importância do sono e sua influência na aprendizagem. Ademais, apresentamos um breve tutorial, para que o professor possa criar materiais semelhantes na plataforma *on-line* POWTOON®, considerando que o infográfico é um recurso de fácil acesso e entendimento, constituindo-se como uma alternativa para divulgação, promoção, prevenção e educação em diferentes aspectos de saúde.

## **2 Problema**

As tecnologias digitais podem auxiliar na identificação e no ensino sobre os DS e auxiliar na promoção da saúde?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver uma ferramenta digital para orientar sobre a qualidade do sono.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. desenvolver um infográfico animado sobre o sono e sua importância para a saúde e aprendizagem;
2. fornecer subsídios para identificar os DS.

## 4 Referencial teórico

Para Batista *et al.* (2018) o sono é um processo natural e vital, necessário para a manutenção do processo de regulação, que mantém o organismo em constante equilíbrio. Valle *et al.* (2009) explicam que o sono possui dois estados: ocorrem movimentos rápidos dos olhos (*Rapid eye movement* - REM) durante uma parte do sono (20% do tempo total de sono de um adulto), chamado sono REM e o restante é chamado de sono Não REM (NREM).

Na etapa do sono NREM acontece a liberação do hormônio do crescimento, já o estado de sono REM auxilia no processo de remodelação sináptica e memória procedural, assim confirma-se a importância do sono para o desenvolvimento e a concretização da memória e aprendizagem e sua relevância. Quando pensamos em crianças, estas questões tornam-se ainda mais importantes, considerando que este tem efeitos no desenvolvimento físico e psicológico e influencia no seu comportamento e aprendizado (VALLE; VALLE; REIMÃO, 2009; BATISTA *et al.*, 2018).

É imprescindível cuidar do sono desde os primeiros anos de vida, no entanto, pesquisas mostram que DS são comuns em crianças e se apresentam como uma queixa frequente nas consultas médicas nos consultórios pediátricos. Estas queixas devem ser valorizadas e investigadas pelo pediatra, pois elas podem estar relacionadas a doenças orgânicas diversas como: asma, obesidade, doenças neuromusculares, refluxo gastroesofágico, epilepsia, transtorno da atenção, transtorno do espectro autista ou comorbidades psiquiátricas como ansiedade, depressão, *bullying*, dentre outras (NUNES; BRUNI, 2015).

Nudelman e Vivian (2019) apontam que não há consenso na literatura no que se refere ao DS na primeira infância, mas compreendem que dificuldades em iniciar e manter o sono,

despertar indesejado, resistência em deitar-se para dormir nos horários adequados e dificuldades para dormir sem intervenção são características de DS, eles apresentam-se de forma bastante variada e mostram-se muito presentes em crianças de zero a três anos.

Nunes e Bruni (2015, p. 528) definem a insônia como sendo, “a dificuldade de iniciar o sono (em crianças considera-se a dificuldade que ocorre para iniciar o sono sem a intervenção de cuidadores); ou despertar antes do horário habitual com incapacidade de retornar ao sono”.

Ao analisarmos o sono na primeira infância, é preciso considerar aspectos relacionados à idade; quando se trata de recém-nascidos, existe uma necessidade maior de tempo de sono e este é bastante fragmentado. Aos cinco meses, os períodos de sono tornam-se mais longos e aos seis meses as crianças já são capazes de dormir sem precisar mamar, e à medida que vão crescendo os períodos de sono aumentam e o total de sono diminui (NUDELMAN; VIVIAN, 2019).

Na infância, existe um predomínio da insônia comportamental na forma de início do sono, por associações inadequadas e por falta de estabelecimento de limites. No DS por associações inadequadas, encontram-se as situações em que o lactante aprende a dormir precisando de um objeto ou um ritual que geralmente envolve ou requer a presença dos pais, tanto para iniciar o sono quanto para retornar ao sono, após o despertar noturno. O despertar noturno é normal nesta fase, o problema ocorre que ao necessitarem da intervenção para voltar a dormir, aumenta o período em que ficam acordados (NUNES; BRUNI, 2015).

Crianças que apresentam problemas de sono de curta duração, antes da idade de três anos e meio, apresentam risco maior para hiperatividade-impulsividade e rendimento

cognitivo baixo na idade de seis anos. Os DS também estão associados a fatores de risco para ansiedade e depressão, déficits de atenção e comportamentos agressivos na juventude e, posteriormente, obesidade. Os DS são uma realidade bastante frequente na primeira infância; assim, a identificação precoce destes problemas e sua causa ou causas têm extrema importância (NUDELMAN; VIVIAN, 2019).

Nunes e Bruni (2015) assinalam que o DS é influenciado pelo não estabelecimento de limites e regras pelos pais para a hora de dormir e costuma ocorrer na idade pré-escolar. É comum as crianças utilizarem artifícios como fome, sede, querer sempre ouvir mais uma história, para protelar a hora de dormir. Considerando a demora para o início do sono e as idas durante a noite ao quarto dos pais, os prejuízos no tempo de sono podem variar entre uma e duas horas.

Ferreira, Silva e Silves (2018) destacam a importância de aplicação de técnicas para o manejo da insônia infantil, no entanto, as dificuldades que os responsáveis podem apresentar para aplicá-las e a aversão à técnica podem prejudicar sua adesão e aplicabilidade. Em seus estudos, verificaram que 53,1% das pesquisadas relataram dificuldades para aplicar as orientações para o manejo da insônia infantil. Essas dificuldades podem estar relacionadas ao fato de que, ao ignorar um comportamento inadequado, sua frequência e gravidade tendem a aumentar, assim os choros e protestos se intensificam e geram desconforto aos cuidadores, que, no intuito de cessarem estes comportamentos, acabam cedendo e reforçando o comportamento impróprio.

Na adolescência, a insônia pode estar relacionada a hábitos de higiene do sono inadequados, como: dormir depois das 23 horas e acordar após as oito horas; falta de rotina de horários entre dias da semana e fim de semana; excesso de cafeína no

fim de tarde ou noite e/ou uso de aparelhos eletrônicos (televisão, celular, computador) antes de dormir; uso de drogas ou substâncias excitantes; pressão familiar; mudanças hormonais; necessidade de pertencimento a um grupo (BATISTA *et al.*, 2018).

Batista *et al.* (2018) realizaram um estudo com 481 estudantes de (14 a 19 anos) de ambos os sexos, de escolas da rede pública do Ensino Médio em Caruaru-Pernambuco e observaram que a percepção da qualidade de sono foi associada com a dificuldade de assimilação em sala de aula. O resultado pode estar relacionado à má ou baixa qualidade de sono que, conseqüentemente, gera aumento de fadiga, estresse e sonolência diurna, interferindo negativamente na assimilação e aprendizagem. Os referidos pesquisadores apontam que, em períodos letivos, as horas de sono deveriam ser no mínimo de oito horas e 33 minutos diárias.

Nunes e Bruni (2015) também alertam para a insônia por atraso de fase na adolescência, este DS é provocado por alterações hormonais que provocam conflitos entre o horário de deitar com o horário do sono, ambos não coincidem; assim o adolescente se recusa a ir dormir e tem dificuldades de acordar de manhã, tendo como consequência hiperatividade, agressividade e problemas de aprendizagem.

Nesta fase temos ainda a possibilidade de insônia psicofisiológica que, basicamente, consiste na queixa com a preocupação exagerada com o dormir ou conseguir dormir; esta preocupação leva à falta de sono. Este problema envolve fatores combinados com características genéticas, comorbidades psiquiátricas, estresse, má higiene do sono, uso de cafeína (NUNES; BRUNI, 2015).

Franklin *et al.* (2018) correlacionaram o sono e o comportamento em sujeitos com transtorno específico da

aprendizagem e abordam que crianças com DS apresentam déficits cognitivos e de aprendizagem. A escassez ou privação parcial do sono afetam a atenção e memória e por estes serem de grande importância para o processamento da linguagem falada e escrita acarretam prejuízos na vida social e no desempenho escolar.

Déficits no sono ou na sua qualidade interferem também em aspectos comportamentais, como hiperatividade, humor, agressividade. Quanto mais graves os distúrbios de sono, maiores os problemas relacionados a questões comportamentais em indivíduos com transtorno específico da aprendizagem. A correlação entre sono e alterações comportamentais, em situações de crianças com autismo, transtorno e déficit de atenção e hiperatividade e em crianças com desenvolvimento típico, são constatadas, mas intervenções para o tratamento do DS apresentaram significativas melhoras (FRANKLIN *et al.*, 2018).

Podemos perceber que a insônia pode acontecer na infância e na adolescência e pode ocasionar sérios prejuízos à saúde. A família, a escola e os profissionais da saúde precisam estar atentos aos problemas relacionados ao sono e conhecer e valorizar os aspectos que a boa qualidade do sono proporciona para o desenvolvimento e a aprendizagem. É necessário diagnosticar e intervir precocemente nestas situações, com abordagem terapêutica que pode incluir medidas de higiene do sono e técnicas comportamentais e, em casos individualizados, tratamentos farmacológicos (VALLE; VALLE; REIMÃO, 2009).

## **5 Metodologia**

O estudo iniciou com uma revisão bibliográfica integrativa, com busca de evidências científicas entre os anos de 2009 a

2019, utilizando as combinações das *strings* de busca *sono AND aprendizagem AND criança* e *sono AND aprendizagem AND comportamento*, nas bases de dados SciELO, Scioncedirect e Google Scholar, para a seleção dos artigos que dariam, não apenas o aporte teórico ao trabalho, mas também o conteúdo para gerar o infográfico animado, no formato de vídeo como um objeto de aprendizagem.

O percurso metodológico seguiu as seguintes etapas: (I) leitura dos artigos depois da revisão da literatura; (II) levantamento de ferramentas para o desenvolvimento do infográfico animado; (III) definição da ferramenta POWTOON para o desenvolvimento; (IV) desenvolvimento do infográfico; (V) publicação do infográfico no YouTube; e (VI) Criação do QR code de acesso e divulgação.

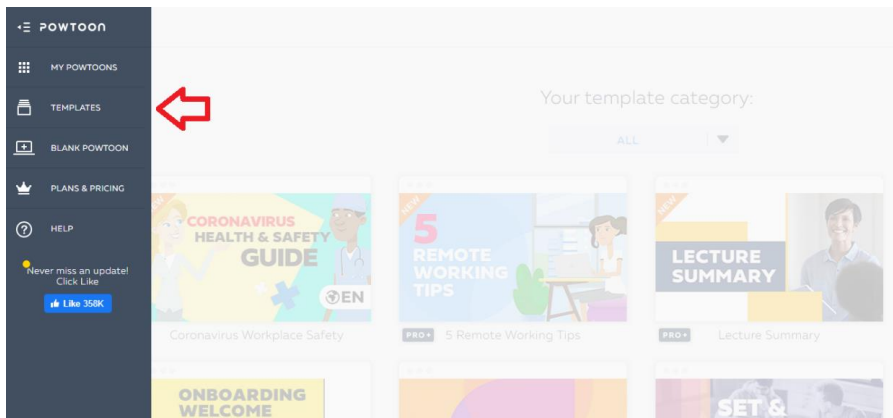
Como proposta para o desenvolvimento de um objeto educacional de divulgação dos cuidados e das orientações sobre a importância do sono e sua influência na aprendizagem, foi utilizado o POWTOON ([www.powtoon.com](http://www.powtoon.com)), plataforma *on-line* usada para o desenvolvimento do infográfico em formato de vídeo, denominado “Distúrbios do Sono e Aprendizagem”. A ferramenta foi escolhida pela facilidade de seu uso e, por ter uma opção gratuita que se adequava ao projeto. Os caminhos para a construção são bem intuitivos e têm fácil manuseio: em pouco tempo se aprende os comandos básicos. Para auxiliar os professores que desejam criar infográficos, como o apresentado neste estudo, introduzimos o percurso utilizado.

Primeiramente, foi cadastrada conta no site do POWTOON (**Figura 1**), utilizou-se conta do Facebook. No POWTOON há muitas possibilidades na versão paga, mas a versão gratuita, que permite gravação de vídeos de até três minutos, possui vários recursos úteis para o professor, para criação de infográficos animados. Existem alguns *Templates* prontos



como sugestão; o infográfico deste estudo foi elaborado sem o uso dessa opção, tanto que fizemos uso de um projeto em branco (BLANK POWTOON), também disponível no canto esquerdo superior da interface (**Figura 1**).

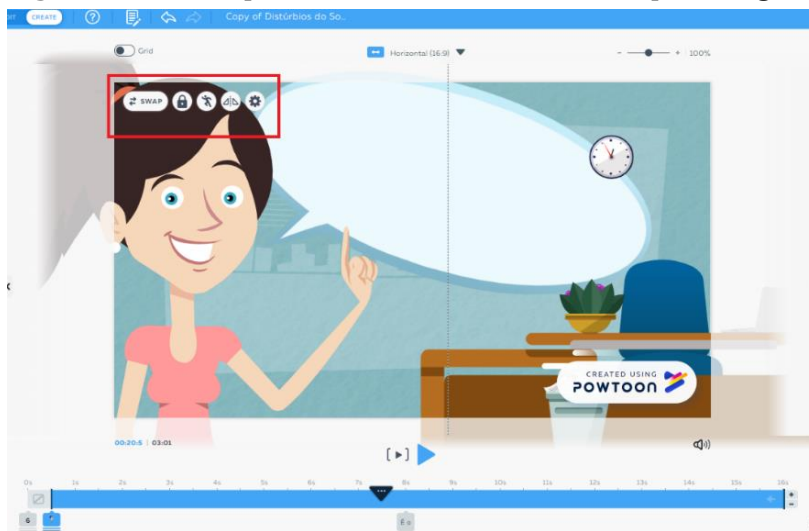
**Figura 1** – Opções para iniciar um projeto no PowToon



Fonte: Powtoon. Disponível em: <https://www.powtoon.com/aboutus/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

Na ferramenta, há opções de estilos oferecidos para o projeto e se pode utilizar todos em um mesmo vídeo, se desejar. Na lateral esquerda estão posicionados os ícones para edição de texto, personagens, caracteres, ambientes, músicas e vídeos. Para este projeto, julgamos interessante definir a música logo no início da criação, pois, desta forma foi possível perceber como ficaria o vídeo. Na opção *Characters*, pode-se escolher o tipo de personagem e expressão que será usado nas cenas que comporão o infográfico animado. Os personagens podem ser editados por meio de ícones no personagem, que permitem fazer mudanças (**Figura 2**). Logo abaixo da cena, há uma linha do tempo em que aparecem as cenas e a duração dos personagens, textos e cenários. Neste campo pode-se editar o tempo em que cada elemento aparece.

**Figura 2** – Ícones para editar os movimentos dos personagens

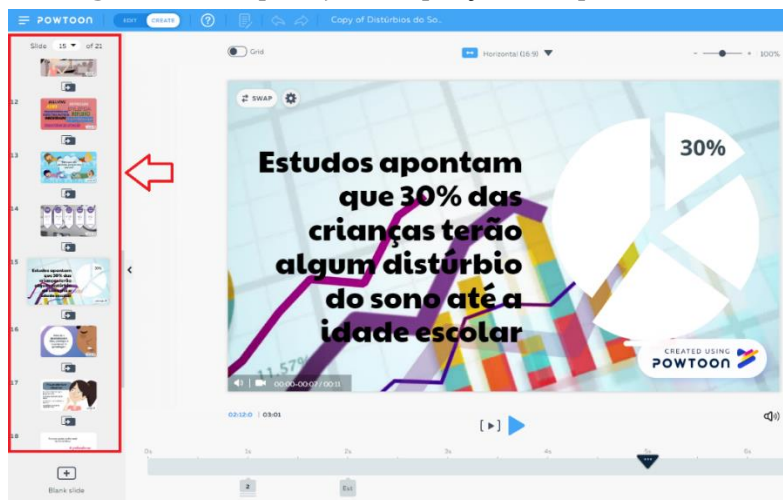


Fonte: Cenários no POWTOON. Disponível em:  
<https://www.powtoon.com/aboutus/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

Durante a edição das cenas, se pode ver, também, no canto superior esquerdo, os *slides* e a sequência de cada um. Aqui se acrescentou ou foram apagados os *slides*, criando todo o projeto. Todo o projeto fica exposto em *slides* no canto esquerdo (**Figura 3**).



**Figura 3** – Exposição do projeto na plataforma



Fonte: POWTOON. Disponível em:

<https://www.powtoon.com/aboutus/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

Durante a criação, o próprio POWTOON salva o projeto, mas é importante salvar manualmente em alguns momentos, clicando no ícone SAVE. Para publicar um projeto o POWTOON oferece várias versões de publicação, como no YouTube, pelo Facebook, Vímeo, dentre outros. Clicando na opção MY POWTOON, escolhe-se o projeto que vai ser publicado acessando o ícone EXPORT. Para a publicação no YouTube, é necessário ter um canal de vídeos. Escolheu-se assim uma conta para publicação e clicou-se em NEXT. A seguir, é solicitado que se escolha a opção de qualidade do vídeo, para a qual escolhemos a qualidade HD. Feito isso, o projeto será publicado no YouTube.

A **Figura 4** traz a imagem de apresentação do vídeo publicado no YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=YD3xlPBr-jc&t=2s>) e o QR Code para divulgação e acesso a esse vídeo infográfico.

**Figura 4** – Infográfico animado publicado e formas de acesso utilizando o QR Code



Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

Utilizando a plataforma POWTOON, foi criado um infográfico animado no formato de vídeo, de três minutos, que aborda na sequência os seguintes aspectos:

- a falta de sono pode ser um DS;
- alerta sobre a importância da qualidade do sono para a saúde, a memória e a aprendizagem;
- apresenta seis grupos de DS e os fatores que a eles estão associados;
- levanta o questionamento: “Será que não aprendo, porque não durmo?”
- aponta que o tempo de sono é determinante para a qualidade de vida e aprendizagem;
- indica a quantidade de horas de sono adequadas para recém-nascidos, crianças, adolescentes e jovens, até a idade de 17 anos;

- alerta sobre o índice de crianças que podem vir a apresentar algum DS até a idade escolar e seus prejuízos;
- assinala comportamentos que devem ser observados em relação ao sono;
- faz orientações quanto à necessidade de procurar ajuda profissional;
- finaliza destacando medidas de higiene do sono, que podem contribuir para sua melhora e qualidade.

Embora o uso da versão gratuita do POWTOON apresente limitações quanto ao uso de figuras e recursos adicionais, e traz a limitação de três minutos para a geração de um objeto de aprendizagem, considera-se que suas possibilidades de despertar o interesse no público em geral são satisfatórias, uma vez que um infográfico animado também deve ser curto e objetivo, para prender a atenção.

### **Considerações finais**

A tecnologia tem se apresentado como uma ferramenta que pode contribuir e facilitar a promoção e educação em saúde. Hoje, ela é parte fundamental da sociedade, e na educação vem modificando a forma de ensinar e aprender, sendo um recurso que pode ser utilizado por professores e alunos, para aproximar e alcançar um público que, cada vez mais, se encontra voltado ao uso destas tecnologias.

O infográfico é um recurso de fácil acesso e entendimento, constituindo-se como uma alternativa para divulgação, promoção, prevenção e educação em saúde. Neste estudo, utilizou-se esse recurso para orientar e esclarecer a importância do sono para a aprendizagem e para uma vida mais saudável, demonstrando ser uma alternativa que vai além do mero

comunicar de uma informação, mas também um recurso didático para orientar ações de prevenção e promoção à saúde.

Apesar do infográfico animado não ser algo novo, há escassez de estudos sobre seu uso para a promoção de saúde. Observamos mais infográficos estáticos sendo usados neste contexto, como, por exemplo: o Ministério da Saúde usa este recurso para divulgar assuntos pertinentes à saúde.

## Referências

BATISTA, G. A. **et al.** Associação entre a percepção da qualidade do sono e a assimilação do conteúdo abordado em sala de aula. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 36, n. 3, p. 315-32, 2018.

DORNELES, L. L. **Desenvolvimento de infográfico animado para o fortalecimento e disseminação de ações pedagógicas sobre educação permanente em saúde.** 2017. Dissertação (Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública) – USP, São Paulo, 2017.

FERREIRA, E. R.; PIRES, M. L. N.; SILVARES, E. F. M. Dificuldades na aplicação da intervenção comportamental para problemas de sono na infância. **Boletim da Academia Paulista de Psicologia**, São Paulo, Brasil, v. 38, n. 94, 2018.

FRANKLIN, A. M. **et al.** Correlação entre o perfil do sono e o comportamento em indivíduos com transtorno específico da aprendizagem. **CoDAS [on-line]**, v. 30, n. 3, 2018.

HALAL, C. S. E.; NUNES, M. L. Educação em higiene do sono na infância: quais abordagens são efetivas? Uma revisão sistemática da literatura. **Jornal de Pediatria**, v. 90, n. 5, p. 449-456, 2014.

NUDELMANN, M. M.; VIVIAN, A. G. Prevalência de distúrbios do sono e fatores associados em crianças de 0 a 3 anos de um bairro do sul do Brasil. **Aletheia**, v. 52, n. 2, p. 52-66, jul./dez. 2019.

NUNES, M. L.; BRUNI, O. Insônia na infância e adolescência: aspectos clínicos, diagnóstico e abordagem terapêutica. **Jornal de Pediatria**, v. 91, n. 6, supl.1, p. S26-35, 2015.

**POWTOON. About us.** Disponível em: <https://www.powtoon.com/aboutus/>. Acesso em: 20 nov. 2019.

VALLE, L. E. R.; VALLE, E. L. R.; REIMÃO, R. Sono e aprendizagem. **Revista Psicopedagogia**, v. 26, n. 80, p. 286-90, 2009.

# PARA QUÊ SERVEM AS ENZIMAS PRODUZIDAS PELOS FUNGOS?

Júlia Gabriele Dani

Fernanda Pessi de Abreu

Nikael Souza de Oliveira

Scheila de Avila e Silva



## Para que servem as enzimas produzidas pelos fungos?

**Público-alvo:** Alunos do Ensino Médio

**Conteúdo:** Enzimas, fungos

**Resumo:** Enzimas produzidas por fungos possuem importantes aplicações biotecnológicas, muitas vezes desconhecidas por alunos do Ensino Médio. Diante disso, o objetivo do presente capítulo foi adaptar o jogo *Boole* para facilitar a aprendizagem e suprir essa lacuna no ensino. Na atividade são utilizados cartões que contêm informações como: fungo produtor, enzima, função e aplicação econômica. Os alunos devem organizar os cartões recebidos, de acordo com as informações apresentadas pelo professor. No final da aplicação da atividade, os estudantes terão um conhecimento aprimorado da diversidade de fungos e sua importância para as atividades do nosso cotidiano.

### 1 Justificativa

As ciências naturais possuem diversas áreas negligenciadas, um exemplo é a Micologia. Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino de fungos está restrito à relação e participação desses organismos em processos de decomposição. Visto isso, assuntos como diversidade, ecologia e aplicação não são tratados no ensino básico. Além de preencher uma lacuna de conhecimento no Ensino Médio, a presente atividade tem potencial de expor relações entre organismos da natureza e atividades do dia a dia. Assim, quando a biotecnologia e a biodiversidade são trabalhadas de forma conjunta, os alunos



passam a ter recursos para pensar melhor sobre as questões ambientais.

## **2 Problema**

Desvalorização da biodiversidade fúngica e suas aplicações no ensino de ciências para o Ensino Médio.

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Conhecer grupos de enzimas produzidas por diferentes espécies de fungos, bem como suas aplicações biotecnológicas, por meio de uma adaptação do jogo *Boole*.

### **3.1 Objetivos específicos:**

1. entender a importância da diversidade fúngica, contextualizada com questões cotidianas;
2. conhecer as diversas aplicações de enzimas produzidas por fungos no nosso cotidiano;
3. compreender a importância dos fungos em aplicações econômicas;
4. exercitar o raciocínio lógico.

## **4 Referencial teórico**

### **4.1 Fungos e enzimas**

As enzimas são substâncias orgânicas naturalmente secretadas por animais, vegetais ou micro-organismos, destacando-se nesse aspecto os fungos. Além de desempenharem

papel importante no metabolismo desses organismos, essas substâncias podem ser aplicadas na indústria, acelerando reações químicas de modo eficiente e sustentável. Existem diversos tipos de enzimas, e estas são consideradas elementos-chave na biotecnologia, estando presentes em vários processos, incluindo: tratamento de efluentes, indústria têxtil e de papel, insumos para a agricultura, produção de bebidas e alimentos, fabricação de fármacos, dentre outros (MONTEIRO; NASCIMENTO, 2009; SINGH; GUPTA, 2020).

Os fungos são organismos popularmente conhecidos como cogumelos, mofos ou bolores. Eles pertencem ao reino Fungi, são eucarióticos e heterotróficos; podem ser filamentosos ou unicelulares, como as leveduras. Os multicelulares são formados por micélio, um conjunto de hifas, que podem ser cenocíticas ou septadas (SANTOS; JUNIOR, 2015). Além disso, esses organismos podem estar em diferentes ambientes, tais como: alimentos, água, solo, matéria em decomposição, geleiras ou até mesmo na beira de vulcões (CONNELL *et al.*, 2009; BALDISSERA, 2017; BERNARDI, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019; OLIVEIRA; MOREIRA, 2020). Para competir eficientemente com bactérias, animais, plantas e outros fungos, esses organismos desenvolveram diferentes mecanismos, como a liberação de enzimas. Essas substâncias auxiliam na degradação da matéria orgânica, bem como na sobrevivência em diferentes habitats (DEACON, 2006; HYDE, *et al.*, 2019).

## 4.2 Uso de jogos no ensino

Com o avanço das tecnologias e da sociedade em geral, o uso de metodologias diferenciadas se faz cada vez mais necessário, para tornar as aulas atrativas e facilitar a construção do conhecimento. Metodologias alternativas que incluam jogos e outras atividades lúdicas estão sendo cada vez

mais utilizadas. Estas proporcionam uma relação melhor entre aluno, professor e conhecimento. Além disso, os jogos estão entre os favoritos dos alunos, já que possibilitam uma forma divertida de aprendizagem. O seu uso como atividade complementar pode trazer benefícios para os estudantes e facilitar a aprendizagem, como descreve Fortuna:

Enquanto joga, o aluno desenvolve a iniciativa, a imaginação, o raciocínio, a memória, a atenção, a curiosidade e o interesse, concentrando-se por longo tempo em uma atividade. Cultiva o senso de responsabilidade individual e coletiva, em situações que requerem cooperação e colocar-se na perspectiva do outro. Enfim, a atividade lúdica ensina os jogadores a viverem numa ordem social e num mundo culturalmente simbólico (FORTUNA, 2003, p. 3).

Nesse contexto, o jogo *Boole* baseia-se na teoria matemática dos conjuntos, e seu nome é uma homenagem ao matemático *George Boole*. Foi criado com o objetivo de desenvolver o raciocínio lógico dos jogadores, visto que essa habilidade pode ser utilizada em diversas áreas do conhecimento. Na área da Educação, por exemplo, o aprendizado da lógica auxilia os estudantes no raciocínio, na compreensão de conceitos básicos e os prepara para o entendimento do conteúdo de tópicos avançados (AZOLIN, 2018).

Por esse ângulo, o jogo *Boole* pode ser uma ferramenta para o ensino, auxiliando o aluno a desenvolver a capacidade de relacionar o conteúdo com suas atividades diárias, permitindo a aplicação do conhecimento aprendido. O ensino de Ciências não deve ser meramente informativo, mas ir além, proporcionando ao aluno oportunidade de reflexão e ação, estimulando o jovem a ver o mundo de forma distinta. Desse modo, o aluno

deve ser capacitado a refletir sobre as mudanças e os fenômenos que ocorrem ao seu redor, a fim de compreendê-los (LIMA; BARBOSA, 2005).

## 5 Metodologia

O jogo que será apresentado nas próximas sessões é uma adaptação dos jogos *Boole*: histórias lógicas (<https://jogosboole.com.br/challenge>). Este consiste na solução de duas histórias com estruturas lógicas e na resolução de perguntas, propostas no final da aplicação do jogo. De modo geral, para resolver o problema apresentado o aluno deve dispor as cartas de forma a desenvolver uma relação lógica nas linhas horizontais e verticais. Por fim, a temática apresentada são as aplicações biotecnológicas de enzimas produzidas por fungos.

O jogo *Boole*: fungos e enzimas, é composto por duas fases que evoluem em grau de dificuldade. Para cada uma das fases são disponibilizados: (i) conjuntos de cartas que devem ser impressas e distribuídas individualmente para cada aluno (Apêndices I e II); (ii) cartões contendo os textos e as perguntas (Apêndices III e IV); (iii) cartões-resposta (Apêndices V e VI); e (iv) painéis para organização das cartas (Apêndices VII e VIII).

### Etapa 1: Apresentação do jogo

**Regras do jogo** (Apêndice IX): O professor deverá distribuir um conjunto de cartas (todos os jogadores recebem as mesmas cartas) e um painel para cada aluno. Após, ele iniciará a leitura do texto contido no cartão; a partir da leitura de cada sentença, os alunos deverão preencher seus respectivos painéis com as cartas. No final do jogo, os alunos deverão completar o preenchimento das lacunas com os cartões restantes e responder às questões do cartão.

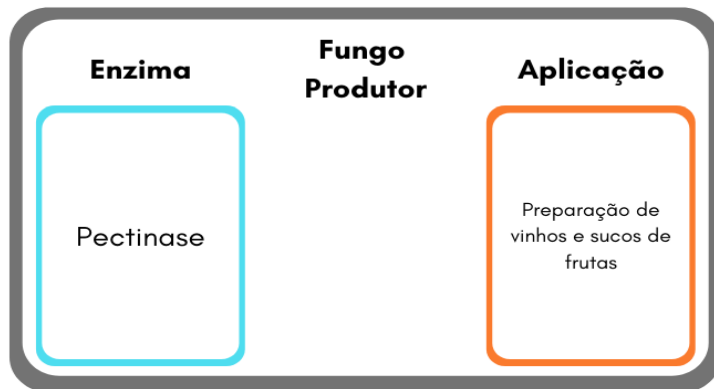
**Atividade:** O jogo deverá ser conduzido pelo professor, que irá distribuir as cartas e ler a história contida no cartão, juntamente com as sentenças. Cada aluno receberá um painel e um conjunto de cartas que deverá ser preenchido individualmente, o aluno que completar o painel corretamente vence o jogo.

## Etapa 2: Aplicação do jogo (passo a passo)

Para uma melhor compreensão da “jogabilidade”, a seguir será exemplificada a dinâmica do jogo utilizando a fase 1. Após a distribuição das cartas e dos painéis (Apêndices I e VII), o professor realizará a leitura da primeira sentença contida no cartão 1 (Apêndice III):

1º sentença: a enzima *pectinase* é utilizada para preparações de vinhos e sucos de frutas (**Figura 1**).

**Figura 1** – Exemplificação da 1ª sentença do jogo



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

2º sentença: a enzima *asparaginase* é produzida pelo fungo *Fusarium* sp. (**Figura 2**).

**Figura 2** – Exemplificação da 2ª sentença do jogo

Enzima	Fungo Produtor	Aplicação
Asparaginase	<i>Fusarium sp.</i>	
Pectinase		Preparação de vinhos e sucos de frutas

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

3º sentença: o tratamento de águas residuais oleosas é realizado com enzimas do fungo *Rhizomucor sp* (**Figura 3**).

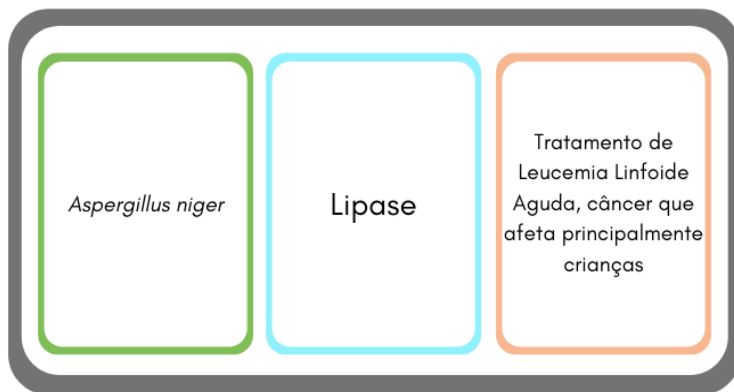
**Figura 3** – Exemplificação da 3ª sentença do jogo

Enzima	Fungo Produtor	Aplicação
Asparaginase	<i>Fusarium sp.</i>	
	<i>Rhizomucor sp.</i>	Tratamento de águas residuais oleosas
Pectinase		Preparação de vinhos e sucos de frutas

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Restaram as cartas que estão sendo representadas abaixo. Estas devem ser colocadas nas lacunas, seguindo a lógica já estabelecida. A verificação da ordem correta das cartas pode ser consultada no cartão-resposta (Apêndice V) (**Figura 4**).

**Figura 4** – Cartas que restaram após a leitura das sentenças



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

**Atividade:** Jogar o jogo *Boole: enzimas e fungos*, de forma individual mediada pelo professor.

### **Etapa 3: Avaliação da aprendizagem**

Finalizado o jogo, o professor deverá ler as perguntas contidas no cartão, com o objetivo de avaliar se os estudantes conseguiram organizar de forma lógica as cartas restantes e compreender o conteúdo proposto.

**Atividade:** Avaliar o processo de aprendizagem.



## Considerações finais

O conhecimento das inúmeras aplicações das enzimas produzidas por fungos, nos diversos momentos do cotidiano, facilita a compreensão dos alunos. Esses organismos são muito importantes, tanto para a vida diária do ser humano, quanto para a funcionalidade dos ecossistemas. Assim, esse tipo de atividade proporciona aos alunos maior valorização da biodiversidade dos fungos. O estabelecimento das relações existentes entre a ecologia dos fungos e o cotidiano do ser humano, gera maior valorização desses organismos. Adicionalmente, a atividade proposta estimula o raciocínio lógico e é uma ferramenta valiosa para o ensino das ciências naturais, ajudando o aluno a consolidar os conhecimentos aprendidos de forma aplicada.

## Referências

- AZOLIN, Beatriz Ribeiro. **Jogos Boole: redesign dos elementos visuais do jogo.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- BALDISSERA, Davi Ferrari. **Resistência de fungos filamentosos da Antártica a diferentes fatores ambientais.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências (Campus de Rio Claro), 2017.
- BERNARDI, Angélica Olivier. **Estudo da eficácia antifúngica de sanitizantes para controle de fungos deteriorantes em indústrias alimentícias.** 2019. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.
- CONNELL, Laurie **et al.** Fungal diversity associated with an active deep sea volcano: Vailulu'u Seamount, Samoa. **Geomicrobiology Journal**, v. 26, n. 8, p. 597-605, 2009.
- DEACON, Jim. **Fungal biology.** 4. ed. UK: Blackwell publishing, 2006.
- PEREIRA, Luan Filipe de Souza **et al.** Avaliação da presença de fungos no ar, água e areia de duas praias de Outeiro, Pará, Brasil/Evaluation of the presence of fungi in the air, water and sand from two beaches at Outeiro, Pará, Brazil. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 5, p. 4174-4187, 2019.



SANTOS, Elisandro Ricardo Drechsler dos; HORTA JUNIOR, Paulo Antunes.

**Material complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos.** Florianópolis: Universidade Federal de Florianópolis, 2015.

FONTOURA, Tânia Ramos. Jogo em aula: recurso que permite repensar as relações ensino-aprendizagem. **Revista do Professor**, v. 19, n. 75, p. 15-19, 2003.

HYDE, Kevin D. **et al.** The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. **Fungal Diversity**, p. 1-136, 2019.

LIMA, M. E. C. C.; BARBOZA, Luciana C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola**, v. 21, p. 39-43, 2005.

MONTEIRO, Valdirene Neves; SILVA, Roberto do Nascimento. Aplicações industriais da biotecnologia enzimática. **Revista Processos Químicos**, v. 3, n. 5, p. 9-23, 2009.

OLIVEIRA, Luiz Antonio; MOREIRA, Wesen. Colonização das raízes de plantas da Amazônia por fungos micorrízicos arbusculares. In: OLIVEIRA, Luiz Antonio et al. (org.). **Conhecimento, conservação e uso de FUNGOS**. 1. ed. Manaus: INPA, 2019. p. 53-.59

SINGH, Deepti; GUPTA, Neeraj. Microbial Laccase: a robust enzyme and its industrial applications. **Biologia**, p. 1-11, 2020.

# Apêndice 1

## Cartas da fase 1.

Asparaginase



Lipase



Pectinase



Preparação de  
vinhos e sucos de  
frutas



Tratamento de  
Leucemia Linfoide  
Aguda, câncer que  
afeta principalmente  
crianças



Tratamento de  
águas residuais  
oleosas



*Fusarium sp.*



*Aspergillus niger*



*Rhizomucor sp.*



## Apêndice 2.A

Cartas da fase 2.

Celulose



Lacase



Lactase



*Penicillium oxalicum*



*Pleurotus ostreatus*



*Saccharomyces  
fragilis*



Unicelular



Multicelular



*Multicelular*



## Apêndice 2.B

### Cartas da fase 2.

Degradação da  
biomassa vegetal



Degradação de  
corantes



Degradação da  
lactose



Produção de  
biocombustível  
(Etanol de Segunda  
Geração)



Tratamento de  
efluentes industriais  
contaminados por  
corantes



Produção de  
alimentos sem  
lactose



## Apêndice 3

Cartão contendo texto e perguntas da fase 1.

### Cartão 1



#### Texto 1

A enzima pectinase é utilizada para preparação de vinhos e sucos de frutas.

A enzima asparaginase é produzida pelo fungo *Fusarium* sp..

O tratamento de águas residuais oleosas é realizado com enzimas do fungo *Rhizomucor* sp..

#### Perguntas 1

A enzima pectinase é produzida por qual fungo?

O tratamento de Leucemia Linfóide Aguda, câncer que afeta principalmente crianças, ocorre com a utilização de qual enzima?

## Apêndice 4

Cartão contendo texto e perguntas da fase 2.

### Cartão 2

#### Texto 2



Os fungos *Penicillium oxalicum* e *Pleurotus ostreatus* são multicelulares. *Pleurotus ostreatus* produz enzimas utilizadas por indústrias no tratamento de efluentes contaminados por corantes. A lactase é produzida por um fungo unicelular. As enzimas produzida por *Penicillium oxalicum* tem função de degradar a biomassa vegetal. A lacase é produzida por *Pleurotus ostreatus*. Enzimas do fungo *Penicillium oxalicum* são aplicadas para produção de biocombustíveis (Etanol de Segunda Geração).

#### Perguntas 2

- Qual fungo produz lactase?
- Qual a função da enzima lacase?
- Qual enzima faz a degradação da biomassa vegetal?

## Apêndice 5

### Cartão-resposta da fase 1.

#### Cartão-resposta 1



#### Perguntas 1

A enzima pectinase é produzida por qual fungo? *Aspergillus niger*

O tratamento de Leucemia Linfoide Aguda, câncer que afeta principalmente crianças, ocorre com a utilização de qual enzima? *Asparaginase*.

#### Gabarito 1

Enzima	Fungo Produtor	Aplicação
Asparaginase	<i>Fusarium sp.</i>	Tratamento de Leucemia Linfoide Aguda, câncer que afeta principalmente crianças
Lipase	<i>Rhizomucor sp.</i>	Tratamento de águas residuais oleosas
Pectinase	<i>Aspergillus niger</i>	Preparação de vinhos e sucos de frutas

## Apêndice 6

### Cartão-resposta da fase 2.

#### Cartão-resposta 2



#### Perguntas 2

Qual fungo produz lactase? *Saccharomyces fragilis*

Qual a função da enzima lacase? Degradar corantes.

Qual enzima faz a degradação da biomassa vegetal? Celulase

#### Gabarito 2

Enzima	Fungo Produtor	Classificação do Fungo	Função da Enzima	Aplicação
Celulose	<i>Penicillium oxalicum</i>	Multicelular	Degradação da biomassa vegetal	Produção de biocombustível (Etanol de Segunda Geração)
Lacase	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Multicelular	Degradação de corantes	Tratamento de efluentes industriais contaminados por corantes
Lactase	<i>Saccharomyces fragilis</i>	Unicelular	Degradação da lactose	Produção de alimentos sem lactose



## Apêndice 7

Painel da fase 1.

Enzima	Fungo Produtor	Aplicação

## Apêndice 8

Painel da fase 2.

Enzima	Fungo Produtor	Classificação do Fungo	Função da Enzima	Aplicação
--------	----------------	------------------------	------------------	-----------

## Apêndice 9

### Regras do jogo.

#### Regras do Jogo



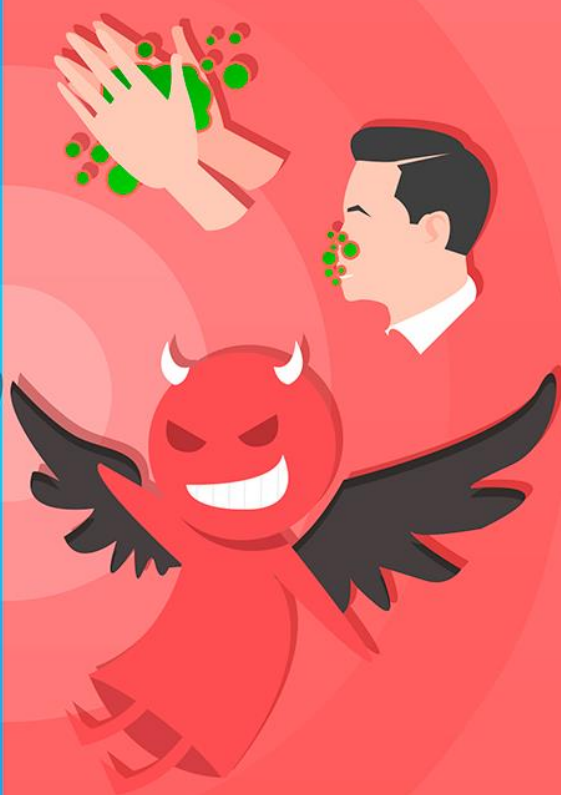
O professor deverá distribuir um conjunto de cartas e um painel para cada aluno (caso o aplicador julgue desnecessário, o painel pode ser dispensado). Será iniciada a leitura do texto contido no cartão. Após a leitura de cada sentença os alunos deverão completar os seus respectivos painéis com as cartas. Todos os jogadores recebem as mesmas cartas e devem seguir as instruções escritas no cartão. No final do jogo, os alunos deverão completar o preenchimento das lacunas com as cartas restantes e responder as questões contidas no cartão.



# MICROGANISMOS: MOCINHOS OU VILÕES?

DESMISTIFICANDO A BIOTECNOLOGIA PARA  
CRIANÇAS POR MEIO DO MÉTODO CIENTÍFICO

Willian Daniel Hahn Schneider



## Micro-organismos: mocinhos ou vilões?

**Público-alvo:** Turma do 4º ano do Ensino Fundamental

**Conteúdo:** Micro-organismos e suas aplicações

**Resumo:** O estudo dos seres vivos é sempre um assunto de grande interesse por parte dos estudantes, desde muito pequenos. No entanto, o estudo de micro-organismos, muitas vezes, é deixado de lado com a justificativa de que a escola não tem estrutura, como laboratórios, microscópios e reagentes, para estudar seres microscópicos. Inevitavelmente, em algum momento, estudantes questionarão: *Professor, e os micróbios, o que são? Plantas ou animais, ou, ainda, Mas por que estudar os micróbios? Eles são nojentinhos e somente causam doenças, disse a minha mãe.* É neste instante que percebemos o quão importante é o estudo desses seres vivos e, ainda mais, sua relação com a biotecnologia, uma vez que eles podem ser utilizados na fabricação de inúmeros produtos. Com este intuito, a presente proposta explorará esta temática com estudantes dos anos iniciais, fazendo-os refletir sobre a importância dos micro-organismos na decomposição da matéria orgânica, sua utilidade na produção de alimentos e a necessidade de hábitos de higiene pessoal, para evitar a contaminação por micro-organismos patogênicos. E o melhor de tudo isso: fazendo uso de atividades práticas embasadas no método científico, com recursos básicos disponíveis em qualquer escola.

### 1 Justificativa

A biotecnologia vem avançando gradativamente, apesar de não ocupar o merecido espaço nos diferentes níveis da

educação básica. Atualmente, diante da velocidade das inovações e conquistas da ciência e tecnologia, a biotecnologia tornou-se um tópico emergente, indispensável nas discussões nos espaços escolares. Podemos nos questionar: Por quais motivos a biotecnologia foi pouco explorada na educação básica, nas últimas décadas. Falta de estrutura nas escolas? Incompatibilidade com as propostas escolares? Dificuldade de entendimento pelos estudantes? Falta de interesse dos professores? Ou, quem sabe, falta de conhecimento e preparo dos professores para lidar com esse assunto? Se, nas etapas finais da educação básica, isto é, nos anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio, a biotecnologia ainda vem sendo menosprezada pelas escolas, podemos imaginar o quão pouco este assunto é trabalhado nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

A reformulação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça o ensino de assuntos interdisciplinares como a biotecnologia quando, na unidade temática *Vida e evolução*, propõe estudo dos seres vivos, suas características e necessidades (BRASIL, 2018). Quando nos referimos ao conteúdo *seres vivos*, é de praxe os professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental abordarem somente o reino animal e vegetal. O motivo talvez não esteja relacionado ao fato de desconhecem que existem os micro-organismos, principalmente o reino de fungos e bactérias, mas por não saberem como conduzir o aprendizado às crianças pequenas, quando se trata de seres vivos que, em sua maioria, são microscópicos. Entretanto, estabelecer uma relação entre esses seres microscópicos com a biotecnologia, como, por exemplo, na microbiologia aplicada, muitas vezes, se torna ainda mais difícil.

Considerando a importância que a biotecnologia tem na atualidade e as concepções, muitas vezes equivocadas, criadas

pelos estudantes a respeito desta temática, se justifica o desenvolvimento de uma proposta de plano de aula que desenvolve conceitos básicos de um dos ramos da biotecnologia e microbiologia aplicada, através da execução das etapas do método científico à luz da realidade da maioria das escolas públicas de nosso País.

## **2 Problema**

O que são micro-organismos? Os micro-organismos só fazem mal ao ser humano?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Desmistificar ideias errôneas e negativas relacionadas aos micro-organismos e, por meio de atividades práticas e lúdicas, empregando o método científico, reconstruir conceitos a respeito da função dos micro-organismos no meio ambiente e na sociedade, contrapondo seus benefícios e malefícios.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. conceituar micro-organismos;
2. diferenciar bactérias e fungos;
3. verificar a participação de micro-organismos na produção de alimentos;
4. relacionar a participação de bactérias e fungos no processo de decomposição da matéria orgânica na natureza, reconhecendo a importância ambiental desse processo;



5. propor, a partir do conhecimento das formas de transmissão de alguns micro-organismos, atitudes e medidas adequadas para a prevenção de doenças a eles associadas;
6. vivenciar a realização de experimentos relacionados à microbiologia aplicada, com recursos disponíveis na própria escola.

#### 4 Referencial teórico

A biotecnologia é um ramo da Ciência em constante ascensão, embora os primeiros registros de biotecnologia na humanidade datam de 7000 anos a.C., na Babilônia, e 4000 a.C., no Egito, quando os homens daquela época empregavam micro-organismos no processo de fermentação de bebidas alcoólicas e pães (AQUARONE *et al.*, 2001).

O conceito de biotecnologia foi se expandindo com o passar dos anos e, no século XXI, esse ramo da ciência vem cada vez mais sendo verbalizado pelas pessoas. Ainda hoje, o conceito mais adotado para definir biotecnologia é o da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1992:

Biotecnologia significa qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica (BRASIL, Convenção de Biodiversidade, 1992, art. 2).

E como inserir esse campo da Ciência tão fantástico para o contexto de uma sala de aula dos anos iniciais? Os cidadãos, além de ser alfabetizados, necessitam ser educados cientificamente, processo que já deve ser iniciado ainda na infância (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007; DANELUZ *et al.*, 2016). A

nova BNCC (BRASIL, 2018) reporta que, ao longo do Ensino Fundamental, as Ciências da Natureza devem ter o compromisso do letramento científico, que consiste no entendimento dos fenômenos que acontecem no mundo e como transformá-lo, a partir de conhecimentos científicos.

O entendimento sobre o que são micro-organismos, o seu comportamento na natureza e suas aplicações em produtos biotecnológicos é fundamental para as tomadas de decisão sobre seu uso para a saúde, por exemplo. Desenvolvendo habilidades e competências inerentes a essa temática já na Educação Infantil e nos anos iniciais do Ensino Fundamental, maiores serão as chances de formar cidadãos que possuam conhecimentos, compreensão e consciência da ciência e da tecnologia, na sociedade (RIBEIRO; BENITE, 2013).

No entanto, como desenvolver noções de biotecnologia para crianças? Como despertar o interesse das crianças para essa área do aprendizado? De que forma essa temática pode ser significativa e prazerosa para os pequenos aprendizes? Cardoso (2013) defende o uso de atividades práticas no ensino de Ciências, no intuito de atingir melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem. Todavia, as aulas práticas não precisam ser necessariamente em um laboratório, com relatórios detalhados, pois a aprendizagem será mais significativa para o estudante, se o mesmo utilizar materiais que estão disponíveis no seu dia a dia (ATAIDE; SILVA, 2011).

Segundo Piaget, atividades práticas como as experiências, favorecem a construção do conhecimento pela criança, uma vez que induzem a observar, pensar e agir. Além disso, atividades práticas e experimentais promovem avanços na zona de desenvolvimento proximal, defendida por Vygostky, em sua teoria sociointeracionista (FOSSILE, 2010).

Levar em conta as curiosidades e os saberes das crianças, isto é, seus conhecimentos prévios, é primordial em qualquer processo de ensino e aprendizagem. No planejamento de uma atividade prática e/ou experimental, não é diferente. Neste sentido, o uso de método científico (observação, problematização, formulação da hipótese, experimentação e teoria) é crucial, sendo a forma mais fidedigna de conduzir uma atividade prática e/ou experimental (BOCASANTA, 2018).

Na literatura, há poucos relatos de projetos ou propostas de ensino de biotecnologia para crianças. Os poucos estudos, em contrapartida, concluem que iniciativas envolvendo o ensino de temas transversais em Ciências Naturais, como a Biotecnologia, apoiadas no método científico, auxiliam a modificar o paradigma atual sobre o que se entende por biotecnologia, formando sujeitos autônomos e capacitados a buscarem melhorias para si e para o meio em que vivem, além de despertar o interesse de crianças por carreiras científicas (DANELUZ, 2016; BOCASANTA, 2018).

## **5 Metodologia**

A presente proposta será dividida em quatro etapas, que correspondem a quatro aulas de Ciências, com duas horas-aula cada.

### **Etapa 1: Observando micro-organismos**

#### **Atividade: Experiência “Que seres vivos são esses?”**

Para que esta atividade seja realizada, é importante que os estudantes já saibam conceituar seres vivos e diferenciá-los em grandes grupos (reinos), distinguindo, nesta faixa etária, possivelmente os seres vivos mais evoluídos (plantas e animais).

Partindo deste pressuposto, para introduzir o estudo dos micro-organismos, o professor realizará dois experimentos concomitantemente. Para tanto, dividirá a turma em duplas ou trios. O primeiro experimento consiste na elaboração de um meio de cultura caseiro que será utilizado como meio de crescimento para esses micro-organismos. O professor poderá preparar o meio de cultura na própria escola (na cozinha, por exemplo, se permitirem). Para preparar o meio de cultura serão necessários:

- duas colheres de copa de açúcar;
- uma colher de chá de sal;
- um pacotinho de gelatina sem sabor;
- água quente.

Depois de misturados os ingredientes, mexendo sempre em fogo baixo até formar uma substância pastosa, o meio de cultura deverá ser transferido para frascos de vidro, limpos e esterilizados previamente com água fervente (frascos de vidro de café pequenos são ideais para esse experimento). Preencher com meio de cultura até um terço do volume do frasco de vidro. A receita do meio de cultura é suficiente para quatro ou cinco frascos de vidro. Outra opção, na ausência de frascos de vidro, são copinhos plásticos (aqueles de cafezinho ou chá). Os frascos precisam ser ligeiramente fechados e deve-se esperar o meio de cultivo esfriar e solidificar.

Preparados os meios de cultura, o professor explicará aos alunos que serão coletadas algumas amostras na sala de aula e fora dela, as quais serão esfregadas com um cotonete nos meios de cultura. Numa linguagem simples, será explicado que os ingredientes colocados no meio de cultura estarão representando um “alimento”, uma “comida” nessa experiência. Cada dupla ou trio receberá uma amostra para coletar com o cotonete e transferir para o meio de cultura, inclusive amostras

de seu próprio corpo. Sugestões de amostras: *saliva de um aluno, cera do ouvido, meleca do nariz, palma da mão, ponta do lápis, celular, cédula ou moeda de dinheiro, chave de carro, maçaneta da porta da sala de aula, bebedouro da escola, folha de uma árvore e uma condição-controle (sem nenhuma amostra).*

Assim que os alunos esfregarem o cotonete na amostra e transferirem para o frasco de vidro (com movimentos estriados), o mesmo deve ser ligeiramente fechado. Se usar copinhos plásticos de cafezinho, utilizar um plástico filme para fechá-los. O professor entregará aos estudantes uma folha-relatório da experiência (Anexo 1), para completarem com as etapas já realizadas (materiais e procedimentos). A intenção do relatório não é obrigar a criança a registrar detalhes da experiência, mas sim ter a consciência de que o registro é muito importante nas experiências científicas. Além do mais, as crianças aprendem vendo, ouvindo e escrevendo, além de adorarem fazer registros em forma de desenhos.

Em seguida, os frascos de vidro serão armazenados dentro do armário da sala de aula, um local escuro e úmido, favorecendo o crescimento dos micro-organismos. O experimento será concluído, após um prazo de aproximadamente 15 dias.

O segundo experimento consiste em analisar o que acontecerá com uma fatia de pão e uma fruta (qualquer fruta) ao serem colocados em frascos de vidro, previamente esterilizados com água quente. Estes frascos não precisam ser fechados com nenhum tipo de material. Estes frascos também deverão ser armazenados junto com os demais dentro do armário, por um período de, no mínimo, 15 dias. Os estudantes também registrarão as etapas deste experimento na folha-relatório (Anexo 1).

É importante que os estudantes não vejam o que está acontecendo com os experimentos, antes de passar os 15 dias; somente o professor deverá acompanhar esse interstício. Enquanto isso, o professor deverá indagar os estudantes sobre o que eles acham que acontecerá em cada um dos experimentos, estimulando a verbalização dos conhecimentos prévios, etapa fundamental da metodologia científica. Para tanto, sugere-se que seja criado um cartaz coletivo (em papel pardo ou cartolina), conforme demonstrado no Anexo 2, preenchendo a primeira coluna. O cartaz deve permanecer fixado em algum espaço da sala de aula.

Passados os 15 dias, os resultados dos experimentos deverão ser verificados e registrados na folha-relatório (conclusões, Anexo 2). Certamente, os estudantes ficarão surpresos com o crescimento dos micro-organismos. Nesse momento, deverá ser explicado, então, o que são esses micro-organismos, isto é, pequenos seres vivos ou microvida, e a diferença existente entre os micro-organismos que cresceram sobre o pão/fruta e o meio de cultivo à base de gelatina: bactérias (pontos coloridos ou translúcidos) e fungos (círculos “cabeludos”, bolores).

Será o momento oportuno para o professor confrontar os resultados obtidos com os conhecimentos prévios dos estudantes, apontados no cartaz coletivo, completando a segunda coluna do cartaz (Anexo 2). Desta forma, os estudantes aceitarão ou refutarão as hipóteses iniciais, construindo conhecimentos. Aspectos importantes a serem discutidos:

- Será que esses micro-organismos vivem sozinhos ou em grupos?
- De que forma podemos enxergar melhor esses seres vivos?

- Qual a importância desses micro-organismos para o meio ambiente?
- Será que esses micro-organismos fazem somente mal aos demais seres vivos?
- Será que eles trazem algum benefício?

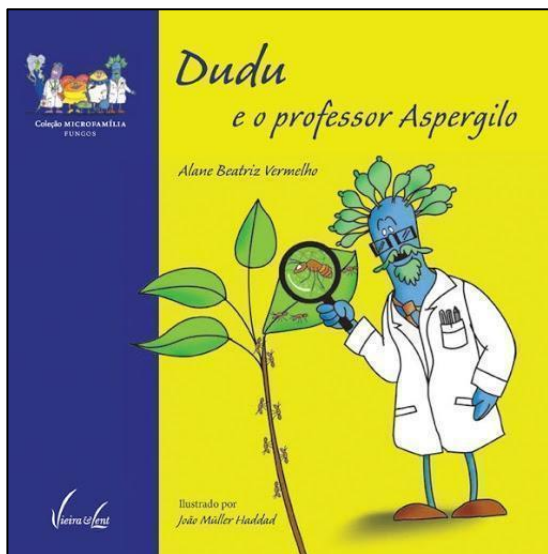
## **Etapa 2: Colocando a mão na massa**

### **Atividade: Experiência “Por que o pão cresce?”**

Para desmistificar a ideia errônea de que os micro-organismos somente fazem mal ao ser humano, sugere-se a “contação” de um dos livros da “Coleção Microfamília”, chamado *Dudu e o professor Aspergilo* (**Figura 1**), de Alane Beatriz Vermelho (VERMELHO, 2010). O livro conta a história de um aluno - o Dudu - que apresenta aos seus colegas um novo amiguinho do seu mundo imaginário, chamado professor Aspergilo, que nada mais é do que um fungo (aqueles responsáveis pelo mofo no pão, em frutas). O livro retrata, de forma simples e criativa, a importância dos fungos como decompositores nas cadeias alimentares, bem como sua aplicação na produção de bens de interesse, como antibióticos, como é o caso da penicilina, na produção de queijos, como o *Roquefort*.



**Figura 1** – Livro Dudu e o professor Aspergilo



Fonte: Vermelho (2010).

Contada e explorada a história, o professor realizará o experimento “Por que o pão cresce?”, a fim de evidenciar o processo fermentativo realizado pelos fungos (neste caso, as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, um fungo unicelular), conforme Anexo 3. Os alunos verificarão ou não o enchimento de bexigas (balões) colocadas no bico de garrafinhas plásticas (500 mL), contendo diferentes ingredientes:

- água fria, sal e açúcar (garrafinha 1);
- água morna, sal e açúcar (garrafinha 2);
- água fria, sal, açúcar e fermento biológico (garrafinha 3);
- água morna, sal, açúcar e fermento biológico (garrafinha 4).

O experimento deve ser conduzido com água morna (não superior a 35°C). Explorar com os estudantes o que é o fermento biológico que se compra no mercado. Explicar que este fermento nada mais é que um fungo microscópico



chamado *Saccharomyces cerevisiae* (mostrar figuras desta levedura, Anexo 4).

Sugere-se que diferentes condições sejam testadas, e esse comparativo é importante para constatarem que, sem o fermento, a bexiga não enche, ou seja, não há a liberação de gás carbônico pelas leveduras. E que, colocando-se água quente ao invés de água fria, o processo de multiplicação das leveduras é acelerado. Assim, os estudantes concluirão que o pão cresce devido à liberação de gás carbônico pelas leveduras que estão se alimentando da farinha e de outros ingredientes da massa do pão. Explicar que este processo é chamado de *fermentação*. E que ele corre na ausência de oxigênio ou em condições mínimas deste gás.

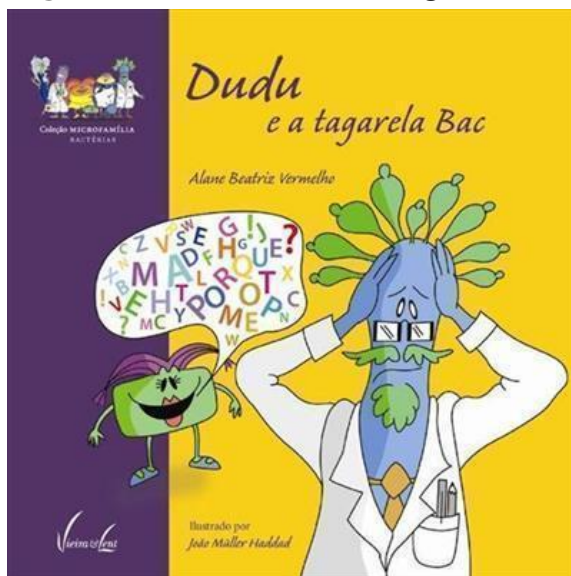
### **Etapa 3: Colocando a mão na massa**

#### **Atividade prática: “Como é feito o iogurte?”**

Na aula seguinte, sugere-se que o professor conte a história *Dudu e a tagarela Bac (Figura 2)*, também de autoria de Alane Beatriz Vermelho (VERMELHO, 2011). É mais um livro da coleção Microfamília e, neste, o menino Dudu, conta à sua mãe as peripécias de outra amiguinha imaginária, a Bac, isto é, uma bactéria. Novamente, o livro exemplifica a importância, agora das bactérias, na natureza, na flora intestinal, na digestão de alimentos em seres vivos, como em ruminantes, na produção de alimentos, como o iogurte, queijo, dentre outras utilidades.



**Figura 2** – Livro Dudu e a tagarela Bac



Fonte: Vermelho (2011).

Na sequência, o professor, preferencialmente, levará os estudantes para o refeitório ou a cozinha da escola, para fazerem iogurte, uma vez que este é um dos benefícios das bactérias. Para acompanhar a atividade, será entregue uma folha-relatório a ser preenchida etapa por etapa (Anexo 5). Para tanto, serão necessários:

- uma panela;
- dois litros de leite;
- um sachê de lactobacilos vivos (encontrados em certos mercados ou lojas de produtos naturais).

O leite deverá ser aquecido, primeiramente, a 85 °C (desligar o fogo um pouco antes de começar a ferver), e depois deixá-lo esfriar até uma temperatura de mais ou menos 40°C, temperatura ideal para os lactobacilos atuarem. Na sequência, inserir os lactobacilos vivos. Tapar a panela com um pano

limpo e deixar repousar por, no mínimo, doze horas. No dia seguinte, o professor continuará com o experimento. O conteúdo será transferido para potes pequenos e limpos (sugestão: potinhos de plástico de iogurte, um para cada estudante) e levar à geladeira por, no mínimo, duas horas. O iogurte estará pronto! Para agradar o paladar dos estudantes, o iogurte poderá ser adoçado! Uma calda de morango será sempre bem-vinda!

No processo de formação do iogurte, explicar que os lactobacilos são bactérias (mostrar imagens de lactobacilos, Anexo 6) que se alimentam do açúcar do leite, a lactose. Ao consumirem a lactose, essas bactérias vão liberando um ácido, chamado ácido láctico, responsável pela mudança de textura do iogurte e seu gosto mais azedo (ácido). Além disso, estas bactérias também liberam o gás carbônico que não vemos diretamente.

Ressaltar com os estudantes que este é mais um processo chamado de *fermentação*, muito semelhante à fermentação do pão. Também ocorre na ausência de oxigênio.

#### **Etapas 4: Combatendo micro-organismos vilões**

##### **Atividade prática: “A importância de lavar a mão com água e sabão”**

Para finalizar a sequência didática de experimentos envolvendo a temática dos micro-organismos, após verificar que esses seres vivos podem ser tanto úteis como prejudiciais aos seres vivos, sugere-se uma atividade prática conscientizando os estudantes sobre a importância de manter a higiene pessoal para evitar doenças.

Para tanto, o experimento de quebra da tensão superficial com água e sabão é uma boa sugestão. O experimento poderá ser realizado em duplas e não será necessário relatório. Para realizar o experimento, serão necessários:

- um prato com água e orégano;
- um prato com água e sabão líquido, preferencialmente, incolor.

Primeiramente, sugere-se que cada estudante coloque o dedo indicador dentro do prato com água e orégano e veja que nada acontecerá no prato; além disso, o orégano fica aderido ao dedo. Na sequência, solicita-se que cada estudante coloque o mesmo dedo (com orégano aderido) no prato com água e sabão e veja o que sucederá. O dedo ficará limpo, uma vez que o orégano se desprende do dedo e permanece no prato. Em seguida, solicita-se ao estudante que coloque este dedo no prato com água e orégano, para ver que acontecerá. O orégano espalhado pela superfície da água, instantaneamente, será repellido do ponto de contato, no qual o estudante colocou o dedo antes imerso no prato com água e sabão. Alguns tutoriais estão disponíveis na internet e explicam como realizar essa atividade:

<https://www.youtube.com/watch?v=uOF9TXCXvQM>

<https://www.youtube.com/watch?v=6gKg-YB42xA>

Este fenômeno é explicado pela quebra da tensão superficial da água na presença de sabão. Sem aprofundar muito o conceito, uma vez que o mesmo ainda é um tanto complicado para esta faixa etária, explicar brevemente que o sabão ajuda a eliminar micro-organismos invisíveis, como as bactérias, uma vez que o sabão é uma substância que ajuda a unir a água com a gordura. Micro-organismos como as bactérias são protegidos por capas de gorduras, conhecidos como membranas. O sabão rompe essa proteção, fazendo com que as bactérias morram.

## Considerações finais

Propostas de ensino e práticas que envolvam a biotecnologia necessitam ser incentivadas nos espaços escolares, desde muito cedo. É necessário desenvolver estratégias, simples e exequíveis, condizentes com a realidade das escolas de nosso espaço-território e que cheguem ao encontro do maior número de educadores. Estes, por sua vez, atuarão como multiplicadores dessas ideias, difundindo a biotecnologia e contribuindo com a formação de cidadãos com consciência científica. O estudo dos micro-organismos e de suas aplicações no cotidiano, por exemplo, pode ser um bom ponto de partida!

## Referências

- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A. Biotecnologia na produção de alimentos. **Biotecnologia industrial**. São Paulo, SP: Blucher, v. 4, p. VII, 2001.
- ATAIDE, M.C.E.S.; SILVA, B.V.C. As metodologias do ensino de Ciências: contribuições da experimentação e da história e filosofia da Ciência. **Holos**, Rio Grande do Norte, IFRN, v. 6, p. 171-181, set. 2011.
- BOCASANTA, D. M. Método científico ao alcance de todos: uma análise da iniciação científica nos anos iniciais do ensino fundamental, **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 501-527, ago. 2018.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 30 jun. 2020.
- BRASIL. **Convenção da Biodiversidade**. Art. 2. p. 9, 1992. Disponível em: [https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf\\_chm\\_rbbio/\\_arquivos/cdbport\\_72.pdf](https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/cdbport_72.pdf). Acesso em: 12 jul. 2020.
- BRASIL ESCOLA. Química do pão. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/quimica-pao.htm>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- CARDOSO, F. S. O uso de atividades práticas no ensino de Ciências: na busca de melhores resultados no processo de ensino e aprendizagem. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro Universitário Univates, Lajeado, RS, 2013.
- DANELUZ, L. O.; PINTO, L. S.; DODE, L. B.; CAGLIARIL, R.; PINTO, P. N. Biotecnologia para crianças: desmistificando conceitos e difundindo a biotecnologia. **Expressa Extensão**, Pelotas, RS, v. 21, p. 162-173, 2016.

FOSSILE, D. K. Construtivismo **versus** sociointeracionismo: uma introdução às teorias cognitivas. **Revista Alpha**, Patos de Minas, UNIPAM, 2010. Disponível em: [https://revistas.unipam.edu.br/index.php/revistaalpha/documents/18125/23730/construtivismo\\_versus\\_socio\\_interacionsimo.pdf](https://revistas.unipam.edu.br/index.php/revistaalpha/documents/18125/23730/construtivismo_versus_socio_interacionsimo.pdf). Acesso em: 11 jul. 2020.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO M. **Ensino de ciências e cidadania**, 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007.




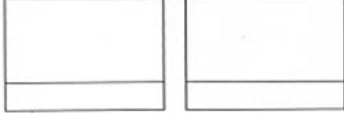
RIBEIRO E. B. V.; BENITE A. C. Alfabetização científica e educação inclusiva no discurso de professores formadores de professores de ciência. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 19, n. 3, p. 781-794, 2013.

VERMELHO, A. B. **Dudu e o professor Aspergilo**. Rio de Janeiro, RJ: Vieira e Lent, 2010.

VERMELHO, A. B. **Dudu e a tagarela Bac**. Rio de Janeiro, RJ: Vieira e Lent, 2011.

## Anexo 1

### Folha-relatório da experiência 1 e 2.

EXPERIÊNCIA Nº ____:	
<b>QUE SERES VIVOS SÃO ESSES?</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MATERIAIS:</li> <li>✓ _____</li> <li>✓ _____</li> <li>✓ _____</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ PROCEDIMENTOS:</li> </ul> _____ _____ _____ _____	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O QUE VOCÊ OBSERVOU E CONCLUIU?</li> </ul>	
	
_____ _____ _____	
EXPERIÊNCIA Nº ____:	
> O que há dentro dos frascos?	> O que aconteceu depois de uma semana?
	
> O que você concluiu?	
_____ _____ _____	

Fonte: Elaboração do autor.

## Anexo 2

Cartaz coletivo sobre o experimento 1 e 2.

<b>O que achamos que vai acontecer?</b>	<b>O que realmente aconteceu?</b>
-	-
-	-
-	-
-	-
...	...

Fonte: Elaboração do autor.



## Anexo 3

Folha-relatório da experiência 3.

EXPERIÊNCIA Nº \_\_\_\_:

### POR QUE O PÃO CRESCE?

▪ MATERIAIS:

---

---

---

---

---

---



▪ PROCEDIMENTOS:

---

---

---

---

---

▪ RESULTADOS E DISCUSSÃO:



Fonte: Brasil Escola

---

---

---

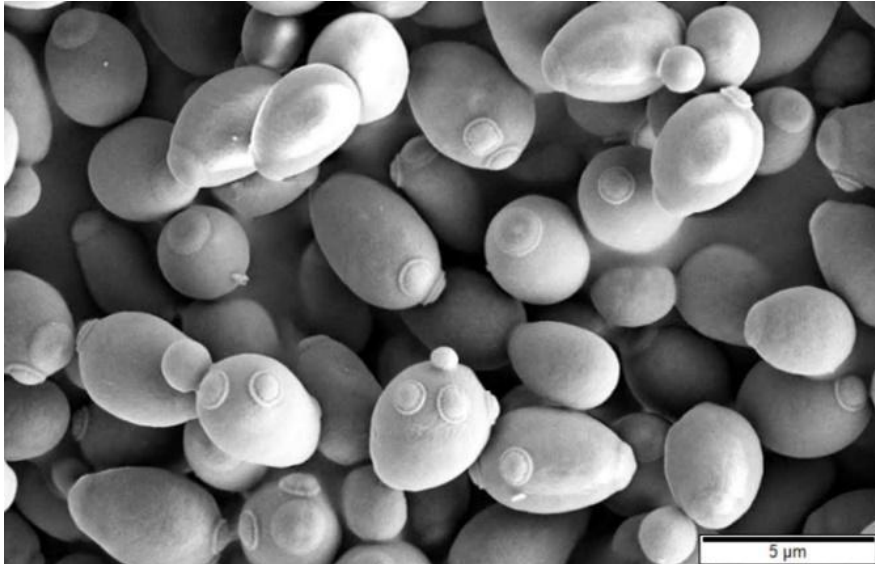
---

---

Fonte: Elaboração do autor.

## Anexo 4

### *Saccharomyces cerevisiae*



Fonte: Disponível em:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces\\_cerevisiae](https://en.wikipedia.org/wiki/Saccharomyces_cerevisiae). Acesso em:  
20 jul. 2020

## Anexo 5

Folha relatório da experiência 5.

EXPERIÊNCIA N° \_\_\_\_:

### COMO É FEITO O IOGURTE?

▪ **MATERIAIS:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



▪ **PROCEDIMENTOS:**


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

▪ **RESULTADOS E DISCUSSÃO:**

- Como se chamam esses micro-organismos?  \_\_\_\_\_

- São bactérias ou fungos? \_\_\_\_\_

- Qual a função deles no iogurte? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

- Por que o iogurte natural tem um gostinho azedo? \_\_\_\_\_

- Por que precisamos aquecer primeiramente o leite em torno de 85 °C? \_\_\_\_\_

- Por que podemos adicionar os lactobacilos somente quando a temperatura do leite baixar para mais ou menos 40 °C? \_\_\_\_\_

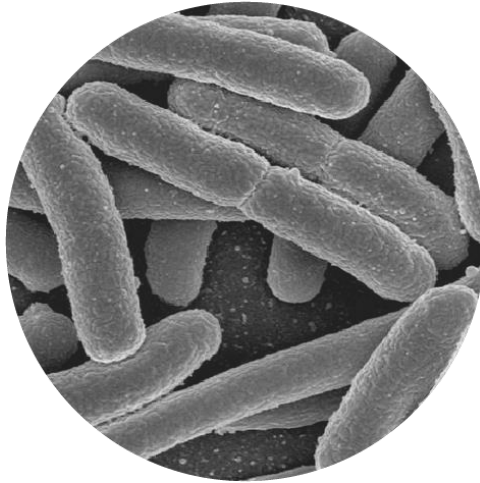
- Que outro produto pode ser produzido com esses micro-organismos? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Fonte: Elaboração do autor.

## Anexo 6

*Lactobacillus acidophilus*

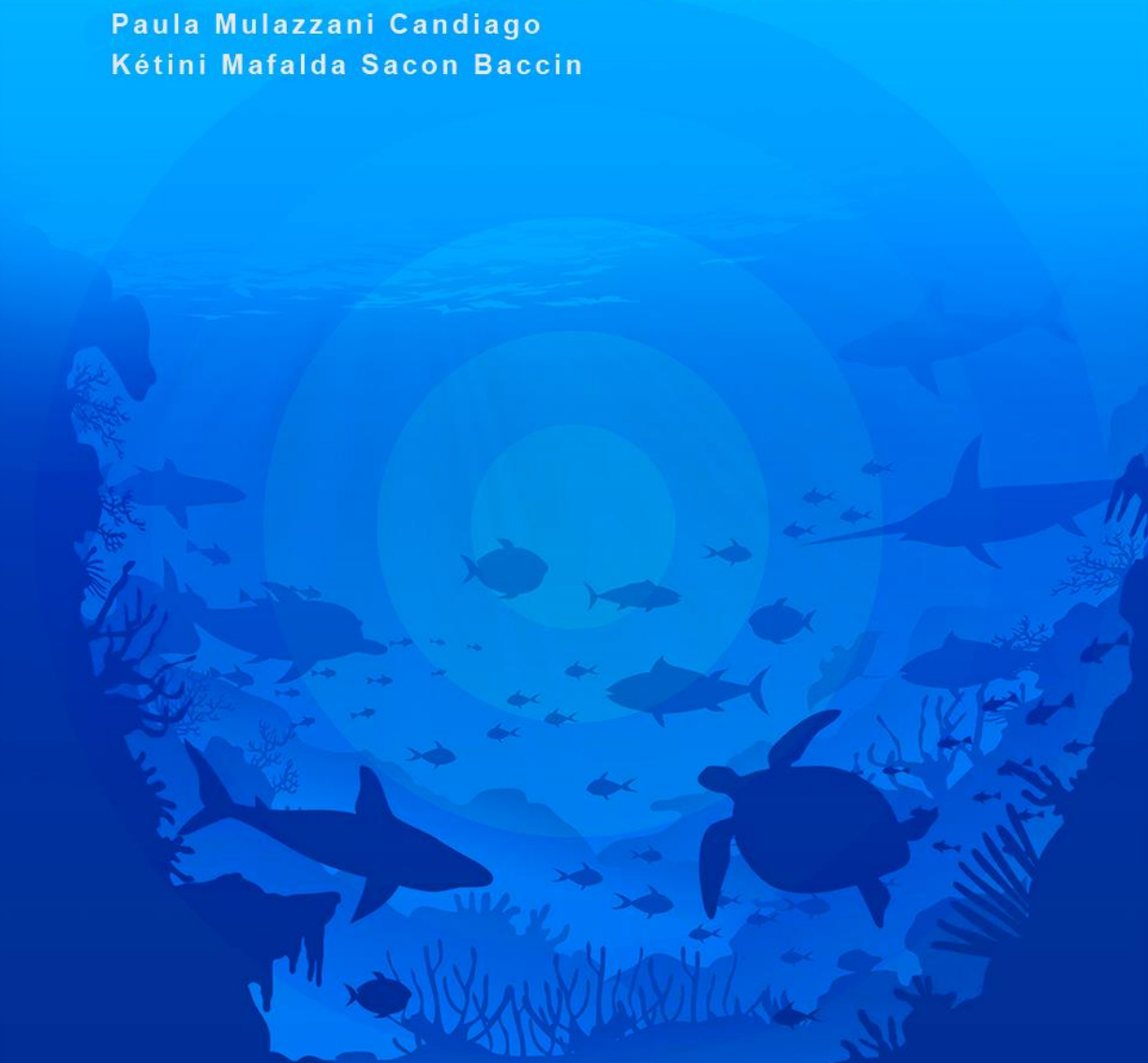


Fonte: Disponível em: <https://blog.biologicus.com.br/lactobacillus-acidophilus-saiba-um-pouco-mais/>. Acesso em: 20 jul. 2020

# BIOTECNOLOGIA AZUL PARA UMA CULTURA OCEÂNICA

Paula Mulazzani Candiago

Kétini Mafalda Sacon Baccin



## **Biotecnologia azul para uma cultura oceânica**

**Público-alvo:** Turmas de 6º, 7º, 8º e 9º anos do Ensino Fundamental.

**Conteúdo:** bioluminescência, biomimética e organismos marinhos.

**Resumo:** O oceano desempenha um papel fundamental em toda a vida na Terra, atuando na transferência de calor, absorção do CO<sub>2</sub> e regulação do clima, além de estar historicamente associado à evolução do homem, fornecendo sustento e alimento e servindo como via de transporte e logística. Sua natureza dinâmica favorece e abriga a maior biodiversidade de ecossistemas e organismos do Planeta, sendo o lar de muitas espécies conhecidas e desconhecidas, que apresentam grande potencial para a biotecnologia. Embora seja explícita a importância do oceano, pouco se conhece sobre ele e, conseqüentemente, pouco se ensina e se preserva. Buscando mudar esse cenário, a Organização das Nações Unidas (ONU), junto com a comunidade científica e ativistas, lançaram a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, também chamada de Década do Oceano, que propõe mobilizar recursos e inovação tecnológica para elaborar estratégias de ensino e conscientização em sete temáticas fundamentais, durante o período de 2021 a 2030. O intuito é colaborar com esses ideais e relacionar os conhecimentos marinhos e a biotecnologia; este capítulo propõe atividades que abrangem dois princípios essenciais da Cultura Oceânica (n. 5 – O oceano suporta uma imensa diversidade de vida e de ecossistemas; n. 6 – O oceano e a humanidade estão fortemente interligados), abrangendo conteúdos como a bioluminescência, biomimética, a arte e a cultura, bem como o plástico, além do desenvolvimento de um jogo de cartas baseado em organismos

marinhos, que apresentam potencial biotecnológico, chamado *Super Octopus Biotecnologia*.

## 1 Justificativa

A sustentabilidade pode ser definida como o desenvolvimento presente de ações responsáveis, por parte de cidadãos e sociedade, para um futuro quando a justiça social e a gestão ambiental andem junto com o desenvolvimento socioeconômico. Atualmente, possuímos um modelo de desenvolvimento centrado no crescimento econômico, a partir de padrões insustentáveis de produção e consumo, por isso a educação deve contribuir para essa ideia de desenvolvimento sustentável, a partir de uma educação que empodera os sujeitos de aprendizagem (UNESCO, 2016).

A educação deve desenvolver o pensamento crítico, o julgamento independente e o debate, favorecendo a compreensão de contextos socioculturais e socioambientais locais e globais, e visando uma reflexão crítica para a construção das bases que irão gerar equilíbrio entre produção, aprendizagem, criatividade, solução de problemas e convivência harmônica com a natureza (RIO GRANDE DO SUL, 2016; UNESCO, 2016). Para despertar essa tomada de consciência e responsabilidade, é necessário que as pessoas se inteirem sobre os fenômenos fundamentais à vida como os que estão ligados ou são dependentes da água, elemento que possui um vínculo histórico, econômico e biológico com a nossa espécie (BRUNI, 1993).

Segundo a publicação *Cultura oceânica para todos* (2020a), da Unesco, a “cultura oceânica é a influência do oceano em nós e a nossa influência no oceano”, é a busca dessa relação dos cidadãos com o oceano, de conhecer a conexão entre a vida cotidiana e a saúde do meio ambiente marinho e das

regiões costeiras, para que mudanças comportamentais possam ser realizadas. Hoje em dia, em muitas regiões, o oceano não está incluído em currículos escolares; falta a familiarização dos sujeitos de aprendizagem com o meio marinho, devido a um viés terrestre nos currículos (UNESCO, 2020a; FAUVILLE, 2018). Então, como podemos saber como somos influenciados e influenciados o oceano, com vistas um futuro sustentável, se não conhecemos nem falamos sobre o tema?

Um dos meios para promover a alfabetização oceânica é por meio da educação em ciências marinhas, porém, hoje, os estudos sobre o mar são tratados de maneira anedótica (FAUVILLE, 2018). Além disso, muito da falta de incentivo ao estudo desse ambiente se deve à menor quantidade de pessoas que vivem próximas à costa; a dificuldade de acessar o ambiente costeiro, e ao fato de que a maior parte dos processos e da biodiversidade que ocorre no oceano não poder ser observada diretamente da costa (UNESCO, 2020a).

Além disso, podemos citar a ainda desconhecida biotecnologia azul ou biotecnologia marinha, que está relacionada a seres vivos que apresentam muitas substâncias desconhecidas para a ciência, e que são frutos do seu metabolismo ou também são usadas para comunicação, defesa, competição e reprodução. Segundo Brasil (2010 p. 12), “uma substância que atua como mediador químico para um organismo pode ser a esperança para o tratamento ou cura de muitas doenças conhecidas”.

Enfim, o desenvolvimento de uma ciência, cultura, conservação, restauração e uso sustentável do oceano transdisciplinar deve ser estimulado, visto que ele provém serviços de provisionamento (ex.: peixes, mariscos, algas, produtos de saúde, entre outros), serviços reguladores (ex.: proteção da costa contra tempestades, furacões, maremotos, armazenamento



de carbono, entre outros) e serviços culturais (ex.: recreações, benefícios espirituais, entre outros) para a humanidade (UNESCO, 2020a; SPALDING, 2016).

## **2 Problema**

Como a alfabetização oceânica na área de biotecnologia marinha pode ser estimulada?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver bases para a construção de uma cultura oceânica, através de estratégias de ensino aplicadas à biotecnologia e voltadas para o Ensino Fundamental II, por meio de atividades baseadas em alguns dos princípios essenciais para uma cultura oceânica.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. promover o desenvolvimento de práticas relacionadas a temas que interagem ou integram o ambiente oceânico;
2. aumentar o nível de conhecimento acerca de espécies marinhas;
3. utilizar atividades biotecnológicas associadas ao ambiente e às espécies marinhas;
4. desenvolver um pensamento que integre o meio marinho ao dia a dia do educando.

## **4 Referencial teórico**

Historicamente, o mar tem provido ao homem sustento, alimento e medicamentos, além de outros recursos, como vias

de transporte e logística e meios de recreação (PAIXÃO, 2011). Contudo, apenas nas últimas décadas tem recebido maior atenção, devido a um aumento de pesquisas e programas de conscientização, em prol de sua preservação. Os oceanos possuem grande importância para os habitats terrestres e para a manutenção do Planeta, pois, através da sua natureza dinâmica, tem papel na transferência de calor, absorção do CO<sub>2</sub> e regulação do clima (CASTELLO; KRUG, 2015).

Embora tenha ocorrido um aumento no interesse em estudos e preservação dos ambientes marinhos e de transição, estes ainda permanecem limitados, em razão de o mar apresentar apenas suas interfaces água-costa e água-atmosfera aparentemente monótonas, em comparação com as pesquisas realizadas em superfícies continentais. Contudo, os processos que acontecem abaixo da superfície contribuíram para que o ambiente oceânico se tornasse o berço da maior biodiversidade de espécies e ecossistemas do Planeta, além de constituir os alicerces para a vida e a continuidade dos habitats terrestres (KRUG, 2018).

Os mares e oceanos cobrem 71% da superfície e possuem 97,5% da água presente no Planeta (ANA, 2020; VIANA, 2019). O Brasil possui uma zona costeira de aproximadamente 514 mil km<sup>2</sup>, distribuída nos dezessete estados litorâneos. A zona marinha compreende o Mar Territorial (que apresenta 22 km, contados a partir da linha costeira) e a região da Zona Econômica Exclusiva (que se estende dos 22 km a 370 km) (VIANA, 2019).

Com vista nessa enorme extensão marítima, a Marinha do Brasil (2020a) criou a Amazônia Azul, “um conceito político-estratégico que abrange os espaços oceânicos e ribeirinhos nos destinos do Brasil, orientando o desenvolvimento nacional e inserindo o Brasil na vanguarda da preservação e do uso sustentável dos mares e rios”.

A Amazônia Azul compreende uma área de 5,7 milhões de km<sup>2</sup>, que compõem as águas de jurisdição brasileiras e equivalem a, aproximadamente, metade da massa continental do País. Ela possui quatro vertentes:

- a vertente ambiental – apresenta como objetivos a realização de programas e projetos voltados à gestão integrada e qualidade dos ambientes costeiros e marinhos;
- a vertente científica – busca a realização de programas e ações associados ao exercício e à garantia da soberania brasileira no mar, buscando o conhecimento sobre o ambiente marinho, sua preservação, o uso racional dos recursos e a formação de recursos humanos;
- a vertente econômica – visa assegurar o controle das vias do comércio marítimo, a produção de petróleo, as atividades pesqueiras, o turismo navegável e as ilhas e os rochedos turísticos; e
- a vertente soberania – inclui a segurança marítima em relação ao combate ao terrorismo, narcotráfico, tráfico ilícito de armas, contrabando e descaminho e ao tráfico de pessoas e à antiga pirataria, além de incrementar a segurança e a habilitação para defender as plataformas petrolíferas, instalações navais e portuárias e os arquipélagos e as ilhas oceânicas, nas águas de jurisdição brasileiras (MARINHA DO BRASIL, 2020b).

O mapa do território brasileiro, comumente divulgado e utilizado como ferramenta de ensino, subtrai a porção da Amazônia Azul, que, se incorporada à totalidade de ambientes que compõem o País, representa cerca de 35% dessa soma e, se comparado aos limites territoriais tradicionalmente

apresentados, é superior à metade do ambiente terrestre. A falta de representação da “verdadeira” extensão do Brasil é um dos reflexos causados pela perda, ou ausência, de consciência marítima (CASTRO *et al.*, 2017).

Em vista da urgente necessidade da promoção e preservação dos oceanos em âmbito mundial, novas políticas estão sendo implementadas e divulgadas. As Nações Unidas, por exemplo, declararam o período dos anos de 2021 a 2030, como a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável (UNESCO, 2020b). A década busca cumprir os compromissos da Agenda 2030, com foco no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 14 – Vida na Água, que visa conservar e promover o uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos (MCTIC, 2020).

O oceano, em sua magnitude, é formado por uma multidisciplinaridade e, para a compreensão de seus complexos fenômenos, é necessário adentrar em áreas como a física, biologia, química e geologia, além de estudar a combinação desses conhecimentos em escala espacial e temporal (CASTELLO; KRUG, 2015). Esse tema é abordado no Ensino Fundamental, em discussões que envolvem o ciclo da água, a dinâmica e o relevo oceânico e litorâneo, as correntes marítimas, os usos econômicos relacionados à ação humana, dentre outros (GOMES *et al.*, 2019).

Em razão da complexidade de eventos síncronos e interdependentes, que ocorrem nos oceanos e ambientes costeiros, a abordagem desse tema em escolas e em comunidades se torna, muitas vezes, superficial e distante da realidade das pessoas. No entanto, é a partir da integração desta pluralidade, que estratégias de ensino ganham maior força e estimulam o pensamento sistêmico e não compartimentado, que permite que o ambiente escolar seja uma ponte para que os educandos

e a coletividade explorem as redes que estão inseridas e são inteiramente dependentes.

## 5 Metodologia

O método presente em cada atividade auxilia na potencialização do processo educativo (BARROS, 2015) e terá base na formação de processos cognitivos e abordagens ativas e colaborativas. Esses recursos foram selecionados porque, segundo Barros (2015), a aprendizagem se torna eficaz, quando passa por uma experiência concreta, uma observação reflexiva, uma “conceitualização” abstrata e uma experimentação ativa.

As metodologias ativas estimulam a autoaprendizagem, pois despertam a curiosidade e o interesse do educando em encontrar a solução de um problema ou construir e executar um projeto, por meio de processos interativos, em que o professor atua como facilitador ou orientador (SEGURA; KAHLHIL, 2015). Já a metodologia colaborativa é complementar de certa forma à ativa, pois, segundo Torres e Irala (2014), se vale de que o conhecimento é construído através de dinâmicas sociais e não pela transferência do professor para o educando.

Ambas valorizam os conhecimentos prévios e as experiências individuais, oportunizando contextos e ambientes, para que os educandos possam desenvolver suas habilidades de forma criativa e lúdica e busquem, no fim, ser cidadãos do mundo (SEGURA; KAHLHIL, 2015; TORRES; IRALA, 2014).

Além disso, podem ser considerados os processos cognitivos subjacentes da aprendizagem de Schank que incluem:

processos conscientes como previsão (determinando o que acontecerá a seguir), modelagem (descobrir como as coisas funcionam), experimentação (chegar a conclusões depois de experimentar as coisas)

e valores (decidir entre o que você mais gosta); processos analíticos como diagnóstico (determinando o que aconteceu com as evidências), planejamento (determinando um curso de ação), causa (entender por que algo aconteceu) e julgamento (decidir entre escolhas); e por fim, processos sociais como influência (descobrir como convencer alguém a fazer algo que você deseja que ele faça), trabalho em equipe (conviver com os outros ao trabalhar em direção a um objetivo comum), negociação (negociar com outras pessoas e concluir negócios bem-sucedidos) e descrição (comunicar os pensamentos de alguém e o que acabou de acontecer com os outros) (SCHANK, 2020).

É muito importante ao professor estar atento ao contexto social, cultural, político, econômico e às necessidades educacionais dos educandos, em vista do favorecimento da aprendizagem do mesmo. Cada educando possui um ritmo diferente de aprendizagem, devido a traços cognitivos, afetivos e fisiológicos (BARROS, 2015); por isso, as atividades não estão separadas por ano, ficando cabível a análise do professor sobre o ano no qual a atividade deverá ser aplicada para um resultado mais efetivo, visto que muitos educandos nunca tiveram acesso ao mar.

As etapas apresentadas abaixo foram divididas a partir dos princípios essenciais da Cultura Oceânica da Unesco (2020a), e trazem atividades respectivas ao contexto de alguns dos princípios. As etapas começam com uma introdução ao assunto do princípio, e as atividades subsequentes buscam desenvolver a alfabetização oceânica do educando, até englobar os conceitos biotecnológicos marinhos. Além disso, em busca de, segundo a Unesco (2019, p. 13), “superar barreiras que

limitam a presença, participação e conquistas dos estudantes”, foram sugeridas alternativas para garantir práticas inclusivas.

### **Etapas 1: O oceano suporta uma imensa diversidade de vida e de ecossistemas – Princípio Essencial da Cultura Oceânica nº 5**

O quinto princípio essencial para uma cultura oceânica traz os diferentes ecossistemas oceânicos e suas variáveis dependentes (ex.: concentração de oxigênio e nutrientes, temperatura, densidade, pressão da água, ação da maré); para a existência de diferentes comunidades de organismos (ex.: plantas, microrganismos, invertebrados, peixes, aves e mamíferos), e fluxo de energia (alimento) nos ecossistemas. O princípio aborda também a grande biodiversidade encontrada nos oceanos e como existem diferentes ciclos de vida, adaptações e relações entre espécies, em comparação ao ambiente terrestre. Apresenta, ainda, as ameaças enfrentadas pelas espécies marinhas como, por exemplo, o desenvolvimento costeiro, a poluição, a pesca predatória, dentre outros (UNESCO, 2020a).

#### **Atividade 1: Imitando a bioluminescência**

Bioluminescência é a emissão de luz visível por um organismo, como resultado de uma reação química natural. Uma grande variedade de organismos marinhos apresenta bioluminescência em seus fotóforos ou órgãos emissores de luz. Ela é produzida, na maior parte dos casos, pelos próprios organismos, porém existem casos de simbiose com bactérias. A bioluminescência em organismos marinhos possui diversas funções como defesa, ataque e reconhecimento/atração para cópula, e influenciam as dinâmicas comportamentais e de ecossistema (DESHMUKH, 2017; HADDOCK; MOLINE; CASE, 2010).

A reação química para a geração dessa luz envolve, geralmente, a luciferina e a luciferase. As luciferinas são moléculas pequenas que reagem com o oxigênio na presença de uma luciferase (enzima), para liberar energia na forma de luz. Existem diversos laboratórios que estudam os animais bioluminescentes, para conseguir isolar e identificar essas moléculas, para que possam ser sintetizadas e aplicadas em pesquisas, como testes de alimentos, monitoramento ambiental, diagnósticos médicos, exames de drogas e pesquisas biomédicas (FLEISS; SARKISYAN, 2019).

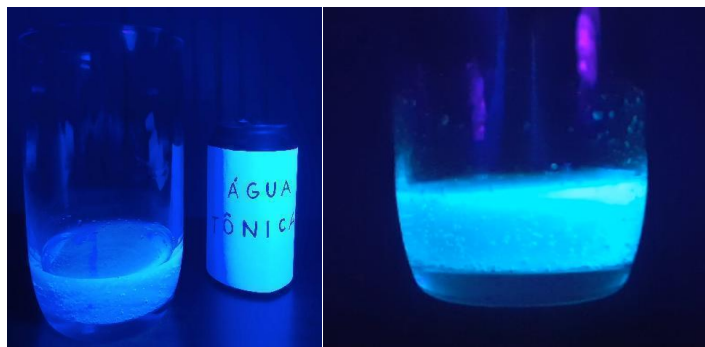
**Para essa atividade serão necessários:** um recipiente transparente, água tônica, uma luminária e luz negra (o experimento deve ser realizado em uma sala que possa ser escurecida) (**Figura 1A**); imagens presentes no Apêndice A.

**Desenvolvendo a atividade:** Coloque a água tônica no recipiente transparente (**Figura 1B**). Após, desligue a luz do local e ligue a luz negra (**Figura 1C**). Você observará que a água tônica irá brilhar (**Figura 1D**), representando uma ideia de como a bioluminescência funciona dentro da água (SCIENTIFIC AMERICAN, 2014). A quinina ( $C_{20}H_{24}N_2O_2$ ), presente na água tônica, que é produzida a partir da casca da árvore quina (*Cinchona* sp.), faz com que ocorra a condição de fluorescência, devido à absorção da energia da luz ultravioleta que excita a quinina (OLIVEIRA; SZCZERBOWSKI, 2009).





**Figura 1** – Demonstração da prática de bioluminescência com água tônica e luz negra. **(A)** Materiais necessários para a realização da prática. **(B)** Primeiro coloque a água tônica no recipiente transparente, após **(C)** apague a luz e ligue a luz negra. **(D)** Observe como a água tônica brilha, assim como os organismos marinhos bioluminescente

**A****B****C****D**

Fonte: Elaboração das autoras (2020)

Após, distribua os organismos presentes no Apêndice I, para que a turma realize pesquisa sobre o respectivo animal bioluminescente marinho. Depois de estar com a imagem dos animais, peça para os mesmos serem coloridos com as respectivas cores do animal na natureza. Depois de coloridos, as partes bioluminescentes do animal devem ser pintadas com

tintas fluorescentes no desenho (se for possível a utilização de tintas que brilham no escuro, aumentaria a sensação de como funciona a bioluminescência sob a água), para a associação ser realizada. O gabarito das imagens, para auxiliar o professor está presente no Apêndice II.

A prática também pode ser realizada com o desenvolvimento de esculturas dos animais. Para o efeito de bioluminescência, podem ser utilizadas tintas que brilham no escuro ou pode ser realizado o acoplamento de uma luz de LED no local.

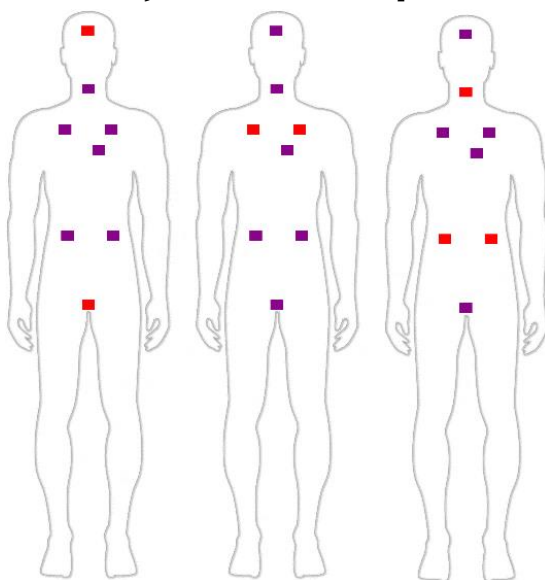
Em seguida, explore as tecnologias desenvolvidas a partir da proteína bioluminescente e suas aplicações. Estudos científicos, como exposto anteriormente, proporcionam a aplicação de luciferases e luciferinas (os agentes produtores da bioluminescência) em áreas como a medicina, a biotecnologia e o monitoramento ambiental. Nas ciências médicas, os usos estão voltados para diagnósticos e estudos pré-clínicos de patologias, como infecções bacterianas, virais e cancerígenas (OLIVEIRA, 2013). Essas enzimas reagem em locais do corpo humano com atividade de ATP, magnésio e oxigênio, produzindo luz visível (com comprimento de onda de 400 nm a 620 nm) que é captada por equipamentos específicos (MITSUOKA, 2015). Além desses fatores, regiões que apresentam baixo pH também podem ser indicadas por essa técnica. A atividade proposta como prática final deste tema utiliza um indicador de pH à base de repolho roxo, para exemplificar esse complexo processo de forma prática.

**Para essa atividade** serão necessários: 1 folha de repolho roxo, 1 litro de água, 2 borrifadores, papel-filtro, papel pardo ou cartolina, suco de limão, liquidificador e equipamento para aquecer a mistura (ex.: fogão a gás).

**Passo a passo:** coloque uma folha de repolho roxo em um litro de água no liquidificador, batendo bem até que o suco

fique com uma cor uniforme. Após, a solução deve ser filtrada e aquecida para que a água evapore e a mistura fique mais concentrada. Em seguida mergulhe pedaços quadrangulares de papel-filtro, que serão utilizados como indicadores de pH. Em um pedaço de papel pardo ou cartolina, faça o desenho de um corpo humano, e posicione os pedaços de papel-filtro conforme a **Figura 2**.

**Figura 2** – Corpo humano com indicações para colocação dos pedaços quadrangulares de papel-filtro mergulhados na solução feita com o repolho



Fonte: Elaboração das autoras (2020).

Encha um dos borrifadores com água e o outro com suco de limão, identifique com os números 1 e 2, respectivamente. Escolha pontos diferentes de cada desenho para representar os processos tumorais. Peça aos seus alunos para borrifarem esses pontos com a solução número 2, e nos demais papéis utilize a número 1. Os locais que entrarem em contato com o

suco de limão reagirão, tornando-se vermelhos e demonstrarão como os cientistas observam as partes bioluminescentes nos exames, sendo claramente observados pelos educandos.

**Facilitando a aprendizagem:** pode ser optada a realização de uma escultura dos animais bioluminescente (a partir de argila, papel-machê, dentre outros). Nos locais que estão localizados os órgãos emissores de luz, pode ser feito um relevo ou uma reentrância, para identificação do local dos mesmos e propiciar a diferença ao toque.

**Objetivos da aprendizagem:** os estudantes irão identificar animais bioluminescentes; associar a produção de materiais sintéticos, a partir de modelos animais ao desenvolvimento científico e tecnológico.

**Conclusões da atividade:** existem muitos organismos marinhos que emitem luz de maneira química (não necessitam da luz do Sol) com função de defesa, ataque e reconhecimento/atração para cópula. Essa reação química é emitida em órgãos emissores de luz, que foram identificados a partir da pintura nos animais. Cientistas isolaram os compostos que fazem a reação acontecer e os inseriram em células humanas ou animais para a sinalização de doenças em diferentes áreas do corpo, aplicando-se assim uma atividade biotecnológica ao conteúdo.

**Para ir além:** o vídeo da conferência TED, apresentado por Edith Widder, em 2011, intitulado “O estranho e maravilhoso mundo da bioluminescência”, que está no link abaixo, pode ser passado para os alunos para descobrir como esses animais são estudados e como eles emitem luz na natureza:

[https://www.ted.com/talks/edith\\_widder\\_the\\_weird\\_wonderful\\_world\\_of\\_bioluminescence#t-222921](https://www.ted.com/talks/edith_widder_the_weird_wonderful_world_of_bioluminescence#t-222921) (TED, 2011).

## Atividade 2: Biomimética marinha

Segundo Parras-Burgos *et al.* (2018, p. 2), o objetivo de um *designer* é “criar formas, materiais, texturas, cores e estruturas que melhorem o ambiente ao produzir objetos utilitários, máquinas e ferramentas que atendam às nossas necessidades e conforto”. Muitas vezes, a partir do desafio de projetar um novo produto, os *designers* buscam inspiração baseando-se na natureza.

Assim, a biomimética foi criada, buscando inovações baseadas na natureza, que irão gerar soluções sustentáveis para desafios complexos, com o intuito de atingir os padrões e as estratégias da natureza, por meio da observação e não exploração da mesma (AMAZU, 2020). A palavra *biomimética* é derivada do grego: *Bios* significa vida e *mimesis*, imitação. Os projetos de biomimética são desenvolvidos tanto a partir de um problema inicial, como a partir da observação de uma forma, processo ou um método existente na natureza (BARBOSA, 2008).

**Para essa atividade:** cartas presentes no Apêndice III.

**Desenvolvendo a atividade:** Será proposto o desenvolvimento de um projeto de biomimética intitulado: **Pergunte à natureza**. Primeiro comece com o significado da palavra biomimética (*bios* significa vida e *mimesis*, imitação), depois explique o que é a biomimética, no que ela se baseia. Os três vídeos presentes no **Quadro 1** podem ser expostos para desenvolver maior compreensão do educando.



**Quadro 1 – Exemplos de vídeos que podem ser exibidos para os educandos, como forma de aumentar o conhecimento sobre biomimética**

What is Biomimicry? (O que é biomimética?) (YOUTUBE, 2012).	Link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FBUpnG1G4yQ">https://www.youtube.com/watch?v=FBUpnG1G4yQ</a>
Biomimicry: definition & examples (explained with drawings) (Biomimética: definição e exemplos (explicado com desenhos) (YOUTUBE, 2016).	Link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=UHb_XNgIHFY">https://www.youtube.com/watch?v=UHb_XNgIHFY</a>
The world is poorly designed. But copying nature helps. (O mundo está malprojetado. Mas copiar a natureza pode ajudar) (YOUTUBE, 2018).	Link: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=iMtXqTmfta0">https://www.youtube.com/watch?v=iMtXqTmfta0</a>

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

Os outros três vídeos, presentes no **Quadro 2** podem ser visualizados pelo educador, para desenvolver o próprio conhecimento acerca do tema biomimética. Em todos os vídeos, as legendas podem ser inseridas a partir de ícones localizados no canto inferior direito dos vídeos.

**Quadro 2 – Exemplos de vídeos que podem ser visualizados pelo educador, como forma de aumentar seu conhecimento sobre biomimética**

Biomimicry's surprising lessons from nature's engineers (Lições surpreendentes de biomimética de engenheiros da natureza) (TED, 2005).	Link: <a href="https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_s_surprising_lessons_from_nature_s_engineers#t-1382882">https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_s_surprising_lessons_from_nature_s_engineers#t-1382882</a>
Using nature's genius in architecture (Usando o gênio da natureza na arquitetura) (TED, 2011).	Link: <a href="https://www.ted.com/talks/michael_pawlyn_using_nature_s_genius_in_architecture#t-801475">https://www.ted.com/talks/michael_pawlyn_using_nature_s_genius_in_architecture#t-801475</a>
Biomimicry in action (Biomimética em ação) (TED, 2009).	Link: <a href="https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action">https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action</a>

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

Após, distribua as cartas presentes no Apêndice C (as cartas podem ser distribuídas individualmente, em duplas ou em grupos) e peça para os educandos tentarem identificar a relação entre o animal e o *design* criado. Divida as cartas em imagem e nome das representações e o texto explicativo. A ideia é que os educandos pensem por conta, qual teria sido a ideia criada a partir de um animal ou problema inicial. Depois, peça para que ocorra a exposição falada dessas ideias. Por fim, entregue as explicações que estão presentes abaixo da gravura e do nome das representações das imagens, para demonstrar qual foi a inspiração e qual parte do objeto foi inspirada na natureza.

O próximo passo da atividade é solicitar que os educandos se reúnam em grupo e escolham um problema atual, que necessite solução, e elaborem uma ideia de desenvolvimento de um produto biomimético, a partir de algum organismo marinho. Após, o resultado do produto (protótipo) deve ser apresentado/exposto para a turma (feiras de ciências, exposição no bairro, entre outros).

Acrescente que organismos como animais, plantas, fungos, bactérias podem ser utilizados, mas que também podem ser utilizados como modelos de órgãos, células, populações, comunidades e até ecossistemas inteiros. Os organismos usados na biomimética podem criar inspiração, a partir de sua forma e estrutura, mas também a partir de seu comportamento, de seus relacionamentos e de suas conexões.

Após a introdução sobre o assunto, é hora de os grupos realizarem a atividade da criação biomimética seguindo os passos abaixo (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020a; MEIRA, 2008):

1. **DEFINIR:** inicialmente peça para o grupo pesquisar sobre problemas que poderiam ser trabalhados (ex.: eutrofização, mortes no trânsito, poluição atmos-

férica, entre outros). Após ter uma ideia do que vai ser trabalhado, peça para o grupo resumir o tema em uma frase, por exemplo: “**Como podemos...** reverter a proliferação excessiva de algas em corpos de água parada?” Cuidar para que o educando não defina o contexto de maneira muito restrita (para não limitar as ideias na hora do *design* depois). Após, peça para o grupo fazer um resumo/texto sobre a necessidade/problema atual escolhido e outro resumo/texto de como essa necessidade/problema poderia ser solucionada, respondendo à pergunta: “O que você deseja alcançar com este projeto?” (A biomimética ainda não entra aqui, nem o que se planeja ser idealizado. É hora de colocar o problema e a solução desejada, no papel);

2. **BIOLOGIZAR:** Depois é hora de traduzir o resumo/texto para a biologia, com o objetivo de chegar a um ou mais “**Como a natureza...** impede a proliferação excessiva de algas?” Busque, dentro do resumo/texto funções exercidas pela natureza. Como a natureza realiza esta função? Como a natureza não realiza esta função? Além disso, defina as condições climáticas, nutricionais, sociais e temporais do seu problema. Outro exemplo de tradução para a biologia poderia ser a partir desta pergunta: Como podemos reduzir o uso de substâncias tóxicas em tintas? Traduzindo para uma pergunta biológica: Como a natureza cria cores?;
3. **DESCOBRIR:** Agora peça para os educandos buscarem modelos marinhos na natureza, os quais possam responder aos ou solucionar os desafios do projeto. Peça para que eles observem e estudem a natureza;



se possível, estimule-os para que assistam a vídeos e leiam sobre os organismos marinhos. Os modelos a serem procurados, com base nas perguntas, podem ser literais ou metafóricos (ex.: a relação de corais e metrópoles trazidas no exercício das cartas). Também peça para que eles indaguem: Quais organismos precisam fazer a mesma função que eu estou tentando resolver? Peça para eles entrarem em contato com biólogos e especialistas no ramo, para conversar sobre o problema ou sobre o organismo. Após a eleição do organismo, peça para que os mesmos o desenhem, identificando qual a estratégia dele que será utilizada;

4. **AVALIAR:** Por fim, peça para que os educandos avaliem a solução inspirada na natureza do ambiente oceânico, criada para seu problema. Perguntas podem ser realizadas, a fim de avaliar o projeto final, como: Pode ser fabricada localmente? A forma que eu projetei minimiza o uso de material? Que função a água desempenha no processo de fabricação? Faz uso de materiais recicláveis? É reciclável? É bem entrosado com o meio ambiente? O projeto apresenta funções desnecessárias? Utiliza materiais benévolos à vida?;
5. **APRESENTAR:** Por fim, peça para que os projetos e protótipos sejam apresentados para a turma, em feiras de ciências, à comunidade em geral, entre outros.

**Facilitando a aprendizagem:** um exemplo auditivo de biomimética foi a comunicação acústica (ecolocalização) utilizada por golfinhos, que deu origem ao sonar, equipamento que pode emitir ondas sonoras em diferentes frequências, que, após encontrar um obstáculo, são refletidas e retornam para

o mesmo, permitindo encontrar a localização dos objetos (TARASIUK, 2019). Os áudios dos golfinhos podem ser escutados, a partir dos *links* apresentados no **Quadro 3**. Porém, o teste pode ser realizado em um ambiente fechado e em outro aberto. Como é a sensação de retorno do som para a pessoa com uma parede em sua frente e em um local aberto? Que outros exemplos sonoros, táteis, olfativos e/ou visuais podem ser utilizados?

**Quadro 3 – Modelos auditivos de golfinhos e outros cetáceos**

Link: <a href="http://voicesinthesea.ucsd.edu/species/dolphins/frasers.html">http://voicesinthesea.ucsd.edu/species/dolphins/frasers.html</a> (VOICES IN THE SEA, 2020).
Link: <a href="https://dosits.org/animals/use-of-sound/marine-mammal-communication/individual-specific-vocalizations/">https://dosits.org/animals/use-of-sound/marine-mammal-communication/individual-specific-vocalizations/</a> (DISCOVERY OF SOUND IN THE SEA, 2020).
Link: <a href="http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html">http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html</a> (CIBRA, 2020).

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

**Objetivos da aprendizagem:** Os estudantes irão identificar diferentes componentes do ecossistema (fauna e flora); observar o comportamento do componente escolhido; comparar a função do componente do ecossistema escolhido com o produto projetado; associar a produção de produtos ao desenvolvimento científico e tecnológico, avaliando impactos socioambientais da produção do mesmo; propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade; criar habilidades cooperativas; criar habilidades de resolução de problemas.

**Conclusões da atividade:** A imitação da natureza para resolver problemas humanos é um meio de buscar a reconexão

com a natureza, a partir de sua observação. A criação dos produtos instiga não apenas um desenvolvimento de pensamento sustentável por parte dos educandos, mas também indaga sobre como o sistema está funcionando atualmente e os desafios para a criação de novos objetos, como base em como as espécies atuam.

**Para ir além:** a página presente no link abaixo, que pertence ao *Biomimicry Institute*, traz exemplos dos ganhadores do *Biomimicry Youth Design Challenge* (Desafio do design jovem de biomimética), apresentando os projetos de biomimética inscritos, propostos e realizados por escolas de Ensino Fundamental e Médio ao redor do mundo:

<https://biomimicry.org/announcing-the-2020-winners-of-the-youth-design-challenge/> (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020b).

## **Etapa 2: O oceano e a humanidade estão fortemente interligados – Princípio Essencial da Cultura Oceânica n.6**

O sexto princípio essencial para uma cultura oceânica mostra como o ser humano é dependente do oceano para diferentes recursos como, por exemplo, obtenção de alimentos, formulação de novos medicamentos e usos na biotecnologia. Também lembra a importância econômica dos oceanos, que é fonte de serviços ecossistêmicos, sendo o meio de subsistência para mais de três bilhões de pessoas, podendo atuar, por exemplo, como uma “estrada” para o transporte de mercadorias e meio para as pescarias (UNESCO, 2020a).

### **Atividade 3: Super Octopus Biotecnologia**

O jogo presente no Apêndice D, denominado *Super Octopus Biotecnologia*, tem como objetivo desenvolver maior conhecimento acerca de espécies marinhas que apresentam potencial biotecnológico; para isso, as cartas trazem organismos que possuem compostos bioativos, que podem ser utilizados para

a fabricação, por exemplo, de medicamentos. A ideia principal da criação é que, a partir de um jogo leve, os jogadores possam se enturmar com organismos diferentes das espécies mais comumente divulgadas (ex.: baleia, golfinho, tartaruga-marinha, dentre outros).

**Para essa atividade:** imprimir as cartas presentes no Apêndice D. Imprima as cartas com os organismos, manual de instruções e glossário. Se optar por colar o logo do jogo na parte de trás das cartas com os organismos, imprima também as cartas com o nome do jogo (Super Octopus Biotecnologia) na mesma quantidade de folhas, nas quais foram impressas as cartas com os organismos.

**Desenvolvendo a atividade:** o manual de instruções para jogar está presente nas cartas do Apêndice IV.

**Facilitando a aprendizagem:** caso haja interesse em receber as cartas em tamanho ampliado para pessoas com baixa visão, ou por algum outro interesse, não hesite em enviar um *e-mail* para as autoras.

**Objetivo da aprendizagem:** os estudantes irão associar a produção de medicamentos e outros materiais sintéticos ao desenvolvimento científico e tecnológico, a partir de estudos em organismos marinhos.

**Conclusões da atividade:** muitos bioprodutos originados de espécies marinhas têm potencial para aplicação na indústria farmacêutica, de cosméticos, nutracêuticos e sondas para avaliação de enzimas específicas em processos celulares, porém esta não é uma área ainda muito conhecida e divulgada. A partir do jogo, os educandos passam a conhecer essas espécies; sua relevância nos mais diversos campos da pesquisa científica é um tema pouco divulgado.

**Outras atividades relacionadas:** estimule os educandos a procurarem outras espécies com potencial biotecnológico,

bem como os medicamentos já existentes no mercado, que foram formulados a partir dos compostos identificados de espécies marinhas e quais são suas ações de aplicação.

### **Atividade 5: Imagens que falam**

A Arte nos ajuda a compreender o mundo por meio de uma imagem ou sensação. Assim, a introdução da leitura estético-visual de uma obra de arte, na sala de aula, estimulará não só como os educandos veem as coisas, mas qual o significado que atribuem a elas, sua capacidade de interpretação e como compreendem a arte.

Para o desenvolvimento desta atividade, foi utilizada a metodologia proposta no trabalho de Luchese *et al.* (2020, p. 62-75), em que, por meio da leitura de imagens de arte e discussões estético-mediadas, pode ocorrer o desenvolvimento do pensamento estético-visual dos educandos.

A classificação das ideias dos educandos, em relação às obras, pode ser agrupada em três níveis de compreensão estético-visual, que irão evoluindo, conforme as discussões sobre as obras forem sendo realizadas:

- o Nível I geralmente engloba uma leitura realizada no que está concretamente representado na imagem;
- o Nível II, segundo a mesma autora e colaboradores, “é caracterizado pela transição de uma interpretação mais ingênua para uma mais complexa”, sendo reconhecidas possíveis subjetividades pelo educando;
- a interpretação no Nível III “transcende o que está representado na imagem e não busca significados no mundo concreto ou no mundo interior do artista, mas sim nas subjetividades, inicialmente do artista e, então, do próprio leitor” (LUCHESE *et al.*, 2020, p. 65).

**Para essa atividade:** obras de arte presentes no Anexo I.

**Desenvolvendo a atividade:** escolha uma das obras e a apresente para a turma para estimular debates acerca do que o autor quis representar com a obra.

Exemplos de frase que podem ser utilizadas para mediar a atividade: Do que se trata essa obra? O que vocês acham dessa obra? Vocês veem algum sentimento na imagem? Por que será que o artista fez essa obra? Vocês acham que isso quer dizer alguma coisa? Que sentimento o artista quis passar fazendo a obra? Qual a diferença das obras que vimos até agora para essa? É uma imagem boa ou ruim? Por quê?

As perguntas devem ser feitas pausadamente, esperando a discussão por parte dos interagentes como resposta de cada uma. Não existe resposta certa e errada, mas sim um possível aprofundamento nos níveis, antes citados com o decorrer das perguntas durante a visualização da leitura estética. Sugere-se a leitura de Rossi (2005, 2018) para maior aprofundamento do tema e o acesso ao site da obra, para se conseguir um aumento no tamanho da imagem (disponível na referência bibliográfica da mesma).

**Incrementando a atividade:** novos artistas podem ser pesquisados para retratarem diferentes temas. Também pode ser estimulada a pesquisa, por parte dos educandos. Pode ser realizada uma releitura da obra, no final da sua leitura estético-visual.

**Facilitando a aprendizagem:** pode ser utilizada a audiodescrição (transformação das imagens em palavras) para a apreciação das pessoas com deficiência visual, dislexia, déficit de atenção, dentre outros. Sugere-se a leitura do livro de autoria de Motta e Romeu Filho (2010) para melhor tradução das obras.

**Objetivos da aprendizagem:** os estudantes irão discutir, com base nas obras de arte, como componentes físicos, biológicos ou sociais de um ecossistema afetam (positiva ou negativamente) as populações humanas; compreender diferentes pontos de vista; criar habilidades cooperativas.

**Conclusões da atividade:** a finalidade da aplicação dessa metodologia é provocar reflexão acerca de questões importantes da existência humana e sua relação com o mar. Ela pode ser aplicada tanto para o educando que mora na costa como àquele que mora a centenas de quilômetros do oceano, para trazer uma realidade diferente de maneira visual-reflexiva.

### **Atividade 6: Quem consegue eliminar o plástico dos oceanos?**

Desde que a produção de plásticos em larga escala começou (1940), nossa vida mudou. Com uma grande produção e baixas taxas de reciclagem, muito material acabou virando resíduo, aportando em diversos ambientes, como o mar (ANBUMANI; KAKKAR, 2018; COLE *et al.*, 2011). Atualmente, encontramos resíduos plásticos espalhados pelo oceano do Globo, devido a correntes oceânicas, ventos e rios que desaguam no mar, oferecendo uma ameaça física, química e biológica aos organismos aquáticos (COSTA *et al.*, 2015; COLE *et al.*, 2011). O plástico, que possui maior interação com os organismos, devido ao seu tamanho reduzido, é o microplástico (composto de pequenos fragmentos, fibras, grânulos e *pellets*) (ANBUMANI; KAKKAR, 2018; COSTA *et al.*, 2015; COLE *et al.*, 2011). Ele também absorve contaminantes em sua superfície, que são liberados no interior dos organismos que o consomem (ANBUMANI; KAKKAR, 2018).

Como o plástico possui alta durabilidade (centenas de anos), os cientistas estão buscando desenvolver uma bactéria que consiga degradá-lo (atualmente ocorre apenas sua fragmentação até pedaços manométricos) (KIRSTEIN *et al.*, 2019).

Tournier e colaboradores (2020) conseguiram desenvolver uma enzima que quebra o PET (Polietileno tereftalato) em monômeros, para permitir sua reciclagem; porém ainda existe muito trabalho para se conseguir a degradação parcial ou total do material plástico

**Para essa atividade:** reportagem presente no Anexo 2.

**Desenvolvendo a atividade:** reúna os alunos para a leitura do texto presente na reportagem e desenvolva debates acerca da mesma. O objetivo é criar uma reflexão e o começo de um pensamento autônomo sobre a questão do lixo no mar, como influenciemos esta questão e como podemos nos envolver com ela (mesmo estando muitas vezes longe do mar).

**Incrementando a atividade:** para desenvolver maior conhecimento acerca do tema, instigue os alunos a pesquisarem mais sobre o assunto. Se possível, desenvolva projetos práticos que os engaje ao tema. As indagações abaixo podem servir como auxílio para possíveis perguntas norteadoras:

Por que limpar o oceano é raramente possível? (Aqui podem ser desenvolvidos debates e práticas sobre o que é plástico, os diferentes tipos de plástico e os diferentes tamanhos de plástico. Muitas vezes é mais fácil recolher uma garrafa PET ou uma sacola quando ainda estão inteiras, mas, e depois que elas quebram em pequenos fragmentos que chegam a ser do tamanho de nanômetros? Como conseguimos coletá-las? Se passarmos uma rede no mar para recolher tudo, levaremos também os organismos presentes no plâncton, que são a base da cadeia alimentar. Que alternativa então poderia ser desenvolvida?).

Quais são os principais resíduos que encontramos em mar aberto? E na beira da praia?

Se a maior parte do plástico chega ao mar através dos rios, o que eu tenho dentro de casa que pode estar contribuindo



para essa poluição? (Esta prática pode envolver também materiais menos óbvios como, por exemplo, as tintas plásticas com as quais pintamos as casas e a lavagem de roupas que, em sua composição, apresentem materiais sintético-plásticos, como o poliéster. Também pode ser realizada a atividade de conscientização presente no site da *Clean Seas* (CLEAN SEAS, 2020), que mostra os plásticos presentes no nosso banheiro e alternativas para substituí-los.

Qual o impacto das redes de pesca nos animais marinhos, principalmente as redes-fantasma?

Qual o tamanho (km<sup>2</sup>) do chamado Sétimo Continente (ilha de plástico presente no giro do oceano Pacífico Norte)? Em comparação com o município em que você vive, quantos municípios caberiam dentro do Sétimo Continente?

Como poderia ser evitada essa chegada dos plásticos nos rios?

Como informar e sensibilizar a população sobre este tema?

**Facilitando a aprendizagem:** a presença física de objetos fabricados com diferentes tipos de plástico irá auxiliar o educando a perceber as diferenças visuais e de toque.

**Objetivos da aprendizagem:** os estudantes irão: propor iniciativas individuais e coletivas para a solução de problemas ambientais da cidade ou da comunidade, com base na análise de ações de consumo consciente e de sustentabilidade; discutir iniciativas que contribuam para restabelecer o equilíbrio ambiental, a partir da identificação de alterações provocadas pela intervenção humana.

**Conclusões da atividade:** infelizmente, ainda não temos alternativas eficazes para a retirada de todos os resíduos marinhos. Devido aos plásticos de uso único e a enorme quan-

tidade de material despejada no oceano, uma alternativa seria a substituição por materiais sustentáveis.

**Para ir além:** você pode criar uma aula prática com os alunos para a fabricação de um plástico biodegradável, produzido a partir do amido de batata, presente em Fogaça (2020).

## Considerações finais

A preservação do oceano e da natureza como um todo é uma prática que necessita ser estimulada diariamente, por meio de estratégias de ensino que ampliem o conhecimento, como através do sentimento de pertencer ao meio natural. O processo de reaproximação do ser humano com a natureza se torna mais efetivo, quando inserimos características do cotidiano do educando à atividade, instigando a solução de problemas ou mesmo a reflexão sobre consumo e/ou preservação.

Ao voltarmos o nosso olhar para o oceano, estimulamos a capacidade de perceber como a natureza resolve seus problemas, criando soluções práticas e benéficas ao sistema que estamos analisando. Esse olhar pode ser incorporado ao comportamento humano, por meio do desenvolvimento de produtos e tecnologias sustentáveis, além de pesquisas científicas que supram necessidades apresentadas pela nossa sociedade, como a descoberta de novos medicamentos e a melhoria no diagnóstico de doenças, produtos biotecnológicos que possam ser aplicados na indústria farmacêutica, de cosméticos e nutracêuticos, além de ações para mitigar e reduzir a poluição ambiental.

Ao aumentar a abordagem sobre o ambiente marinho no currículo escolar, possibilitamos ao aluno ter uma ampla percepção de como os fenômenos que acontecem nesse

ecossistema afetam seu cotidiano, seja pelo regime de chuvas, pela absorção de CO<sub>2</sub> atmosférico; além disso, talvez o mais importante, possibilita que o educando enxergue como suas atitudes e decisões diárias impactam, a curto, médio e longo prazo, o ambiente, conseqüentemente refletindo no seu modo de vida.

## Referências

- ABADES, J. M. **Pescadora**. Disponível em: <https://juanmartinezabades.blogspot.com/search/label/Pescadora>. Acesso em: 26 set. 2020.
- ACIOLI, M. **Projeto marisqueiras do Recôncavo**. Disponível em: <http://mauricioacioli.blogspot.com/2011/03/projeto-marisqueiras-do-reconcavo.html>. Acesso em: 26 set. 2020.
- AMAZÚ. **O que é biomimética**. Disponível em: <http://amazu.bio/o-que-e-biomimetica/>. Acesso em: 25 jul. 2020.
- ANA. **Água no mundo: situação da água no mundo**. Situação da água no mundo. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: 22 jun. 2020.
- ANBUMANI, S.; KAKKAR, P. Ecotoxicological effects of microplastics on biota: a review. **Environmental science and pollution research**, [s.l.], v. 25, n. 15, p. 14.373-14.396, 2018.
- ART INSTITVTE CHICAGO. **Love letter III**. Disponível em: <https://www.artic.edu/artworks/240939/love-letter-iii>. Acesso em: 26 set. 2020a.
- ART INSTITVTE CHICAGO. **Red sea**. Disponível em: <https://www.artic.edu/artworks/102170/red-sea>. Acesso em: 26 set. 2020b.
- BARBOSA, E. R. Biônica: inspiração que vem da natureza exige visão multidisciplinar na pesquisa. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 60, n. 3, p. 15-16, 2008.
- BARROS, D. M. V. Estilos de aprendizagem e as tecnologias: guias didáticos para o ensino fundamental. In: TORRES, Patricia Lupion (org.). **Metodologias para a produção do conhecimento: da concepção à prática**. Curitiba: Senar, 2015. p. 85-112.
- BIENAL DO MERCOSUL. **Catálogo da 11ª Bienal do Mercosul**. Disponível em: [https://21cf08b2-90b0-4b83-97f9-807117bee408.filesusr.com/ugd/ae5dfe\\_da687c13241e4f4693be6b14f5b0a655.pdf](https://21cf08b2-90b0-4b83-97f9-807117bee408.filesusr.com/ugd/ae5dfe_da687c13241e4f4693be6b14f5b0a655.pdf). Acesso em: 26 set. 2020.
- BIOMIMICRY INSTITUTE. **Announcing the 2020 winners of the youth design challenge**. 2020. Disponível em: <https://biomimicry.org/announcing-the-2020-winners-of-the-youth-design-challenge/>. Acesso em: 18 ago. 2020b.

BIOMIMICRY INSTITUTE. **Introducing biomimicry**. Disponível em: <https://youthchallenge.biomimicry.org/na/page/introducing-biomimicry-na>. Acesso em: 25 jul. 2020a.

BRASIL. **Caracterização do estado da arte em biotecnologia marinha no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

BRUNI, J. C. A água e a vida. **Tempo Social**, São Paulo, v. 5, n. 1-2, p. 53-65, 1993.

CASTELLO, J. P.; KRUG, L. C. (org.). **Introdução às ciências do mar**. Pelotas: Ed. Textos, 2015.

CASTRO, B.; BRANDINI, F.; DOTTORI, M.; FORTES, J. A Amazônia Azul: recursos e preservação. **Revista USP**, n. 113, p. 7-26, 6 jun. 2017.

CIBRA. **The voices of marine mammals of the Mediterranean sea**. 2005. Disponível em: [http://www-3.unipv.it/cibra/edu\\_dolphins\\_uk.html](http://www-3.unipv.it/cibra/edu_dolphins_uk.html). Acesso em: 28 jul. 2020.

CLEAN SEAS. **What's in your bathroom?: The hidden plastics in your cosmetics & personal care products**. Disponível em: <https://www.cleanses.org/features/whats-your-bathroom>. Acesso em: 26 set. 2020.

COLE, M. **et al**. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 62, n. 12, p. 2.588-2.597, 2011.

COSTA, M. F. **et al**. Contaminação do mar brasileiro por resíduos plásticos: impactos e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOLOGIA MARINHA, 5., 2015, Porto de Galinhas, PE. **Anais [...]**. Porto de Galinhas, PE, 2015.

DESHMUKH, A. Control of bioluminescence in myctophid fishes. **Indian Journal of Geo Marine Science** [s.l.], v. 46, n. 07, p. 1.436-1.439, 2017.

DISCOVERY OF SOUND IN THE SEA. **Individual-specific vocalizations**. Disponível em: <https://dosits.org/animals/use-of-sound/marine-mammal-communication/individual-specific-vocalizations/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

FAUVILLE, G. **Digital ichaelsce as support for learning about the marine environment: steps toward ocean literacy**. 2018. 167 f. Tese (Doutorado em Educação) – Department of Education, University Of Gothenburg, Göteborg, 2017.

FLEISS, A.; SARKISYAN, K. S. A brief review of ichaelscent systems. **Current Genetics**, [s.l.], v. 65, n. 4, p. 877-882, 2019.

FOGAÇA, J. **Produção de plástico biodegradável de amido de batata**. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/producao-plastico-biodegradavel-amido-batata.htm>. Acesso em: 26 set. 2020.

GOMES, E. J. DA S. **et al**. Ensino de oceanografia no contexto escolar: linguagens para uma aprendizagem significativa. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 976-992, 2019.

HADDOCK, S. H. D.; MOLINE, M. A.; CASE, J. F. Bioluminescence in the sea. **Annual Review of Marine Science**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 443-493, 2010.

KRUG, L. C. A constituição de educadores ambientais no campo das ciências do mar: estudo de caso do curso Oceanográfico da Furg. 2018. Tese (Doutorado em Educação Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2018.

LUCHESE, C. C. **et al.** Leitura de imagem no ensino médio: uma abordagem decolonial. **In:** BIASOLI, L. F.; MATOS, S. R. L.; CARDOSO, E. M. C. (org.). Docência compartilhada: caminhos do Pibid entre políticas e formação docente. **In:** SEMINÁRIO, Pibid-UCS, 3., 2019, Caxias do Sul: EDUCS. **Anais** [...]. Caxias do Sul, 2019. p. 62-75. Disponível em: <https://www.ucs.br/educs/livro/ichael-compartilhada-caminhos-do-pibid-entre-politicas-e-formacao-docente/>. Acesso em: 17 jul. 2020.

MARINHA DO BRASIL. **Amazônia azul:** a última fronteira. Disponível em: [https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia\\_azul/amazonia-azul.html](https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/amazonia-azul.html). Acesso em: 22 jun. 2020a.

MARINHA DO BRASIL. **Vertente ambiental.** Disponível em: [https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia\\_azul/vertente-soberania.html](https://www.mar.mil.br/hotsites/amazonia_azul/vertente-soberania.html). Acesso em: 22 jun. 2020b.

MCTIC. **Década global.** Disponível em: <http://decada.ciencianomar.mctic.gov.br/#participe>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MEIRA, G. L. A biomimética utilizada como ferramenta alternativa na criação de novos produtos. **In:** ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO DO VALE DO ITAJAÍ, 2., 2008, Itajaí. **Anais** [...]. Itajaí: Ensus, 2008. p. 1-14.

MITSUOKA, R. M. Aplicação de métodos de imagem molecular no estudo dos efeitos terapêuticos da galectina-3 em glioblastoma. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MOTTA, L. M. V. M.; ROMEU FILHO, P. (org.). **Audiodescrição:** transformando imagens em palavras. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2010. Disponível em: <http://www.blogdaaudiodescricao.com.br/livro-transformando-imagens-em-palavras?fbclid=IwAR0xq-1V1YxRz1Khxhb49RcpzQxWVvP0pryuVfy6Tf05Ohyv-CcaIR8g4>. Acesso em: 17 jul. 2020.

OLIVEIRA, A. R. M. de; SZCZERBOWSKI, D. Quinina: 470 anos de história, controvérsias e desenvolvimento. **Quim. Nova**, [s.l.], v. 32, n. 7, p. 1971-1974, 2009.

OLIVEIRA, A. G. **et al.** Bioluminescência de fungos: distribuição, função e mecanismo de emissão de luz. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 314-319, 2013.

PAIXÃO, N. C. A oceanografia como ferramenta para o ensino interdisciplinar de ciências. 2011. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Química e Geológica) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 2011. DOI 10.11606/D.21.2011.tde-26092013-191252. Acesso em: 26 maio 2020.

PARRAS-BURGOS, D. **et al.** Na ichae-based approach for the application of nature's forms to product conceptual design. **Plos One**, v. 13, n. 12, p. 1-19, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. **Reestruturação curricular:** ensino fundamental e médio – Documento Orientador. Porto Alegre: Seduc-RS, 2016.

ROSA, T. **#monument to fisherman#monumento aos pescadores.** Disponível em: <https://www.instagram.com/p/BTsyenvFj5T/>. Acesso em: 26 set. 2020.

ROSSI, M. H. W. A estética no ensino das artes visuais. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 01-21, 2005. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/12415/7345>. Acesso em: 17 jul. 2020.

ROSSI, M. H. W. **Algumas reflexões sobre leitura de imagens.** Fundação Iberê Camargo. Programa Escola. Guia do Professor, São Paulo, 2018. Disponível em: [https://museu.pinacoteca.org.br/wpcontent/uploads/sites/2/2018/06/MHW\\_ROSSI\\_Algumas-reflex%C3%B5es-sobre-leitura-de-imagens.pdf](https://museu.pinacoteca.org.br/wpcontent/uploads/sites/2/2018/06/MHW_ROSSI_Algumas-reflex%C3%B5es-sobre-leitura-de-imagens.pdf). Acesso em: 17 jul. 2020.

SCHANK, R. **Teaching minds:** how cognitive sciences can save our schools. Disponível em: <https://www.rogerschank.com/teaching-minds-how-cognitive-science-can-save-our-schools>. Acesso em: 26 maio 2020.

SCIENTIFIC AMERICAN. **Shining science:** explore glow-in-the-dark water!: a chemistry challenge from Science Buddies. 2014. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/shining-science-explore-glow-in-the-dark-water/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

SEGURA, E.; KALHIL, J. B. A metodologia ativa como proposta para o ensino de ciências. **Reamec – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 87-98, 30 dez. 2015.

SPALDING, M.; BRUMBAUGH, R. D.; LANDIS, E. **Atlas of ocean wealth.** Arlington: The Nature Conservancy, 2016.

TARASIUK, K. **Como a ecolocalização inspirou o sonar.** 2019. Disponível em: <http://jornalismojunior.com.br/como-a-ecolocalizacao-inspirou-o-sonar/>. Acesso em: 29 jul. 2020.

Technology, Entertainment and Design conference (TED). **Biomimicry in action.** 2009. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/janine\\_benyus\\_biomimicry\\_in\\_action](https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_in_action). Acesso em: 14 jul. 2020.

Technology, Entertainment and Design conference (TED). **Biomimicry's surprising lessons from nature's engineers.** 2005. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/janine\\_benyus\\_biomimicry\\_s\\_surprising\\_lessons\\_from\\_nature\\_s\\_engineers#t-1382882](https://www.ted.com/talks/janine_benyus_biomimicry_s_surprising_lessons_from_nature_s_engineers#t-1382882). Acesso em: 14 jul. 2020.

Technology, Entertainment and Design conference (TED). **The weird, wonderful world of bioluminescence.** 2011. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/edith\\_widder\\_the\\_weird\\_wonderful\\_world\\_of\\_bioluminescence#t-222921](https://www.ted.com/talks/edith_widder_the_weird_wonderful_world_of_bioluminescence#t-222921). Acesso em: 1 jul. 2020.

Technology, Entertainment and Design conference (TED). **Using nature's genius in architecture**. 2010. Disponível em: [https://www.ted.com/talks/ichael\\_pawlyn\\_using\\_nature\\_s\\_genius\\_in\\_architecture#t-801475](https://www.ted.com/talks/ichael_pawlyn_using_nature_s_genius_in_architecture#t-801475). Acesso em: 14 jul. 2020.

TORRES, P. L.; IRALA, E. A. F. Aprendizagem colaborativa: teoria e prática. In: TORRES, Patrícia Lupion (org.). **Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento**. Curitiba: Senar, 2014. p. 61-94.

TOURNIER, V. **et al.** An engineered PET depolymerase to break down and recycle plastic bottles. **Nature**, [s.l.], v. 580, n. 7802, p. 216-219, 2020.

UNESCO. **Cultura oceânica para todos: kit pedagógico – manuais e guias da COI**, 80. Veneza-Itália: Unesco, 2020a.

UNESCO. **Manual para garantir inclusão e equidade na educação**. Brasília: Unesco, 2019.

UNESCO. **ONU declara a década da oceanografia em 2021-2030**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-declara-decada-da-oceanografia-em-2021-2030/>. Acesso em: 22 jun. 2020b.

UNESCO. **Repensar a educação: rumo a um bem comum mundial?** Brasília: Unesco. Brasil, 2016.

VIANA, J. P. Introdução. In: INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (Ipea). **Cadernos ODS – ODS 14: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável**. Ipea, 2019. p. 5-9.

VOICES IN THE SEA. **Dolphins**. Disponível em: <http://voicesinthesea.ucsd.edu/species/dolphins/frasers.html>. Acesso em: 25 jul. 2020.

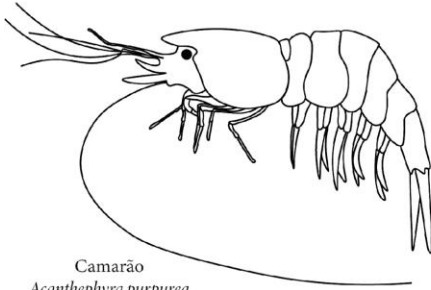
YOUTUBE. **Biomimicry: definition & examples (explained with drawings)**. 2016. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Uhb\\_XNgIHFY](https://www.youtube.com/watch?v=Uhb_XNgIHFY). Acesso em: 14 jul. 2020.

YOUTUBE. **The world is poorly designed. But copying nature helps**. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iMtXqTmfta0>. Acesso em: 14 jul. 2020.

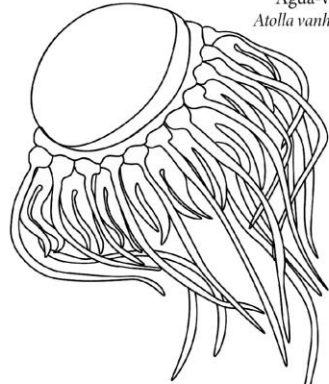
YOUTUBE. **What is biomimicry?** 2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FBUpnG1G4Yq>. Acesso em: 14 jul. 2020.

## Apêndice 1

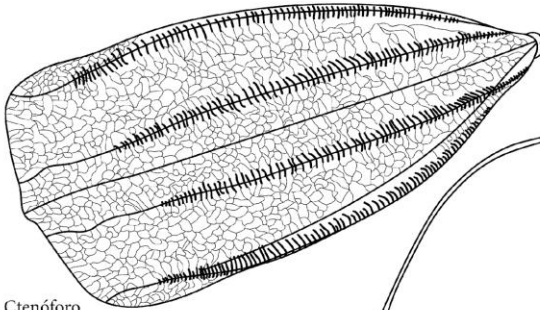
Animais bioluminescentes para colorir.



Camarão  
*Acanthephyra purpurea*



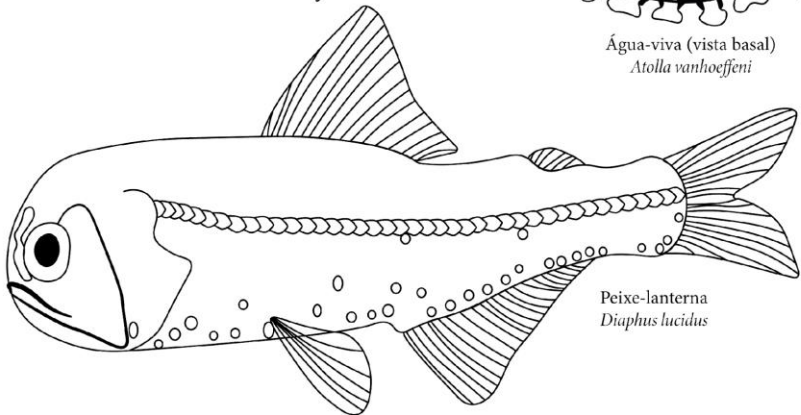
Água-viva  
*Atolla vanhoeffeni*



Ctenóforo  
*Beroe forskalii*

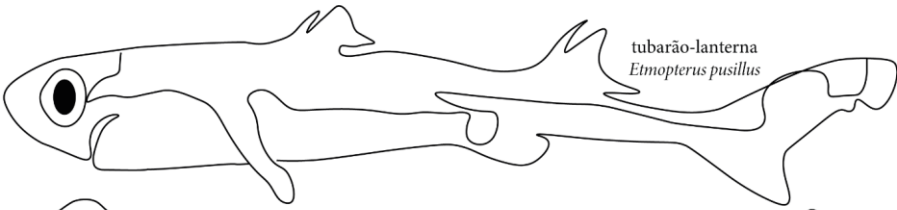


Água-viva (vista basal)  
*Atolla vanhoeffeni*

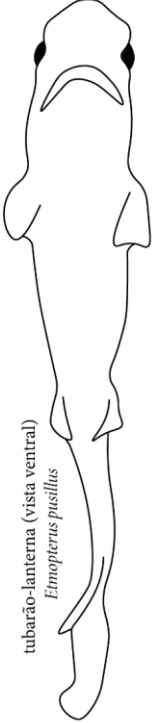


Peixe-lanterna  
*Diaphus lucidus*

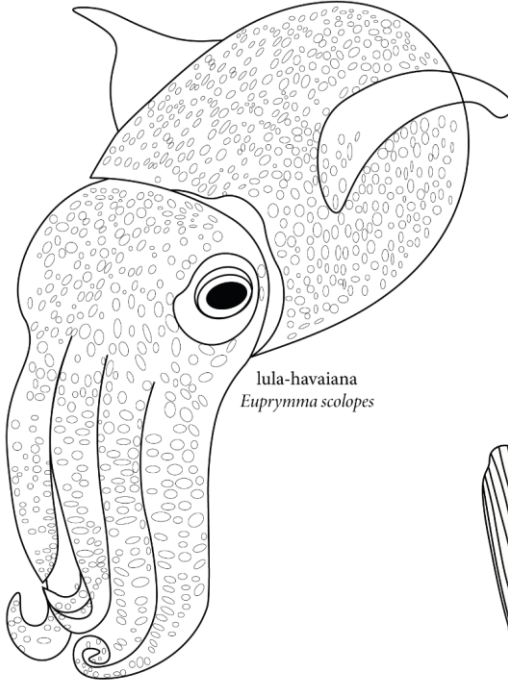




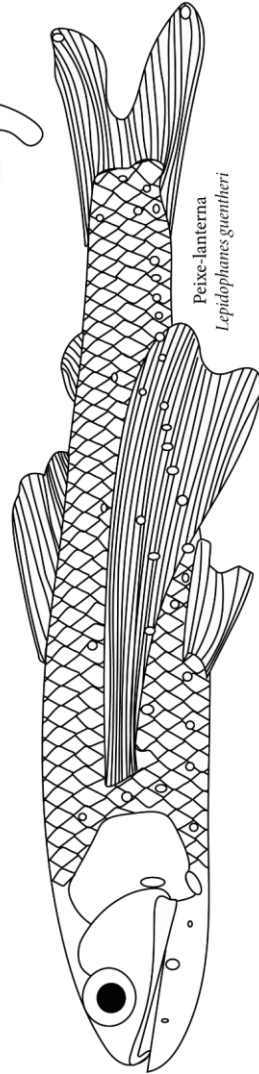
tubarão-lanterna  
*Etmopterus pusillus*



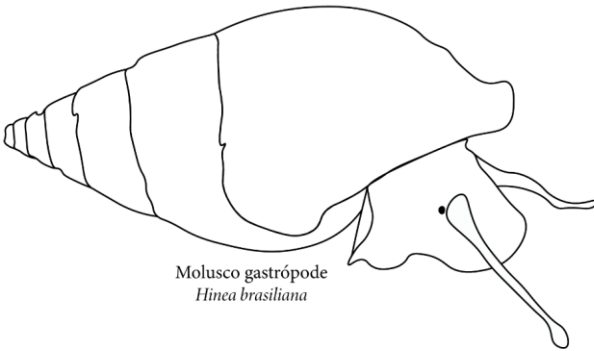
tubarão-lanterna (vista ventral)  
*Etmopterus pusillus*



lula-havaiana  
*Euprymna scolopes*



Peixe-lanterna  
*Lepidophanes guentheri*

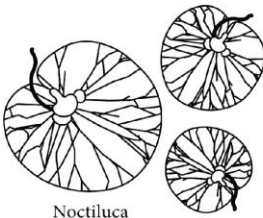
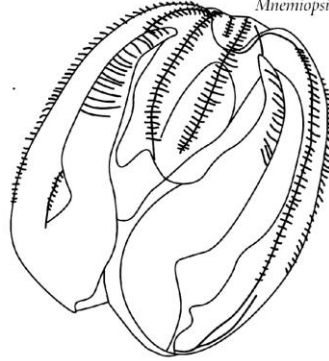


Molusco gastrópode  
*Hinea brasiliana*

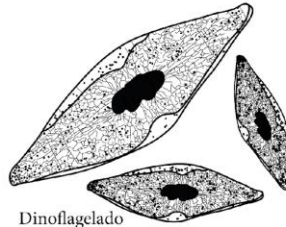
peixe-diabo-negro-do-mar  
*Melanocetus johnsonii*



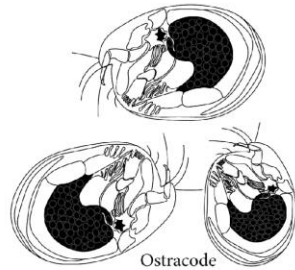
Ctenóforo  
*Mnemiopsis leidyi*



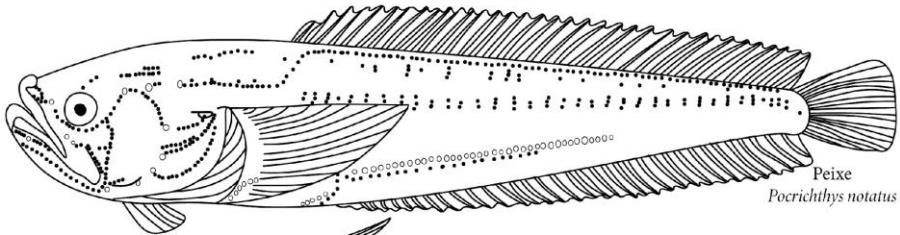
Noctiluca  
*Noctiluca scintillans*



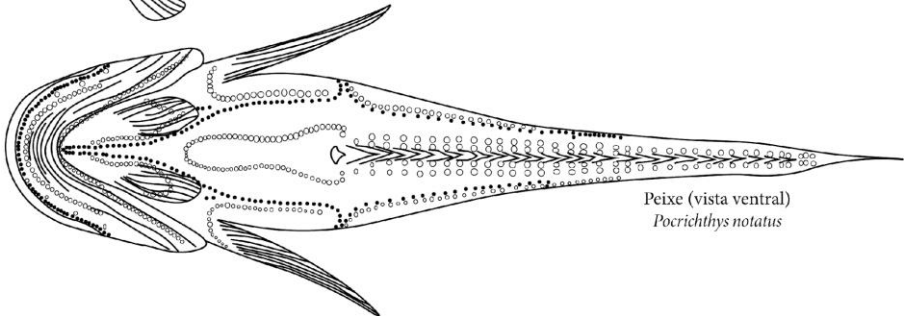
Dinoflagelado  
*Pyrocystis fusiformis*



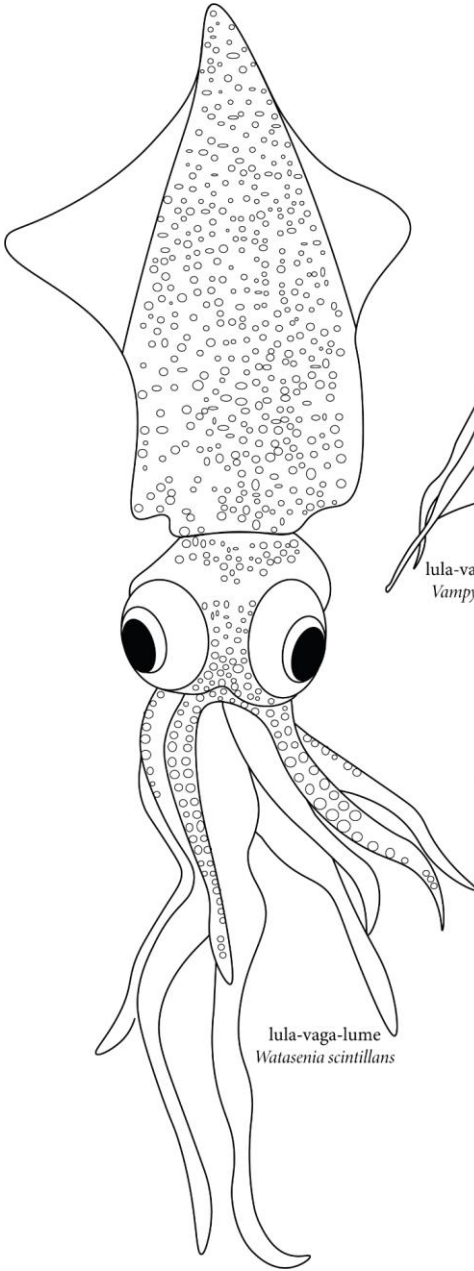
Ostracode  
*Vargula hilgendorffii*



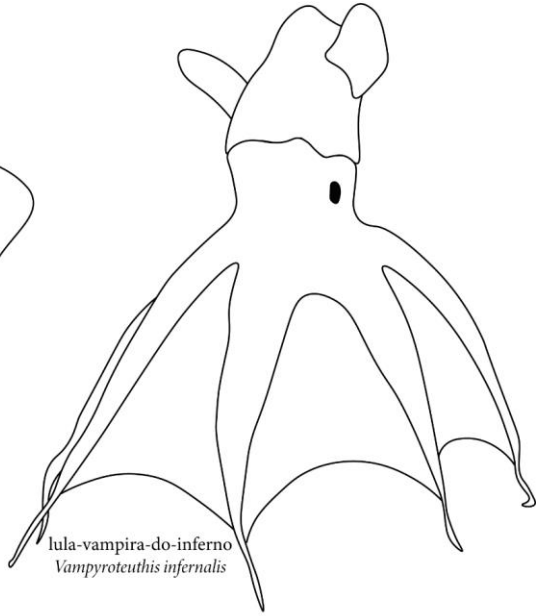
Peixe  
*Pocrichthys notatus*



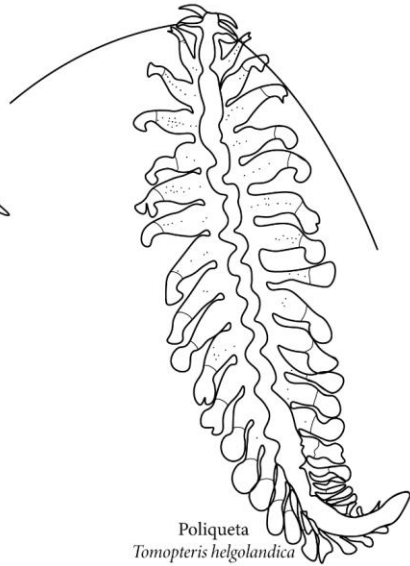
Peixe (vista ventral)  
*Pocrichthys notatus*



lula-vaga-lume  
*Watasenia scintillans*



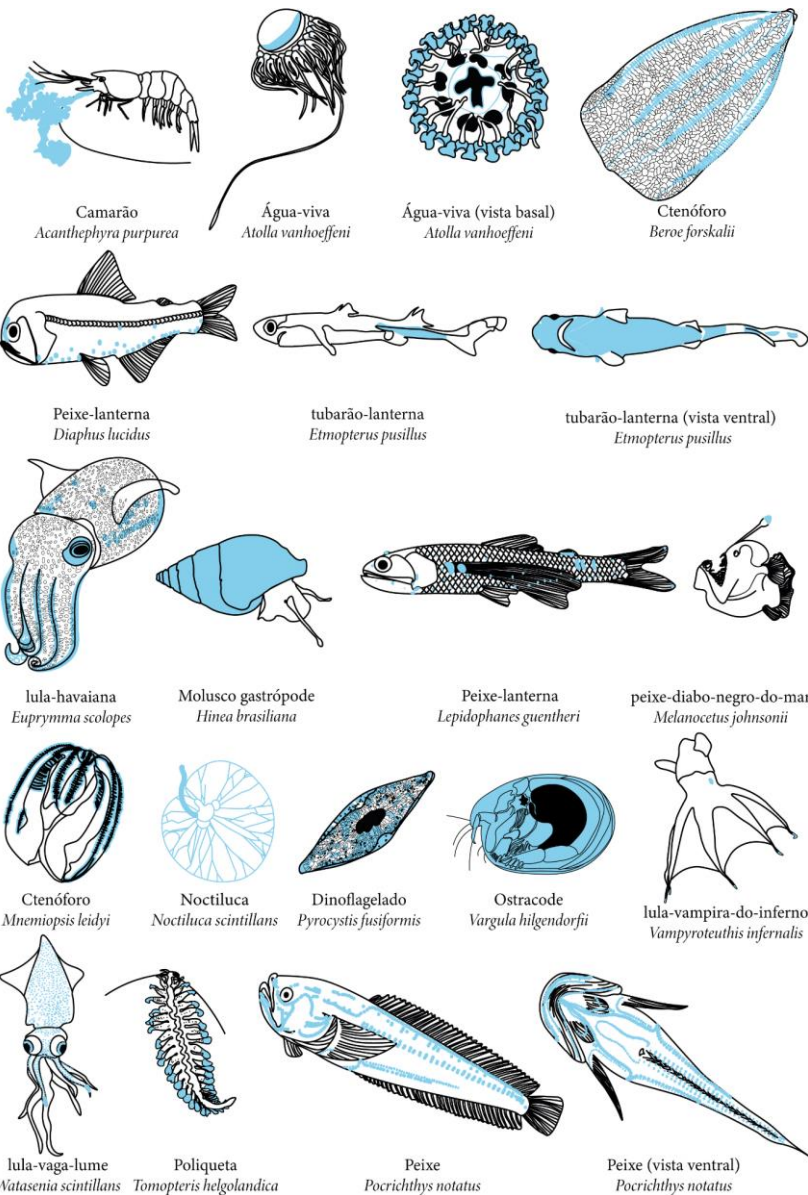
lula-vampira-do-inferno  
*Vampyroteuthis infernalis*



Poliqueta  
*Tomopteris helgolandica*




## Apêndice 2

Gabarito das partes bioluminescentes dos organismos.



## Apêndice 3

Cartas com exemplos de produtos desenvolvidos a partir da biomimética.

 <p>Imagem: Nicolas Picard</p>  <p>Imagem: Juan Burgos</p>	 <p>Imagem: Michael</p>  <p>Imagem: ORNILUX®</p>
<p>teia-de-aranha e ave</p>	<p>vidro</p>
<p>As aranhas fazem sua teia com fios de seda produzidos a partir das glândulas localizadas no posterior do abdômen. A seda é uma proteína líquida que em contato com o ar se torna sólida. Nem toda aranha produz teia, e muitas não usam a teia para capturar animais, mas as que a usam para capturar animais podem usar para interceptar o caminho de uma presa, absorver a energia da presa sem danificá-la ou prender a presa com fios adesivos. Algumas teias são reflexivas no espectro ultravioleta para trazer o efeito de invisibilidade ou atração para a presa ou afastar predadores potenciais.</p> <p>As aves quando voam não conseguem diferenciar o vidro e se acabam morrendo após bater no mesmo porque enxergam de uma maneira diferente de nós, humanos. As aves enxergam em profundidade e muitas vezes veem o reflexo de nuvens ou da vegetação e entendem que o vidro é uma continuação do ambiente.</p>	<p>Milhões de aves morrem diariamente devido a colisões com janelas de vidro, pois elas não conseguem enxergar que o vidro está ali presente. Pensando nisso, a empresa Arnold Glas®, criou um vidro denominado Ornilux®, que consegue reduzir as colisões de pássaros. O vidro possui um revestimento reflexivo ultravioleta que nós humanos não conseguimos enxergar, mas as aves sim conseguem. A ideia veio a partir do estudo de teias de aranhas que incorporam fios de seda reflexivos ultravioleta em sua teia para atrair insetos e evitar animais maiores como aves.</p>



 <p>Imagem: Jason Speck</p>	 <p>Imagem: Nagy Arnold</p>
<p>baleia-jubarte</p>	<p>turbina eólica</p>
<p>As nadadeiras peitorais das baleias-jubarte não são lisas, apresentando saliências denominadas tubérculos. Esse formato encurtado, auxilia na hidrodinâmica do animal, diminuindo a força de arrasto (que surge do atrito entre o corpo e o fluido) para ele se movimentar melhor na água do mar.</p>	<p>Quando o professor Frank Fish, que é chefe de um laboratório que estuda como os animais nadam, foi comprar um presente em uma loja, examinou uma escultura de baleia-jubarte que apresentava saliências na nadadeira. Até esse momento, todos os pesquisadores que estudavam peças destinadas a trazer maior estabilidade a uma aeronave no ar ou para diminuir o balanço de um navio, imaginavam que elas tinham que ser lisas e aerodinâmicas. Porém, por que então havia saliências nas nadadeiras? O professor Frank Fish juntamente com o professor Laurens Howle, após anos de estudo, descobriram que a água que passa pelas saliências se mantém em movimento rápido, diminuindo a força de arrasto. Uma empresa então, aplicou a tecnologia da baleia em turbinas eólicas e ventiladores (ex. ventiladores de computadores), para melhorar a eficiência, segurança e economia.</p>
 <p>Imagem: Shifaz Abdül Hakkim</p>	 <p>Imagem: Zachary XU</p>
<p>recife de coral</p>	<p>metrópole</p>
<p>Os recifes de corais são uma estrutura rochosa resistente a ação das ondas e correntes marinhas construída por animais e vegetais marinhos que possuem esqueleto calcárioo. Para a formação dos recifes, é necessária a atuação conjunta de muitos seres, gerando com isso uma complexa rede de associações e teia alimentar.</p>	<p>O termo metrópole é usado para caracterizar um município que apresenta grande influência econômica, política e sociocultural. A relação com o recife de coral foi realizada devido ao fato da similaridade em relação diversidade. Um ambiente de recife de coral e de uma metrópole é composto por uma diversidade de organismos e pessoas com diferentes funções. Além disso, dentro desse ecossistema marinho, encontramos relações de simbiose, como por exemplo, a relação entre os corais e as zooxantelas. Da mesma forma, em uma metrópole, existem relações de simbiose como, por exemplo, os guias de turismo levando os turistas a lojas já previamente combinadas. De igual maneira, podemos observar que modificações ambientais podem causar transformações em um recife de coral como, por exemplo, alterações na temperatura da água ou derramamento de petróleo que irão causar a morte das zooxantelas ou larvas dos corais adultos. Assim como em uma metrópole altos níveis de poluição atmosférica podem gerar doenças respiratórias crônicas e até mesmo o desenvolvimento de tumores.</p>

 <p>Imagem: Inguar</p>	 <p>Imagem: Julie Ricard</p>  <p>Imagem: Biomimicry Institute</p>
<p>formigas-prateadas-do-saara</p>	<p>campo de refugiados</p>
<p>A formiga-prateada-do-saara, além de ser uma espécie que se movimenta muito rápido, consegue suportar as altas temperaturas e a baixa umidade do deserto do Saara. Para manter a temperatura de seu corpo abaixo de uma temperatura crítica para sua sobrevivência, que é de 53,6 C, elas apresentam adaptações em seu corpo, como, por exemplo, a forma triangular de seus pelos prateados, que refletem a radiação infravermelha e dissipam o calor do corpo.</p>	<p>Os campos de refugiados montados na Grécia para receber pessoas por pouco período de tempo, devido à modificações de leis de asilo europeias, está abrigoando os refugiados por meses ou anos. Porém as instalações não são apropriadas para os extremos climáticos da região, como por exemplo, chuva, vento e tempo frio no inverno e verões muito quentes. Como uma forma de estratégia, foi planejada a criação de estruturas isoladas e resilientes que consegue proteger a população que vive nos campos, chegando-se ao BottleBricks®, que dentre inspirações em diferentes animais, utilizou a capacidade da formiga-prateada-do-saara de resfriar o corpo por refletir totalmente a luz, no projeto. As BottleBricks® são garrafas PET vazias 100% recicláveis e que devido a uma modificação no seu formato, permite que o ar estagnado preso dentro da garrafa, funcione como uma camada isolante contra o calor ou frio externo. A forma estriada na parte externa das garrafas imita os pelos das formigas e mantém o abrigo mais frio, já o outro lado da garrafa absorve a luz do Sol e mantém o abrigo mais quente.</p>
 <p>Imagem: Martin Birkat</p>	 <p>Imagem: Sycamore®</p>
<p>sementes da árvore sicômoro/bordo</p>	<p>ventilador</p>
<p>A árvore <i>Acer pseudoplatanus</i>, conhecida comumente como bordo, sicômoro, padreiro ou sicômoro apresenta sementes que ocorrem em número par em frutos chamados sâmaras, que são secos em forma de asa (aladas). Devido ao formato alado, quando caem, fazem um movimento de hélice devido ao vento e podem se dispersar a longas distâncias.</p>	<p>A forma do fruto com a semente da árvore dentro, inspirou o desenvolvimento de um ventilador com uma pá só. Ele foi criado pela empresa Sycamore® e apresenta uma operação silenciosa e eficiência energética pois imita o equilíbrio entre o peso da semente e o comprimento de uma única asa, que fazem com que as sementes girem suavemente durante a queda livre.</p>

 <p>Imagem: Boris Smokrovic</p>	 <p>Imagem: Bao Menglong</p>
<p style="text-align: center;">martim-pescador</p>	<p style="text-align: center;">trem-bala Shinkansen</p>
<p>O martim-pescador é uma ave que vive próxima a ambientes aquáticos como por exemplo, rios, córregos, lagoas, manguezais, entre outros. Ele possui o bico grande e se alimenta principalmente de peixes. Ao localizar uma presa na água, mergulha sobre ela e após a captura retorna ao poleiro. Ele é o animal mais eficiente do planeta para fazer a transição de baixa pressão (ar) para alta pressão (água).</p>	<p>O projeto do trem-bala começou no ano de 1989 com o objetivo de transportar passageiros japoneses de uma cidade a outras em velocidades de 350 Km/h, porém quando o trem-bala passava por um túnel havia problemas em relação ao ruído, vibração e ondas de pressão. O japonês Eiji Nakatsu, grande observador de aves, resolveu esses problemas utilizando a biomimética a partir das características de três animais. O primeiro, martim-pescador (presente na imagem da atividade) auxiliou na resolução do problema relativo ao barulho de quando o trem entra no túnel. Ele observou que o formato da cabeça e do bico dessa ave, permitem que ele deslize pelo ar e mergulhe com precisão para pegar os peixes. Então o "nariz" do trem foi remodelado para a mesma forma presente no martim-pescador para eliminar o aumento repentino de pressão, acabando com o barulho. A outra ave utilizada para remodelar o trem-bala foi o pinguim-de-adelí. Esse animal resolveu a questão relativa à resistência ao vento, já que o corpo do pinguim possui um formato de fusão, que permite que ele se mova sem esforço pela água do mar para pegar os peixes. Assim, ocorreu a remodelação da estrutura do trem como o corpo do pinguim e a resistência ao vento foi diminuída. O último animal inspirado foi a coruja. A coruja possui penas que absorvem a vibração do som e pequenas serras em suas penas que minimizam os vórtices gerados pelo movimento. A peça que conecta o trem à fonte de energia foi remodelada como as asas da coruja, sendo incluídos pequenos serrilhados o que evitou a vibração e barulho alto do trem por onde passava (sendo uma vantagem principalmente para quem morava perto dos trilhos).</p>
 <p>Imagem: Needpin</p>	 <p>Imagem: Scott Sanika</p>
<p style="text-align: center;">mexilhão-azul</p>	<p style="text-align: center;">cola</p>
<p>O mexilhão-azul é um molusco bivalve que se fixa em superfícies como, por exemplo, rochas. Para conseguir se fixar ele utiliza fibras que saem da sua concha, chamadas de fios de bisso. Os fios de bisso possuem como se fosse um adesivo para conseguir se fixar nas superfícies e agem tanto dentro como fora da água.</p>	<p>O adesivo produzido pelos mexilhões são comparáveis em resistência com as colas produzidas pelo homem, mas não apresentam um composto que causa câncer chamado formaldeído (popularmente conhecido como formol). A empresa Columbia Forest Products<sup>2</sup> ao estudar essas proteínas adesivas marinhas conseguiram modificar uma proteína da soja que faz com que ela se torne semelhante as proteínas adesivas marinhas. Assim criou o Purebond<sup>®</sup>, uma cola de madeira sem formaldeído, que faz com quem aplique o produto não tenha risco de intoxicação e câncer. Além dessa aplicação, outros adesivos inspirados nos mexilhões têm sido desenvolvidos, como por exemplo, para colas cirúrgicas.</p>



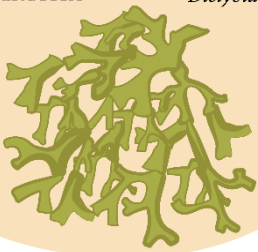
 <p style="text-align: right; font-size: small;">Imagem: Vlad Jovanovic</p>	 <p style="text-align: right; font-size: small;">Imagem: Brady Rogers</p>
<p>polvo</p>	<p>roupa de camuflagem</p>
<p>Os cefalópodes, que incluem os polvos, as lulas e as sépias apresentam uma capacidade de mudança de cor, conseguindo se camuflar no ambiente onde vivem. Eles possuem na superfície da pele cromatóforos, que são células com pigmentos vermelhos, amarelos ou marrons. A camada mais interna da pele apresenta os leucóforos, que são células que refletem a luz do ambiente. Entre a camada de cromatóforos e leucóforos, ainda existem os iridóforos, que são células que quando refletem a luz conseguem criar a cor rosa, amarela, verde, azul ou prateada.</p>	<p>Cientistas observaram a capacidade dos cefalópodes de detectar o ambiente e mudar rapidamente de cor e desenvolveram um dispositivo que age como uma "pele" artificial que pode mudar de cor em segundos sem intervenção humana, conforme o ambiente. Porém, por enquanto ele só é capaz de mudar do preto para o branco e vice-versa, mas o cientista Cunjiang Yu, chefe da pesquisa, diz que ele também pode ser projetado para funcionar com todas as cores. O objetivo é construir folhas para envolver objetos sólidos, podendo ser usado na defesa militar, eletrônicos vestíveis, roupas e outros produtos de consumo.</p>

## Apêndice 4


### Cartas Super Octopus Biotecnologia.


FILO OCHROPHYTA  
ALGA OCRÓFITA


Nome científico  
*Dictyota friabilis*




alga parda

 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1926


 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 9

 MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS  
Antiviral, antimalárica, antilônômica


FILO CHLOROPHYTA  
ALGA CLORÓFITA


Nome científico  
*Penicillus capitatus*




alga verde


 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1813

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 15


 MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS  
Antiviral, antifúngica


**FILO RHODOPHYTA** Nome científico  
**ALGA RODÓFITA** *Plocamium cartilagineum*




alga vermelha


 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1967

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 25


 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Antitumoral, antimicrobiana, antiviral, acaricida, inseticida


**FILO CHLOROPHYTA** Nome científico  
**ALGA CLORÓFITA** *Udotea orientalis*




alga verde

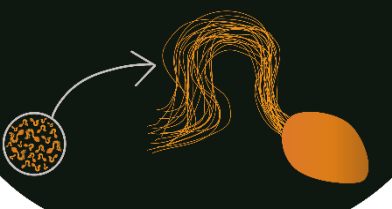
 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1911

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 300


 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Tripanocida, antitumoral


**REINO ARCHAEA** Nome científico  
**MICROORGANISMO** *Pyrococcus furiosus*




arqueia extremofílica

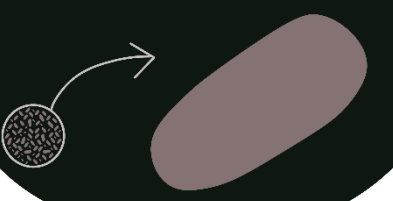
 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1986

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 2000


 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Estabilidade enzimática na indústria de processamento de amido, utilizada como DNA polimerase na reação em cadeia da polimerase (PCR)


**REINO BACTERIA** Nome científico  
**MICROORGANISMO** *Alteromonas macleodii*




bactéria-marinha

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1972

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 2600

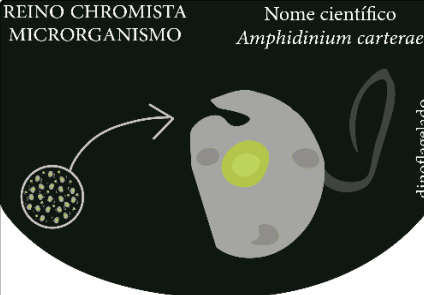
 **MOBILIDADE:** 2

 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Cosmética, produção de biocombustível

**REINO CHROMISTA**  
**MICROORGANISMO**

Nome científico  
*Amphidinium carterae*

dinoflagelado




ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1957

PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 180

MOBILIDADE: 2

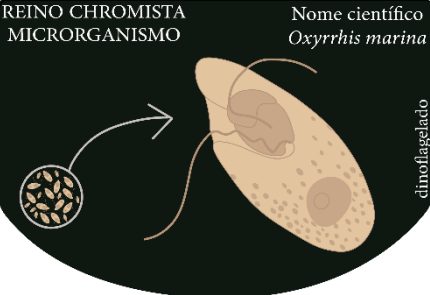
ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS  
Antialgal, antilaval, anti incrustante, presença de carotenoides



**REINO CHROMISTA**  
**MICROORGANISMO**

Nome científico  
*Oxyrrhis marina*

dinoflagelado




ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1841

PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 30

MOBILIDADE: 3

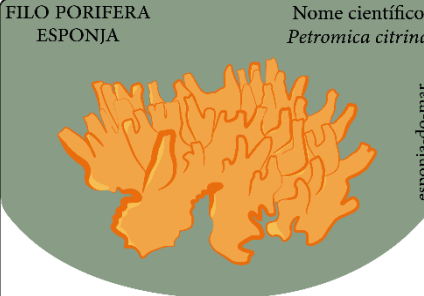
ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS  
Antioxidante



**FILO PORIFERA**  
**ESPONJA**

Nome científico  
*Petromica citrina*

esponja-do-mar




ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 2001

PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 25

MOBILIDADE: 1

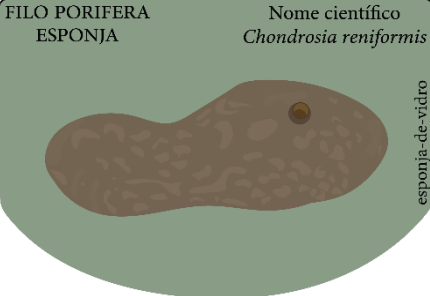
ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS  
Antiviral, antimicrobiana



**FILO PORIFERA**  
**ESPONJA**

Nome científico  
*Chondrosia reniformis*

esponja-de-vidro




ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1847

PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 30


MOBILIDADE: 1

ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS  
O colágeno é utilizado nas indústrias farmacêuticas e biomédicas





**FILO PORIFERA**  
**ESPONJA**


Nome científico  
*Erylus formosus*




esponja-do-mar

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1886

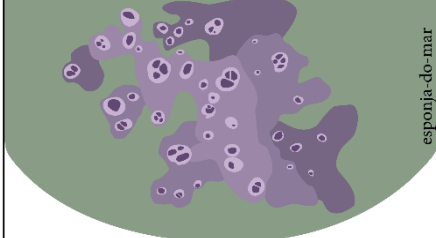
 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 5

 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Bactérias que vivem associadas à esponja possuem atividade antifúngica e antimicrobiana


**FILO PORIFERA**  
**ESPONJA**


Nome científico  
*Mycale angulosa*




esponja-do-mar

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1864

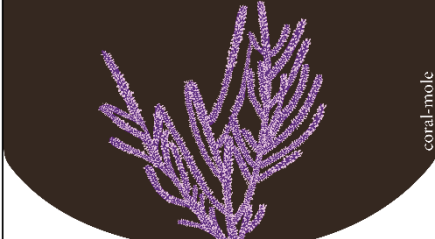
 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 58

 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Tripanocida


**FILO CNIDARIA**  
**CNIDÁRIO**

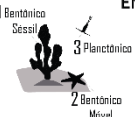
Nome científico  
*Antilloorgia elisabethae*




coral-mole

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1961


 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 31

 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Anti-inflamatória, analgésica


**FILO CNIDARIA**  
**CNIDÁRIO**

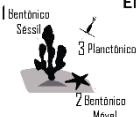
Nome científico  
*Bunodosoma cangicum*




arêmona-do-mar

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1973

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 2


 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Antiepiléptica


**FILO CNIDARIA**  
CNIDÁRIO




Nome científico  
*Carijoa riisei*

coral-mole




 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1860

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 115

 1 Bentônico Sésil  
 3 Plancctónico  
 2 Bentônico Móvel


MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIATIVOS ISOLADOS  
Antitumoral, antiviral e antiprotozoária


**FILO CNIDARIA**  
CNIDÁRIO




Nome científico  
*Protopalythoa variabilis*

zofarínídeo




 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1898

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 4

 1 Bentônico Sésil  
 3 Plancctónico  
 2 Bentônico Móvel


MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIATIVOS ISOLADOS  
Cicatrizante, analgésica


**FILO MOLLUSCA**  
MOLUSCO BIVALVE




Nome científico  
*Mytilus edulis*

mexilhão-comum




 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1758

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 55

 1 Bentônico Sésil  
 3 Plancctónico  
 2 Bentônico Móvel

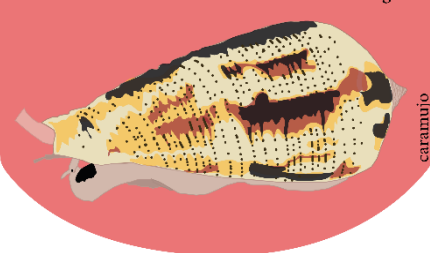
MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIATIVOS ISOLADOS  
Antioxidante, anti-inflamatória, antimicrobiana


**FILO MOLLUSCA**  
MOLUSCO GASTRÓPODE




Nome científico  
*Conus magus*

caramujo




 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1758

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 3

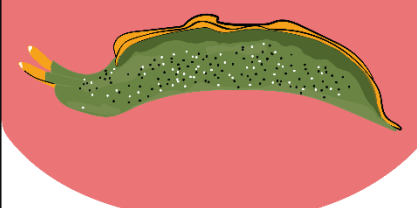
 1 Bentônico Sésil  
 3 Plancctónico  
 2 Bentônico Móvel

MOBILIDADE: 2


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIATIVOS ISOLADOS  
Analgésico, auxiliar no tratamento para diversas doenças neurológicas (ex. trauma medular)


**FILO MOLLUSCA**  
**MOLUSCO GASTRÓPODE**

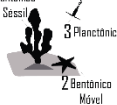
Nome científico  
*Elysia ornata*




lesma-do-mar

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1840


 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 18

 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antifúngica, antitumoral


**FILO MOLLUSCA**  
**MOLUSCO GASTRÓPODE**


Nome científico  
*Megathura crenulata*




lapa

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1825

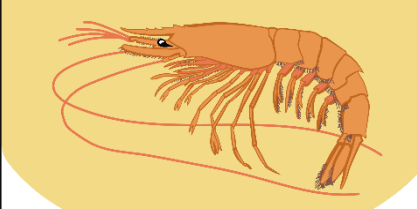
 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 33

 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antitumoral


**FILO ARTHROPODA**  
**CRUSTÁCEO**


Nome científico  
*Parapenaeus longirostris*




camarão

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1846


 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 700

 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antimicrobiana


**FILO ARTHROPODA**  
**CRUSTÁCEO**


Nome científico  
*Callinectes sapidus*




siri-azul

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1896

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 220

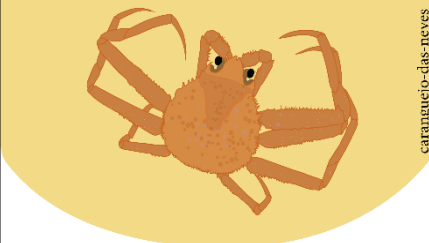
 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
A quitina e a quitosana do exoesqueleto possuem atividade antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, cicatrizante


**FILO ARTHROPODA**  
**CRUSTÁCEO**



Nome científico  
*Chionoecetes opilio*


caranguejo-das-neves



 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1788

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 1400


  **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Bactericida, suplemento alimentar


**FILO ARTHROPODA**  
**QUELICERADO**



Nome científico  
*Limulus polyphemus*


límulo / ferradura-do-atlântico



 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1758

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 200

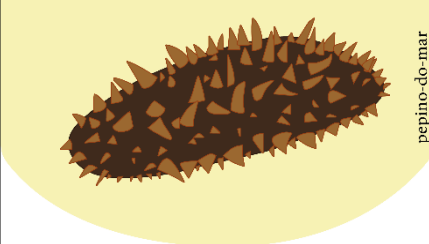
  **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Antimicrobiana


**FILO ECHINODERMATA**  
**EQUINODERMO**



Nome científico  
*Apostichopus japonicus*


pepino-do-mar



 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1867

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 80

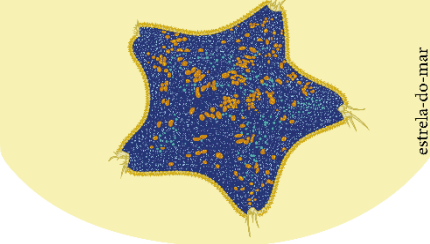
  **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Antitumoral, anticoagulante, antioxidante


**FILO ECHINODERMATA**  
**EQUINODERMO**



Nome científico  
*Patiria pectinifera*


estrela-do-mar



 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1842

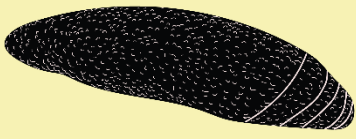
 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 40

  **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOTIVOS ISOLADOS**  
Anti-inflamatória, antitumoral, antiviral, antioxidante





**FILO ECHINODERMATA** Nome científico  
**EQUINODERMO** *Holothuria atra*




pepino-do-mar

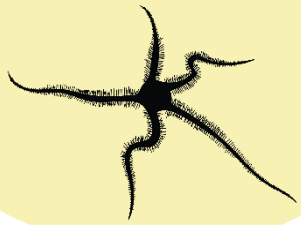
 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1833

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 10


 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antioxidante, antiviral, antifúngica, antitumoral


**FILO ECHINODERMATA** Nome científico  
**EQUINODERMO** *Ophiocoma nigra*




ofíuro / serpente-do-mar

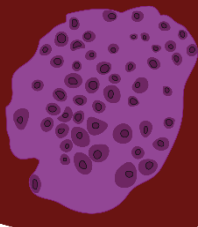
 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1789

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 400


 **MOBILIDADE:** 2


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Anti-inflamatória, antiparasitária


**FILO CHORDATA** Nome científico  
**CORDADO TUNICADO** *Cystodytes dellechiaiei*




ascídia


 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1877

 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 20


 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antitumoral, antimicrobiana


**FILO CHORDATA** Nome científico  
**CORDADO TUNICADO** *Ecteinascidia turbinata*




ascídia

 **ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO:** 1880

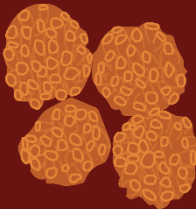
 **PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS):** 24

 **MOBILIDADE:** 1


 **ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS**  
Antitumoral


FILO CHORDATA  
CORDADO TUNICADO


Nome científico  
*Eudistoma vannamei*




ascidia

 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1977

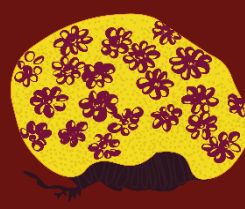
 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 11

 MOBILIDADE: 1


 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS  
Antitumoral


FILO CHORDATA  
CORDADO TUNICADO

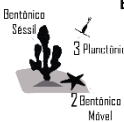
Nome científico  
*Synoicum pulmonaria*




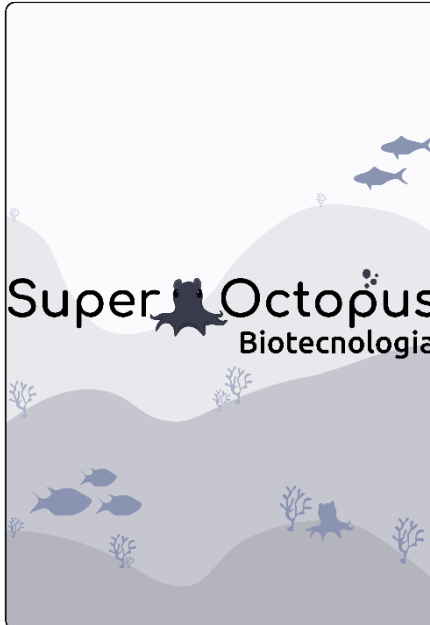
ascidia

 ANO DE ORIGEM DO NOME CIENTÍFICO: 1786

 PROFUNDIDADE MÁXIMA JÁ ENCONTRADA (METROS): 600

 MOBILIDADE: 1

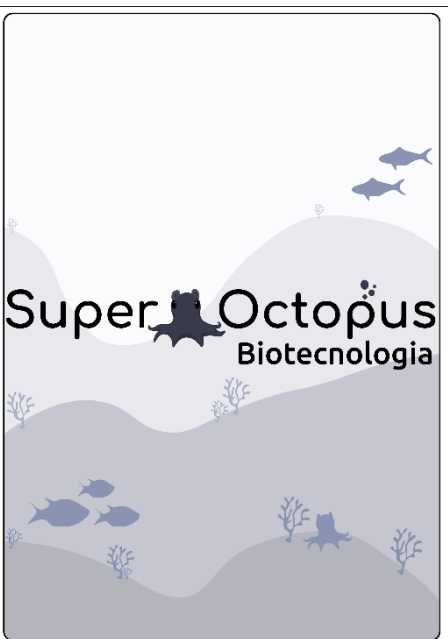
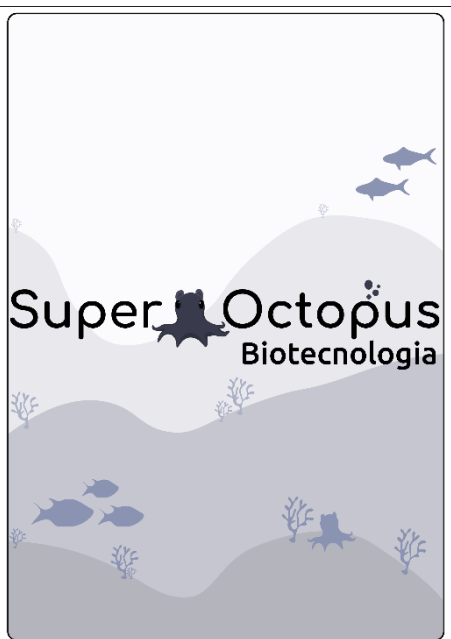
 ATIVIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS ISOLADOS  
Antimicrobiana, antifúngica



Super Octopus  
Biotecnologia



Super Octopus  
Biotecnologia



# Super Octopus Biotecnologia

## MANUAL DE INSTRUÇÕES

Super Octopus Biotecnologia é um jogo que apresenta cartas coloridas com exemplos de organismos marinhos que são fonte de compostos bioativos, cujo potencial biotecnológico atrai interesses científicos e econômicos. Os organismos estão agrupados em oito grupos: algas (laranja claro), microrganismos (verde escuro), esponjas (verde), cnidários (marrom), moluscos (rosa), crustáceos (amarelo areia), equinodermos (amarelo claro) e ascídias (bordô).

O jogo consiste em uma disputa para ver quem fica com todas as cartas do baralho.

**NUMERO DE JOGADORES:** 2 a 8

**COMPOSIÇÃO:** 32 CARTAS, cada uma contendo um organismo marinho, filo ou reino em latim e português, nome científico, nome comum, ano de origem do nome científico, profundidade máxima (metros) encontrada já relatada em artigos científicos, mobilidade do organismo (se bentônico sésil, bentônico móvel ou planctônico) e as principais atividades dos compostos bioativos já isolados do organismo: 1 MANUAL DE INSTRUÇÕES, 1 GLOSSÁRIO.

**PREPARAÇÃO:** as cartas devem ser embaralhadas e distribuídas em número igual para cada um dos jogadores. Cada jogador deverá fazer seu monte e utilizar sempre a primeira carta do monte.

**COMO JOGAR?**

1 - Sorteia-se o jogador que irá iniciar o jogo. Quem iniciar o jogo deve observar as características presentes na carta que está no topo do seu monte. A característica que o jogador julgar ter o valor capaz de superar o valor da mesma informação que se encontra na carta que seus adversários têm em mãos deve ser escolhida.

2 - A característica escolhida deve ser falada em voz alta e todos os outros jogadores devem falar os valores presentes em sua carta para A MESMA característica.

Por exemplo: "O ano de origem do nome científico foi 1877", os demais jogadores também devem dizer o número para a mesma característica. Se os valores não forem iguais, todos os jogadores abaixam a primeira carta de suas pilhas e o jogador com o valor mais alto ganha as cartas dos adversários e as coloca embaixo da sua pilha. Em caso de empate para o valor encontrado na mesma categoria, será escolhida uma nova categoria, na mesma carta, pelo mesmo jogador.

3 - O próximo a jogar é o jogador que fica à esquerda de quem leu as características pela última vez (não necessariamente quem ganhou o monte de cartas). Assim é feito sucessivamente até que acabe com o vencedor ficando com todas as cartas do baralho.



## Super Octopus Biotecnologia

### GLOSSÁRIO

- ACARICIDA:** substância utilizada para matar ácaros.
- ANALGÉSICA:** substância utilizada para aliviar a dor.
- ANTIALGAL:** substância que inibe o crescimento de algas.
- ANTICOAGULANTE:** substância que impede a coagulação do sangue dentro do vaso sanguíneo, prevenindo a formação de trombos sanguíneos.
- ANTI-EPILEPTICO:** substância que evita ou combate ataques epilépticos.
- ANTI-FUNGICO:** substância que previne ou trata uma infecção causada por fungos.
- ANTI-INCrustANTE:** substância que inibe a fixação de organismos a substratos (Ex: cascos de navios).
- ANTI-INFLAMATORIA:** substância utilizada para combater inflamações.
- ANTILARVAL:** substância que inibe o desenvolvimento de larvas.
- ANTILIONOMICA:** substância utilizada no tratamento após o contato humano com as cerdas das espécies de lagartas do gênero *Lonomia*, conhecidas popularmente como taturana, marandová, bicho-que-queima, bicho-cabeludo, entre outros.
- ANTIMALÁRICA:** substância utilizada para prevenir ou curar a malária.
- ANTIMICROBIANA:** substância que inibe ou mata o desenvolvimento de microrganismos (Ex: bactérias, fungos, entre outros).
- ANTIOXIDANTE:** substância que atrasa ou inibe a oxidação de outras moléculas para proteger as células de radicais livres.
- ANTI-PARASITÁRIA:** substância que mata parasitas.
- ANTI-PROTOZOÁRIA:** substância utilizada para matar protozoários.
- ANTITUMORAL:** substância que impede ou combata a formação e o desenvolvimento de tumores.
- ANTIVIRAL:** substância que combate determinado vírus (Ex: HIV, herpes, entre outros).
- BACTERICIDA:** substância que mata bactérias.
- BENTÔNICO:** organismo que vive sobre ou sob um substrato (ex: areia, rocha, ou qualquer outra superfície que sirva de suporte para o organismo) no ambiente aquático.
- BENTÔNICO MÓVEL:** organismo que vive em um substrato, mas que consegue se movimentar.
- BENTÔNICO SÉSSIL:** organismo que é fixo a um substrato, não possui movimentação.

# Super Octopus Biotecnologia

## GLOSSÁRIO

**CAROTENOIDES:** substâncias químicas que atuam como pigmento em plantas e animais e são essenciais para a fabricação da vitamina A em animais.

**CICATRIZANTE:** substância utilizada para cicatrizar ou favorecer a cicatrização.

**COLÁGENO:** proteína responsável por funções como, por exemplo, elasticidade e resistência da pele e constituição das fibras que sustentam o corpo, como, por exemplo, tendões e tecido conjuntivo.

**COMPOSTO BIOATIVO:** substância que tem efeito sobre um organismo, tecido ou célula.

**COSMÉTICA:** substâncias que podem ser utilizadas para fabricação de produtos para estética corporal.

**DOENÇA NEUROLÓGICA:** doença que afeta o cérebro, medula espinhal e nervos.

**ENZIMAS:** são substâncias que aumentam a velocidade das reações químicas dentro do corpo.

**INSETICIDA:** substância utilizada para matar insetos, podendo incluir suas larvas e ovos.

**NOME CIENTÍFICO:** nome em latim dado por um cientista a uma espécie de ser vivo, sendo composto por duas palavras: o gênero e a espécie.

**PLANCTÔNICO:** organismo que vive na água, com pouca ou nenhuma capacidade de locomoção, sendo transportado pela correnteza.

**SUPLEMENTOS ALIMENTARES:** não são medicamentos, e sim são destinados a pessoas saudáveis fornecendo nutrientes, substâncias bioativas, enzimas ou probióticos para complementar a alimentação.

**TRIPANOCIDA:** substância utilizada para matar tripanossomos, que causam, por exemplo, a Doença de Chagas.

## PESQUISA

Kétini Mafalda Sacon Baccin e Paula Mulazzani Candiago

## ILUSTRAÇÕES

Paula Mulazzani Candiago

## REVISÃO

Kétini Mafalda Sacon Baccin

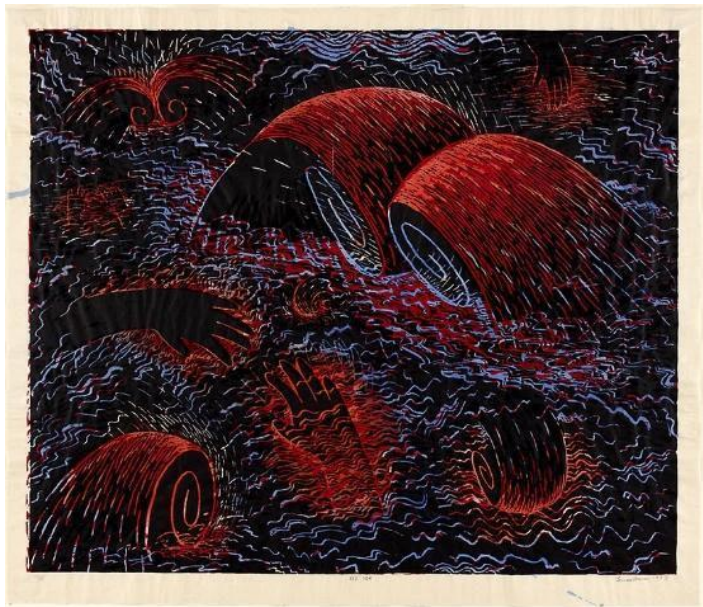
## Anexo 1

Sugestões de obras de arte que podem ser utilizadas na atividade intitulada Imagens que falam.

**Obra:** Love Letter III



Artista: Charles White (ART INSTITVTE CHICAGO, 2020a)

**Obra:** Red sea

Artista: Louisa Chase (ART INSTITUTE CHICAGO, 2020b)

**Obra:** Monumento aos pescadores

Artista: Teonice Rosa (ROSA, 2020)



**Obra:** Sebastián Alonso e Martín Craciun



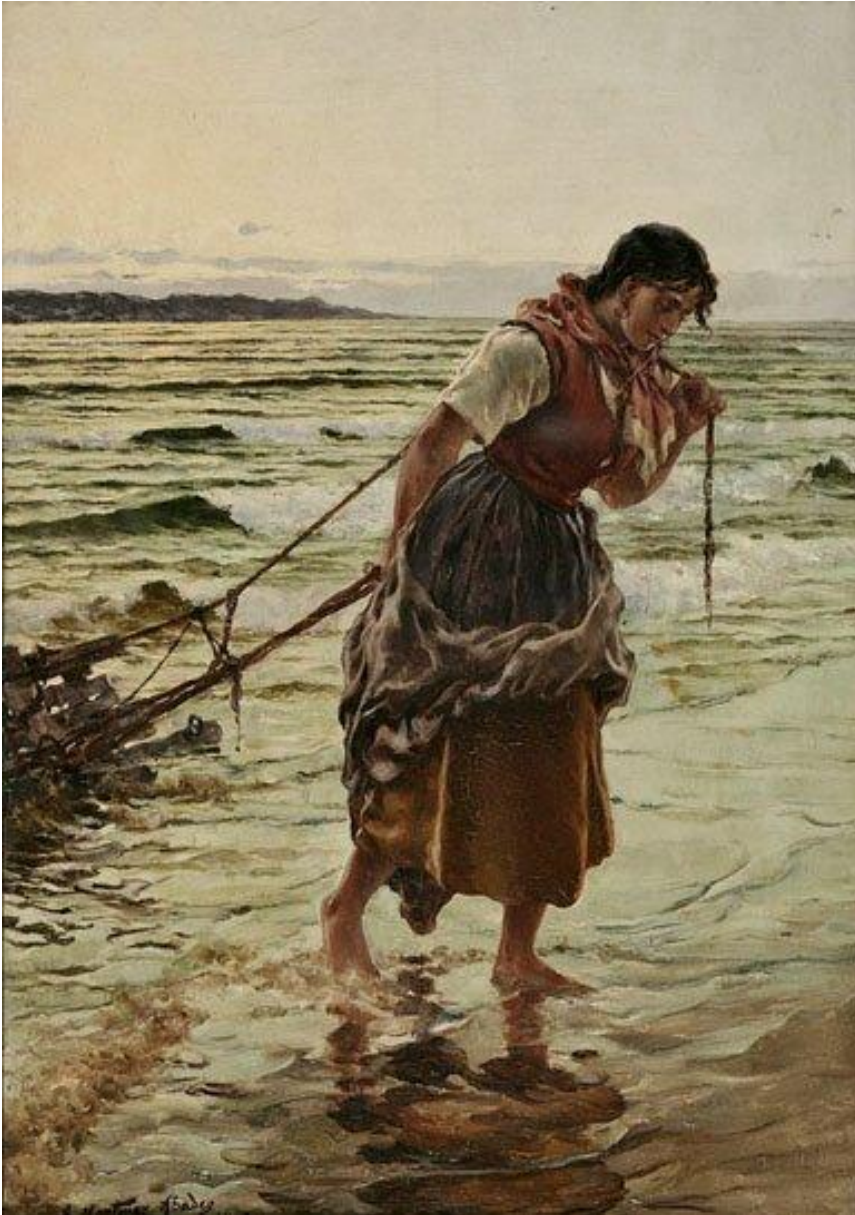
Artista: Tirincón (BIENAL DO MERCOSUL, 2020)

**Obra:** Projeto Marisqueiras do Recôncavo



Autor: Maurício Acioli (ACIOLI, 2020)



**Obra:** Pescadora

Autor: Juan Martínez Abades (ABADES, 2020)

## Anexo 2

### Reportagem poluição plástica no mar

A resposta à poluição marinha se encontra em terra.

Plásticos, produtos químicos e derramamentos de óleo poluem e colocam em risco os ecossistemas marinhos. No entanto, limpar o oceano é ainda raramente possível. As soluções devem, portanto, consistir em reduzir os resíduos e outros materiais perigosos.

Durante décadas, resíduos e materiais perigosos foram despejados no oceano como resultado da atividade humana. Cobrindo mais de dois terços da superfície da Terra, o oceano é tão vasto que o descuido humano parecia improvável de afetá-lo. Mas agora sabe-se que além da sobrepesca, do aquecimento causado pelas mudanças climáticas, do aumento do transporte marítimo e acidificação oceânica, a poluição é uma ameaça aos organismos marinhos e seus habitats.

#### A praga do plástico

Por sua escala, a contaminação por plástico simboliza o impacto humano no meio ambiente, acima de todas as outras formas de poluição causada pelo homem. Devido à má gestão de resíduos, estima-se que a cada ano, 10 milhões de toneladas de plástico são despejadas no mar, 80% das quais vêm do interior, principalmente via rios. “Das regiões costeiras aos polos, da superfície do oceano ao fundo do mar, nenhuma área do oceano está livre dessa poluição. Toda a cadeia alimentar está impactada, desde o zooplâncton até as baleias”, aponta Ika Paul-Pont, do Laboratório de Ciências Marinhas Ambientais. Além de resíduos maiores como sacolas e garrafas, que podem causar a morte de animais por emaranhamento ou obstrução intestinal quando ingeridos, a poluição plástica revela-se

particularmente insidiosa, pois é formada por bilhões de partículas, às vezes com menos de alguns milímetros de diâmetro, produzidas pela degradação do plástico pela radiação ultravioleta e pela ação das ondas. Esses microplásticos, como são conhecidos, são ingeridos por toda a fauna marinha, mesmo os menores organismos, com uma ampla gama de efeitos.

Uma vez ingeridos, esses poluentes podem impedir os animais de se alimentarem normalmente, o que afeta seu crescimento, reprodução e defesa imunológica. “Expusemos ostras aos microplásticos, no laboratório. Esses moluscos se alimentam de microalgas por meio da filtração da água, ingerindo plástico no processo. A presença do polímero significa que os moluscos têm que dedicar mais tempo à filtração – e, portanto, menos à reprodução. Como resultado, observamos uma queda de 40% na taxa de eclosão em comparação com ostras não contaminadas”, explica Paul-Pont. Mais recentemente, cientistas, incluindo pesquisadores do CNRS, também descobriram que os microplásticos continuam a se decompor em partículas ainda menores, do tamanho de nanômetros. Eles são capazes de atravessar as membranas celulares e podem apresentar um risco de toxicidade ainda maior. Embora este campo de pesquisa ainda esteja em sua infância, suas descobertas são aguardadas com ansiedade. Ecossistemas oceânicos não são, de fato, os únicos expostos a tal poluição, já que a vida marinha selvagem acaba em nossos pratos!

Combatendo a poluição por plástico direto na fonte

O que pode ser feito para combater este flagelo? Seria sensato seguir o exemplo da ONG holandesa The Ocean Cleanup e enviar barcos com enormes redes para limpar a vasta extensão de lixo plástico flutuante – o Sétimo Continente, como foi apelidado? Para Jean-François Ghiglione, ecotoxicologista do Laboratório de Oceanografia Microbiana (LOMIC),

a resposta é direta: “é tarde demais para limpar a sujeira. O plástico está em todo o oceano, e os resíduos da superfície representam apenas uma pequena fração do total. Devemos primeiro combater a poluição na fonte, produzindo menos desse material e reciclando-o de forma mais eficiente”.

Embalagens e descartáveis plásticos de uso único, em particular, são o que os cientistas estão de olho. Estes constituem a maior parte da poluição, conforme demonstrado por uma série de campanhas de amostragem de microplásticos marinhos, incluindo as missões da escuna Tara, nas quais Ghiglione está envolvido. Juntos, esses resultados contribuíram para a proibição na União Europeia, de sacolas plásticas, talheres descartáveis, cotonetes, canudos, microesferas em esfoliantes e recipientes de comida.

Olhando para o futuro, cientistas estão tentando encontrar alternativas para esses plásticos, desenvolvendo novos materiais de origem biológica, biodegradáveis e não tóxicos. Ghiglione e sua equipe estão testando a toxicidade de aditivos industriais na fauna marinha, por exemplo, em mexilhões, bem como a taxa de decomposição de polímeros de última geração em ambientes marinhos, com o objetivo de identificar os candidatos mais adequados.

#### Bactéria como solução

Outra estratégia para combater a poluição do plástico é recorrer a bactérias marinhas. Entre as várias espécies que proliferam nos microplásticos, os cientistas identificaram organismos que podem usar suas enzimas para quebra-lo. Essa capacidade foi aprimorada por meio da modificação genética no laboratório e levanta a questão de saber se essas bactérias poderiam ser utilizadas para devorar os resíduos plásticos no mar. Mas aqui, novamente Ghiglione é inflexível: “Em comparação com a taxa com que o plástico entra no mar,

o processo de degradação bacteriana é muito lento para fornecer uma solução”.

CNRS. Disponível em: <https://scienceblog.com/518241/the-answer-to-marine-pollution-lies-on-land/>. Acesso em: 02 set. 2020 (adaptado)



# DETETIVE CIENTÍFICO: DESBRAVANDO MISTÉRIOS ATRAVÉS DO DNA

Gladis Franck da Cunha  
Raquel Cristina Balestrin



## Detetive científico

**Público-alvo:** 9º ano do Ensino Fundamental II e Ensino Médio.

**Conteúdo:** Tecidos, Bioquímica, Biologia Celular, Genética, Física e Química.

**Resumo:** A partir do pressuposto de que os jogos constituem uma estratégia cooperativa tanto no aspecto da construção quanto na questão da sua execução, este capítulo apresenta um jogo didático do tipo “Detetive escocês”, que se inspira nos talentos investigativos do personagem “Stanley Hopkins”, criado pelo escritor Arthur Conan Doyle, na série de romances e contos sobre Sherlock Holmes. No jogo aqui proposto, os investigadores precisam lidar com conhecimentos sobre o DNA e sua aplicação na investigação de um crime, constituindo-se numa interessante estratégia de aprofundamento de conteúdos formais, tanto do Ensino Fundamental quanto do Ensino Médio. Destaca-se aqui que, ao proporcionar um ambiente educacional lúdico e motivador, o professor poderá atuar como um mediador que, a partir da proposição de questionamentos sobre conteúdos conceituais específicos, desafie os estudantes, a aprofundar saberes e buscar informações em fontes fidedignas de pesquisa. Nesse sentido, são sugeridas atividades complementares ao jogo e que abrem possibilidades de aplicação da BNCC, em um contexto de aprendizagem ativa.





## **1 Justificativa**

### **1.1 Nota introdutória**

O presente capítulo começou a ser escrito antes da pandemia denominada Covid-19 e subsequente à quarentena que redundou na suspensão das aulas em março de 2020. Dessa forma, esta justificativa foi revisada e incluiu algumas reflexões sobre esse evento e suas possíveis consequências para a educação e para o perfil de aluno que entrou em férias, em dezembro de 2019, e retornará aos bancos escolares somente ao final da quarentena.

### **1.2 Os desafios impostos aos professores**

Um problema marcante dos professores que atuam na Educação Básica é conseguir despertar o interesse dos estudantes para a apropriação dos conteúdos formais abordados pela escola. Embora cientistas de diversos campos venham alertando que o crescimento econômico tem se baseado no uso insustentável de recursos não renováveis, na redução da biodiversidade, na concentração de dióxido de carbono na atmosfera e na acidificação dos oceanos, além de ter gerado fossos cada vez maiores entre ricos e pobres. O fato é que o petróleo barato, o desenvolvimento tecnológico, a expansão da produção de bens e serviços catalisaram uma melhoria significativa na qualidade de vida de bilhões de pessoas (MARTINI; ALVES, 2015).

Esta melhoria da qualidade de vida foi crescente nas últimas sete décadas, mas se tornou marcadamente visível, a partir dos primeiros anos do século XXI. Contudo, com o evento da pandemia Covid-19 em 2020, essa tão propalada “qualidade de vida” pode ter sofrido um abalo, pois a quarentena imposta a todos, especialmente aos jovens que se

viram cerceados da escola, trouxe novas/“velhas” questões, tais como a fragilidade das tecnologias humanas, para lidar com doenças mortais. Esta pandemia sem igual, desde a Gripe Espanhola, colocou em xeque a excessiva confiança dos adolescentes e jovens na ciência. Voltamos a temer as “pestes” que, ao longo da História da humanidade provocaram milhares de mortes indiscriminadamente, incluindo pessoas de diferentes classes sociais e faixas etárias.

Porém, os estudantes que entraram em férias em dezembro de 2019, ainda estavam vivenciando um período de fartura. Para essa infância e adolescência, a melhoria da qualidade de vida, observada entre os anos de 2010 a 2020, significou o acesso a bens e serviços que encantam os sentidos. Destacam-se nesse contexto as tecnologias de informação e comunicação, os jogos eletrônicos, os filmes de ficção com fantásticos efeitos especiais de computação gráfica,<sup>11</sup> que permitem “ver” heróis como os Vingadores voando e lançando raios de armadura, ou Harry Potter imerso em um fantástico mundo de magia.

Antes da pandemia havia uma questão premente: Como possibilitar que a escola conseguisse competir com os altos níveis de atração dos sentidos, num mundo em que as condições de sobrevivência não eram desafiadas pela falta de comida, abrigo, acesso à educação, etc.? Com o evento da pandemia, o atendimento de saúde foi fragilizado pelos hospitais lotados, em vários países, incluindo o Brasil, restando saber como isso afetará os estudantes, assim que retornarem à escola.

Em relação ao mundo dos estudantes que entraram em quarentena, cabe destacar que estudos científicos apontavam

---

<sup>11</sup>Na sigla em inglês CGI – *computer graphic imagery*.

que “a estabilidade econômica no Brasil permitiu que itens acessíveis somente às classes sociais mais abastadas fossem consumidos na “base da pirâmide” (HEMAIS; CASOTTI; ROCHA, 2013). Nesse contexto de bonança socioambiental, costuma haver uma forte tendência ao hedonismo e consumismo, quando o consumo é um meio para se chegar ao sucesso e à felicidade. Assim, o consumo é descrito como uma forma de gratificação imediata, que dá sentido à vida e se torna uma espécie de passaporte para a eternidade (HEMAIS; CASOTTI; ROCHA, 2013). Todavia, na escola, o conhecimento não está pronto para ser consumido, ele deve ser construído e isso requer esforço de cada estudante, mas os estudantes destas primeiras décadas do século XXI não estavam mais acostumados a realizar esforços para sentirem satisfação. Como, então, cativá-los para o esforço de uma aprendizagem ativa?

Ainda não sabemos como a percepção da proximidade da morte, presente numa pandemia, poderá afetar o desejo dos estudantes pela escola, uma vez que a volta às aulas será um indicativo de que o pior já passou. De qualquer forma, o esforço necessário para a construção do conhecimento é um fato atemporal e não influenciado por eventos catastróficos. Esta é uma condição da inteligência humana, que Piaget explorou ao longo de toda sua obra, da qual podemos destacar suas reflexões sobre a biologia do conhecimento. Sua teoria sobre os aspectos biológicos da inteligência e construção do conhecimento está sistematizada no livro *Biologia e conhecimento*, publicado na França em 1967, com uma primeira versão em Português somente em 1978. Para Piaget o conhecimento resulta sempre da interação entre o sujeito e o objeto em processos contínuos de assimilação e acomodação, que ocorrem em uma espiral ascendente e com alargamentos, de forma que o pensamento se torna mais complexo e amplo, à medida que aprendemos, ou seja, desde que seja mantida a

interação entre sujeito o objeto (PIAGET, 1978). Esta é uma base comum a todas as teorias interacionistas, nas quais se inclui o conceito de aprendizagem ativa. Assim, voltamos à questão inicial, pois, se o interesse do estudante não for cativado para os temas que desejamos que aprenda, ele não aprenderá, poderá memorizar e reproduzir o que foi trabalhado na escola por tempo limitado, mas, se não houver apropriação dos conteúdos, eles serão esquecidos, mais cedo ou mais tarde.

Um segundo e não menos importante desafio imposto aos professores brasileiros foi a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que “define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, de modo a que tenham assegurados seus direitos de aprendizagem e desenvolvimento, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (PNE)” (BRASIL, 2016). Assim sendo, apresentam-se possibilidades de desenvolvimento de aprendizagens essenciais da BNCC, a partir de um jogo do tipo “Detetive escocês”, **Detetive de DNA** (ver adiante), que se inspira nos talentos investigativos do personagem *Stanley Hopkins*, criado pela imaginação do escritor escocês Arthur Conan Doyle, na série de romances e contos sobre Sherlock Holmes (PENZLER, 2018).

### 1.3 Qual a importância didática dos jogos?

No âmbito da aprendizagem ativa, os jogos constituem uma estratégia cooperativa, tanto no aspecto da construção quanto na questão da sua execução. Algumas modalidades de jogos são pródigas nesse aspecto. Segundo alguns autores, por meio do jogo e com a intervenção do professor, o estudante poderia fazer generalizações para aspectos de sua vida, como

o familiar, o social ou o escolar. As generalizações em âmbito social referem-se à obediência às regras, ao respeito aos limites, enquanto o âmbito escolar é atendido pelo desenvolvimento das habilidades do aluno em interpretar, já que as regras devem ser compreendidas, para ele tornar-se um bom jogador. Também envolve a habilidade de classificar, uma vez que suas ações precisam ser classificadas em boas ou más para jogos futuros e, por fim, a habilidade de operar informações, seja sobre os outros jogadores, seja àqueles ao seu redor, seja aos do seu mundo real (SERAFIM, 2015).

As reflexões acima são essenciais para definição do nosso problema que envolverá uma proposta de utilização de um jogo sobre o uso das tecnologias de DNA na investigação criminal, com vistas a aplicar a BNCC em um contexto de aprendizagem ativa.

## **2 Problema**

Como despertar o interesse dos estudantes para que se envolvam, voluntariamente, em um processo de aprendizagem ativa de conteúdos sobre o DNA e suas tecnologias?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver uma sequência didática com o uso do jogo “Detetives de DNA”, para incentivar a aprendizagem ativa sobre o DNA e suas aplicações práticas no cotidiano, desenvolvendo as unidades temáticas, os objetos de conhecimento e as habilidades preconizadas pela BNCC, em diferentes etapas da Educação Básica.

### 3.2 Objetivos específicos:

1. utilizar o jogo “Detetives de DNA”, como estratégia de formação científica, em diferentes etapas da educação básica, explorando aspectos das relações dos estudantes com as tecnologias;
2. motivar e desafiar os estudantes, a partir da proposição de questionamentos, a aprofundarem saberes e buscar informações em fontes fidedignas de pesquisa;
3. sugerir abordagens específicas para o 9º ano do Ensino Fundamental e para o Ensino Médio.

## 4 Referencial teórico

### 4.1 O que são as metodologias de aprendizagem ativa?

Todas as metodologias de aprendizagem ativa têm como prerrogativa o **interacionismo**, que foi introduzido na pauta das pesquisas em educação, a partir dos trabalhos de Jean Piaget.

Embora possam existir propostas cognitivistas anteriores às de Jean Piaget (1896-1908) as suas foram, sem dúvida, pioneiras no enfoque construtivista à cognição humana. Suas propostas configuram uma teoria construtivista do desenvolvimento cognitivo humano (MOREIRA; MASSONI, 2015, p.14).

Para Piaget (1978) a biologia do conhecimento se apoia em dois polos: assimilação e acomodação. Tanto um quanto o outro resultam das interações entre o sujeito e o objeto e esta interação depende do interesse do sujeito pelo objeto. “A assimilação aponta para o fato de que a iniciativa na interação sujeito-objeto é do organismo (mente). [...] A estrutura cognitiva

do sujeito é um repertório de esquemas de assimilação que são esquemas de ação” (MOREIRA; MASSONI, 2015, p.16). Existem muitos esquemas de assimilação, a partir do momento em que o indivíduo constrói a capacidade da linguagem. Tais esquemas permitem lidar com grande quantidade de situações e “objetos”; contudo, diante de uma situação nova, para a qual ainda não há um esquema construído, surge um conflito cognitivo e, para dar conta dessa nova situação, o organismo se modifica ou desiste. No caso de modificação, ocorre a “acomodação”, que resulta na construção de novos esquemas cognitivos (MOREIRA, 2011, p. 100).

Um exemplo simples de acomodação pode ocorrer, quando uma pessoa que domina o desenho manual com lápis resolve aprender a pintar com pincel. A forma de segurar um lápis e um pincel é diferente, ou o uso de tinta líquida, em vez do grafite, também exige nova habilidade; estas diferenças são o conflito cognitivo. O ato de aprender a pintar resulta de um processo de “acomodação” que envolve a ampliação de um esquema anterior. Porém, se, diante das dificuldades iniciais, o sujeito desiste, não se forma o novo esquema, e ele não aprenderá algo novo. Assim, “não há acomodação sem assimilação e o equilíbrio entre assimilação e acomodação é adaptação à situação” (MOREIRA; MASSONI, 2015, p.17).

A partir desses conceitos, podemos resumir as metodologias de aprendizagem ativa como a utilização de estratégias de ação dos sujeitos sobre o objeto, de forma que cada aluno consiga fazer descobertas próprias e construir seu conhecimento em um contexto de ensino e aprendizagem, em que o professor atua como mediador desse processo.

Diante do exposto, temos dois desafios impostos ao professor, que deseja desempenhar o papel de mediador da construção do conhecimento: cativar o interesse do aluno e

criar condições para que ele não desista. O presente capítulo propõe a utilização de um jogo, como forma de cativar o interesse do aluno e se sugere para cada série alguns desafios possíveis, para que as informações contidas no jogo sejam compreendidas e ampliadas, de acordo com as diretrizes curriculares da BNCC (2016) para o ensino das Ciências da Natureza e suas tecnologias.

#### **4.2 Por que é interessante a utilização dos jogos?**

Além de Piaget, um dos marcos para as metodologias de aprendizagem ativa é a teoria de Lev Vygotsky (1896-1934) do ensino como processo social:

A parte mais conhecida da extensa obra produzida por Vygotsky em seu curto tempo de vida converge para o tema da criação da cultura. Aos educadores interessa em particular os estudos sobre desenvolvimento intelectual. Vygotsky atribuía um papel preponderante às relações sociais nesse processo, tanto que a corrente pedagógica que se originou de seu pensamento é chamada de socioconstrutivismo ou sociointeracionismo (FERRARI, 2008, s./p).

A interação social pressupõe, ao menos, dois indivíduos envolvidos. É através da aprendizagem, nas relações com os outros, que são construídos os conhecimentos, os quais tornam possível o desenvolvimento mental (SANTOS, 2008). O estabelecimento de interações sociais é um dos elementos essenciais da educação, especialmente relevantes para a aprendizagem ativa, quando a construção dos conhecimentos pode ser mediada e compartilhada socialmente.

Nesse sentido, os jogos são um elemento de socialização, uma vez que incluem regras de colaboração, porque um jogo não pode ser jogado a não ser que os jogadores concordem



mutuamente com as regras e cooperem seguindo-as e aceitando suas consequências, além de envolverem o componente desafiador que lhes possibilita utilizar estratégias para atingir um objetivo (KAMII; DEVRIES, 1991).

Ainda sobre a socialização que os jogos garantem, historicamente, destaca-se que, no período entre a Europa feudal à Renascença, os jogos possibilitam o estabelecimento de companheirismo e cumplicidade além dos contextos formais da família:

Há em primeiro lugar o jogo, o jogo por excelência, o jogo de azar (*ad zardum*) que é um jogo de dados. As pessoas se entregam a ele por toda parte, com paixão, de dia ou, sobretudo à noite, em casa (e reencontramos o privado doméstico), em certos lugares tolerados (feiras, mercados), porém ainda mais de maneira clandestina por toda parte onde um espaço, mesmo restrito, pode abrigar e dissimular alguns jogadores e um toco de vela: mercados desertos, *loggie*, desvãos de portas, cantos de uma praça, ribanceira de um rio, etc. Grupos aí se aglomeram, em meio às vociferações surdas, reunindo ao acaso dos encontros desconhecidos originários dos mais diversos bairros, inteiramente fora dessa sociabilidade normal que une as pessoas dos mesmos bairros ou das mesmas paróquias. E, no entanto, essa fauna do jogo, a despeito do desconforto do frio, das rondas policiais (que se dão a conhecer), agarra-se com paixão àquilo que a reúne. Excrescência particular, secreta, exigente, mas corrente da sociabilidade privada, ela tem seu lugar nesse percurso panorâmico do privado (RONCIÈRE, 1990, p.173).

Contudo, até o século XVI, os jogos eram vistos como fúteis e atividades de pessoas desocupadas ou ociosas, e esta visão permaneceu inalterada até que os jesuítas perceberam o potencial dos jogos como método de ensino, uma vez que eles podem despertar o desejo de aprender (SERAFIM, 2015). Assim, um bom jogo deve propor alguma coisa interessante e desafiadora para ser resolvida, além de permitir que os jogadores possam participar ativamente do começo ao fim (KAMII; DEVRIES, 1991). O uso de jogos, orientado pela perspectiva psicogenética da aprendizagem e desenvolvimento, tem como objetivos contribuir para o desenvolvimento social, emocional e mental e ser uma força motivadora nos exercícios escolares. Nesta perspectiva, a metodologia proposta aqui é a de que o professor possa utilizar o jogo **Detetive de DNA** como estratégia de introdução de diferentes conteúdos curriculares, em conformidade com o que está previsto para cada ano do Ensino Fundamental e Médio. Através do jogo, poderão ser formados os grupos cooperativos de trabalho que, posteriormente, buscarão novas informações, para aprofundar os conhecimentos em diferentes áreas das Ciências da Natureza e de suas tecnologias.

### **4.3 Orientações da BNCC sobre o ensino das Ciências da Natureza e suas tecnologias**

Em relação às Ciências dos anos finais do Ensino Fundamental, suas unidades temáticas e seus objetivos de conhecimento, a BNCC reflexiona que,

nos anos finais do Ensino Fundamental, a exploração das vivências, saberes, interesses e curiosidades dos alunos sobre o mundo natural e material continua sendo fundamental. Todavia, ao longo

desse percurso, percebem-se uma ampliação progressiva da capacidade de abstração e da autonomia de ação e de pensamento, em especial nos últimos anos, e o aumento do interesse dos alunos pela vida social [...]. Essas características possibilitam a eles, em sua formação científica, explorar aspectos mais complexos das relações consigo mesmos, com os outros, com a natureza, com as tecnologias e com o ambiente; [...] (BRASIL, 2016, p. 343).

Ainda, de acordo com a BNCC, à medida que se aproxima a conclusão do Ensino Fundamental, os alunos são capazes de estabelecer relações ainda mais profundas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, o que significa o uso do conhecimento científico e tecnológico para conhecer o mundo. Já em relação ao Ensino Médio, a BNCC preconiza:

É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza (BRASIL, 2016, p. 547).

Com base nesses pressupostos, a partir das unidades temáticas e dos objetos de conhecimento propostos, serão sugeridos conteúdos que poderão ser aprofundados a partir

do jogo. Ou seja, o jogo será usado como uma atividade de integração e sensibilização, para envolver os estudantes na busca de informações e aprofundamento de conteúdos relacionados aos diferentes objetos de conhecimento das Ciências da Natureza e de suas tecnologias, tendo em vista que a BNCC estabelece que os conhecimentos conceituais constituem uma base, que permite aos estudantes investigar e “discutir situações-problema que emergjam de diferentes contextos socioculturais” (BRASIL, 2016, p. 548).

## 5 Metodologia

### 5.1 O jogo Detetive de DNA

Peter foi encontrado morto no seu quarto de hotel. Quem poderia tê-lo matado? Que provas de DNA você pode encontrar no local do crime, e como elas podem ser analisadas? Você consegue descobrir o assassino?

#### 5.1.1 Materiais

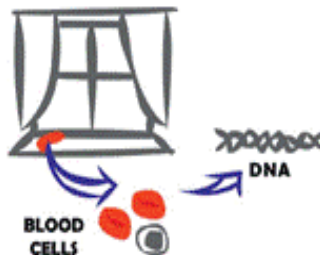
Para jogar o jogo, você necessitará dos seguintes materiais, os quais seguem nos anexos x, y, z:

- fichas de trabalho (uma por aluno ou grupo de alunos). Anexo 5;
- um conjunto de cartões com evidências provas de DNA para serem dispostos pelo local do crime; ver **Figura 1** (Anexo 1);
- um conjunto de depoimentos dos suspeitos (verde) e o relatório do médico legista patologista (roxo); ver **Figura 2** (Anexo 2);
- alguns conjuntos (um por grupo) de cartões com perfis de DNA de suspeitos (azul) e da vítima (roxo); ver **Figura 3** (Anexo 3);

- um conjunto por grupo de cartões mostrando os perfis de DNA encontrados na cena do crime e das pessoas no banco de dados de DNA; ver **Figura 4**. Esses materiais só deverão ser fornecidos aos alunos mais tarde (Anexo 4).

Idealmente, todos os materiais, com exceção das fichas de trabalho, devem ser impressos em cores e plastificados, a fim de maior durabilidade e reutilização.

**Figura 1** – Um dos cartões com provas de DNA



Fonte: Imagem de cortesia de Gene Jury.

**Figura 2** – O depoimento de um suspeito

SCOTTISH DNA DETECTIVES Suspect Info & Statement	
Name: Lisa	Picture
Age: 26	
Job: Hotel Maid	
<b>Statement</b>	
"Last night I went to the cinema with friends - you can ask anyone. I remember cleaning Peter's room yesterday at about 2 o'clock because I cut my hand on the window."	

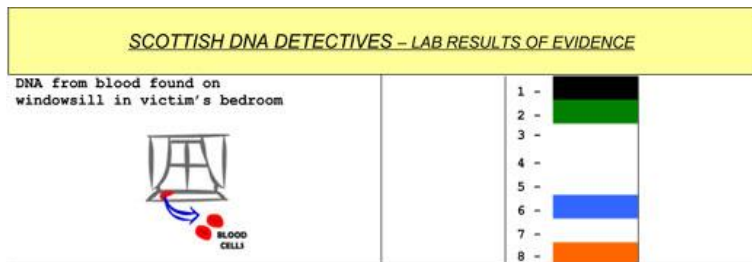
Fonte: Imagem de cortesia de Gene Jury.

**Figura 3** – O perfil de DNA de um suspeito



Fonte: Imagem de cortesia de Gene Jury.

**Figura 4** – Perfil de DNA da evidência da prova



Fonte: Imagem de cortesia de Gene Jury.

### 5.1.2 Preparando o jogo

Este jogo é para aplicar em turmas com, pelo menos, quinze alunos, mas se torna mais competitivo em turmas com vinte ou mais alunos.

#### Papéis dos alunos e do(a) professor(a)

Seis alunos desempenham o papel de suspeitos: Alex, Eric, Lisa, Olívia, Melinda e Dave. Entregue a cada aluno o cartão com o depoimento e o cartão com o perfil de DNA da personagem correspondente.

Um dos alunos é o médico legista patologista da polícia; entregue a ele o cartão com o relatório do médico legista patologista e o cartão com o perfil de DNA da vítima.

Opcionalmente, um aluno representa a vítima: deitando-se no chão com uma faca de papelão (ou um substituto) na sua proximidade. Mesmo que decida imaginar a vítima e a arma, coloque os cinco cartões com provas de DNA (a lâmina da faca, o cabo da faca, as unhas da vítima, o casaco da vítima, e o sangue na janela) no 'local do crime' e desenhe com giz a silhueta da vítima.

Os demais alunos são os investigadores, trabalhando em grupos de aproximadamente quatro integrantes. Entregue aos alunos as fichas de trabalho.

O professor desempenha o papel de inspetor-chefe e de laboratório forense. Precisa das fichas com os perfis de DNA das evidências provas e da base de dados de DNA.

### 5.1.3 Jogando o jogo

- **Inspetor-chefe (professor):** Leia em voz alta as instruções à turma.

*Ontem à noite no hotel local, foi descoberto um crime terrível. Peter, um conhecido empresário, foi encontrado morto no seu quarto de hotel por dois hóspedes, Alex e Olívia, às 23h. Eles telefonaram imediatamente para a polícia, que chegou ao local pouco tempo depois. O patologista examinou o corpo e estimou a hora da morte como sendo às 21h, pouco tempo depois de Peter ter acabado de jantar.*

*Peter tinha estado nessa noite num jantar com uns amigos, para comemorar o término de escrita à mão de um livro sobre sua vida. A festa decorreu na sala de jantar do hotel com os seus cinco amigos, os quais passaram essa noite no hotel. Após a*

chegada da polícia, os cinco hóspedes e a empregada do hotel foram acordados e chamados para serem interrogados.

- **Investigadores:** Analisar o local do crime e utilizar o Quadro 1 para registrar quaisquer evidências provas (os cartões com as evidências provas de DNA da **Figura 1**; foi introduzido um exemplo no quadro abaixo).

Quadro 1 – Recolhendo as provas no local do crime

Tipo de amostra (ex.: sangue ou pele)	Onde foi encontrada?
Pele	No casaco da vítima

- **Investigadores:** Entreguem as provas no laboratório forense (professor) para análise.
- **Patologista Médico Legista da polícia:** Lê em voz alta o relatório da análise do corpo da vítima.
- **Investigadores:** Tirem notas acerca do relatório do médico legista patologista.
- **Suspeitos:** Leiam seu depoimento sobre quem são e aquilo que sabem acerca do local do crime (**Figura 2**).
- **Investigadores:** Usando o **Quadro 2**, em baixo, tirem notas acerca dos depoimentos dos suspeitos. Quem pode ser o assassino? Todos deram autorização para recolher seu DNA, mas o inspetor-chefe de Polícia apenas permitiu recolher amostras de dois suspeitos. Decidam quais são os dois que vão amostrar.



Quadro 2 – Provas dos suspeitos

Nome	Notas do depoimento do suspeito	Suspeitas dele/dela?	Pedir amostra (escolher dois)
Alex			
Eric			
Olívia			
Lisa			
Melinda			
Dave			

- **Investigadores:** Recolher uma amostra de cada um dos dois suspeitos que selecionaram (as amostras já foram analisadas pelo laboratório, para facilitar seu trabalho).
- **Suspeitos:** Entreguem seu cartão com o perfil de DNA (**Figura 3**) ao investigador que o pedir.
- **Laboratório forense:** Entregue aos investigadores os resultados da análise de DNA do local do crime (o perfil de DNA da vítima), e os perfis de DNA encontrados nas evidências provas (**Figura 4**).
- **Investigadores:** O perfil de DNA de algum dos dois suspeitos corresponde aos perfis de DNA em quaisquer das evidências provas encontradas no local do crime?

**Investigadores:** Usando o Quadro 3, abaixo, o que podem concluir dessa comparação? Sabem quem é o assassino?

Lembrem-se daquilo que os suspeitos declararam nos seus depoimentos, e não se esqueçam de que nem todo DNA encontrado no local do crime está, necessariamente, relacionado com o homicídio.

**Quadro 3 – As conclusões dos investigadores**

<b>Amostra do local do crime (Evidências)</b>	<b>Este perfil corresponde ao de algum suspeito? Se sim, qual?</b>	<b>Pensas que esta amostra é do assassino?</b>
<b>Sangue no parapeito da janela</b>		
<b>Sangue na lâmina da faca</b>		
<b>Células epiteliais no cabo da faca</b>		
<b>Células epiteliais sob as unhas da vítima</b>		
<b>Células epiteliais no casaco da vítima</b>		

- **Inspetor-chefe:** Algum dos grupos identificou o assassino? Se não, informe que os investigadores podem comparar as amostras recolhidas no local do crime com as incluídas numa base de dados nacional de DNA. Pode decidir deixar os investigadores comparar suas amostras com as da base de dados, mesmo que tenham identificado um suspeito.

- **Investigadores:** Conseguem encontrar uma correspondência entre as evidências provas recolhidas no local do crime e os perfis de DNA da base de dados (**Figura 4b**)? Quem pode ser o assassino?
- **Inspetor-chefe:** quando todos os grupos tiverem decidido quem pensam ser o assassino, revele sua identidade, lendo o texto abaixo com a confissão.

*Após sua detenção, Eric decidiu confessar à polícia o que aconteceu naquela noite.*

*No seu passado, Eric tinha sido detido várias vezes por posse e consumo de drogas. Tinha decidido esquecer sua antiga vida e, atualmente, tinha seu próprio restaurante. Apenas algumas pessoas conheciam seu passado, incluindo Peter. Peter também tinha um passado sombrio, e conhecia Eric muito bem. Ele tinha decidido escrever sobre Eric e incluir pormenores acerca das suas atividades criminais, no livro da sua biografia.*

*Na noite do homicídio, Peter estava comemorando o término do seu livro, jantando no hotel com alguns amigos, incluindo Eric. Durante a conversa no jantar, Eric percebeu que Peter tinha escrito sobre ele no seu livro, e de como isso poderia prejudicar sua reputação.*

*Depois de jantar, todos os convidados ficaram tomando café no restaurante. Eric terminou e foi dar um passeio pelos jardins, para planejar uma forma de calar Peter e roubar seu livro. Esgueirou-se até a cozinha e roubou uma faca; escondeu-a no bolso das calças. Eric orquestrou um plano para se encontrar com Peter no seu quarto de hotel para uma conversa e – quando Peter menos esperasse – matá-lo usando a faca.*

*Tudo correu conforme o plano, mas enquanto Peter estava morrendo no chão coberto de sangue, Eric ouviu passos junto ao*

quarto e, ao pegar o livro, assustou-se, deixando cair a faca acidentalmente.

Após ter voltado rapidamente para seu quarto, escondeu o livro na sua mala para destruí-lo mais tarde. Planejou usar a desculpa de que tinha uma reunião de negócios para sair o mais cedo possível, na manhã seguinte.

## 5.2 Aplicações no Ensino fundamental

Sugere-se a aplicação deste jogo para uma turma de 9º ano. Nesta etapa da formação, a unidade temática “vida e evolução” tem como um dos seus objetos do conhecimento o estudo da hereditariedade. Assim, a partir do jogo os professores poderão aprofundar as relações entre a molécula de DNA e a transmissão das características hereditárias estudadas por Mendel.

A unidade temática “Matéria e energia” inclui o objeto de conhecimento “radiações e suas aplicações na saúde”; em relação ao jogo podem ser estudadas as lâmpadas utilizadas para detecção de resíduos biológicos em perícias criminais de cenas de crime.

Outra questão relevante é o estudo de como funciona uma máquina de PCR, que envolve ciclos de calor, que é um dos tipos de radiação.

Em relação ao calor, pode ser estabelecida uma relação entre este tipo de radiação e a temperatura, assim como entre a temperatura e a sensação térmica. Estes conteúdos podem ser trabalhados a partir de experimentos simples.

Como atividade complementar, os estudantes poderiam realizar um experimento de extração do DNA (veja os links: <https://www.youtube.com/watch?v=xt8w3LXwMHw> ou <https://www.youtube.com/watch?v=J7DTPWAAbjg>).

### 5.3 Aplicações para o Ensino Médio

No Ensino Médio, o jogo **Detetive de DNA** pode se relacionar com o desenvolvimento da seguinte habilidade:

**(EM13CNT205):** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

#### 5.3.1 Primeiro ano do Ensino Médio

A partir do jogo podem ser aprofundadas as relações entre a obtenção do DNA e os diferentes tecidos que formam o corpo humano, indicando quais são os melhores tecidos para a obtenção de amostras de DNA. É importante que os estudantes justifiquem por quais razões estes são os melhores tecidos e quais são as técnicas utilizadas para a obtenção das amostras de cada tipo de tecido.

Em grupos, os alunos poderiam criar roteiros de obtenção das amostras em diferentes crimes ou circunstâncias e que cuidados os investigadores forenses devem tomar, durante a obtenção das amostras. Os alunos também poderão investigar sobre DNA mitocondrial e suas aplicações na investigação forense.

Os estudantes podem investigar ainda outros tipos de aplicações forenses do DNA, incluindo identificação de paternidade e outros crimes. Após as pesquisas, em grupos, poderiam ser propostos “novos jogos” de detetives escoceses de DNA, com diferentes crimes e contextos.

Como sugestão adicional, dependendo do interesse da turma, poderia ser realizado um projeto interdisciplinar. Assim, com o auxílio de professores de diferentes áreas, poderia ser simulada a representação do julgamento de um destes crimes.

Neste julgamento, a defesa poderia contestar as provas e os peritos.

### 5.3.2 Segundo ano do Ensino Médio

Neste ano, os alunos poderiam investigar as aplicações dos conhecimentos sobre DNA na investigação da biodiversidade e preservação ambiental. A partir desta investigação inicial, poderiam aprofundar conteúdos relacionados a diferentes espécies animais ou vegetais e seus ecossistemas naturais, identificando adaptações específicas a estes ambientes.

Diferentes estratégias de aprendizagem ativa poderiam ser exploradas, incluindo a realização de trilhas ecológicas, visitas a parques zoológicos, assistência a documentários científicos, etc. Tais estudos e estratégias possibilitam também o desenvolvimento da seguinte habilidade:

**(EM13CNT202):** Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

Após as pesquisas poderiam ser elaborados contextos de “investigação” de crimes ambientais ou de levantamentos de fauna e flora. Também pode ser trabalhada a ideia do detetive-biólogo, que busca apenas o conhecimento de determinada espécie ou hábitat.

### Considerações finais

A aplicação da BNCC requer o estudo aprofundado e reflexões sobre algumas teorias de aprendizagem, além da

elaboração de propostas de ensino, que possibilitem aos professores atingirem os objetivos propostos e desenvolverem as habilidades especificadas. Os professores e a escola não podem perder de vista quem é seu estudante, em que idade se encontra e que nível de desenvolvimento cognitivo apresenta. Por exemplo, a competência específica 3, que está proposta para o Ensino Médio diz que o aluno deve ser capaz de

investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2016, p. 558).

O mesmo texto citado acima poderia ser aplicado a um estudante de doutorado como a qualquer outro nível de investigação científica, guardadas as devidas proporções ao nível de escolaridade ou desenvolvimento cognitivo de cada estudante. Ou seja, não se espera que um adolescente que é estudante de Ensino Médio “padrão” tenha igual desempenho do que um adulto que é o estudante de pós-graduação “padrão”, uma vez que estes indivíduos apresentam diferentes níveis de escolaridade e de desenvolvimento cognitivo.

Contudo, espera-se que os estudantes possam se tornar ativos e participativos nos processos de aprendizagem escolar e, dessa forma, construam conhecimentos sólidos, habilidade e competências que os capacitem a “saber aprender” de forma autônoma, quando estiverem no mundo do trabalho ou em níveis universitários. Para isso, tudo começa pelo “desejo de

aprender” e, nesse sentido, os jogos são uma importante ferramenta à qual os professores podem recorrer.

## Referências

- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 24 abr. 2020.
- FERRARI, Márcio; LEV VYGOTSKY. O teórico do ensino como processo social. **Nova Escola**, 1<sup>o</sup> de out. 2008. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- HEMAIS, Marcus W.; CASOTTI, Leticia M. ROCHA, Everardo P.G. Hedonismo e moralismo: consumo na base da pirâmide. **RAE – Revista de Administração de Empresas [on-line]**, v. 53, n. 2, p. 199-207, 2013, ISSN: 0034-7590. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=155125723008>. Acesso em: 13 mar. 2020.
- KAMII, Constance; DEVRIES, Retha. **Jogos em grupo na educação infantil: implicações da teoria de Piaget**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1991.
- MARTINE, George; ALVES, José Eustáquio Diniz. Economia, sociedade e meio ambiente no século XX1: tripé ou trilema da sustentabilidade? **Rev. Bras. Estud. Popul.**, São Paulo, v. 32, n. 3, set./dez. 2015. Epub Nov 13, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-3098201500000027>. Acesso em: 13 mar. 2020.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo. EPU: 2011.
- MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física**. Porto Alegre: UFRGS, 2015.
- PENZLER, Otto (org.). **As novas aventuras de Sherlock Holmes**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2018. v. 1.
- PIAGET, Jean. **Biologia e conhecimento**. Porto: Rés Editora, 1978.
- RONCIÈRE, Charles. A vida privada dos notáveis toscanos no limiar da renascença. In: DUBY, G. **História da vida privada 2: da Europa Feudal à Renascença**. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.
- SANTOS, Júlio César F. O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **Revista ABEU**, p. 9-14, jan./jun. 2008. Disponível em: <http://www.uniabeu.edu.br/publica/index.php/RU/article/view/66/113>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- SERAFIM, Marcus V. V. **A produção de jogos didáticos como ferramenta para promover a aprendizagem sobre tópicos de orientação sexual**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Caxias do Sul,



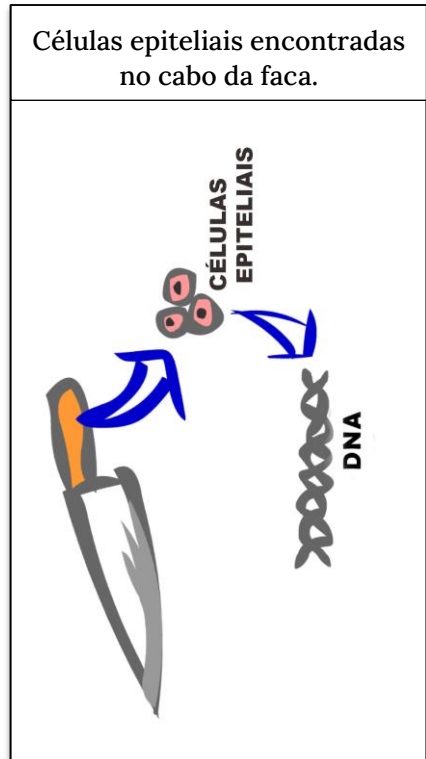
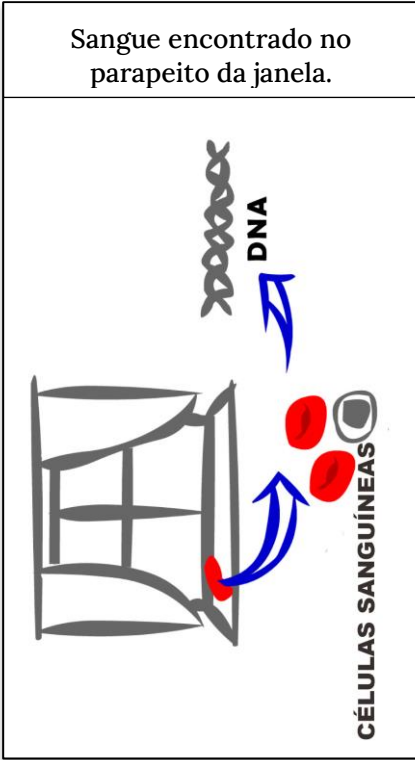
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, 2015.

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/1103>. Acesso em: 13 mar. 2020.

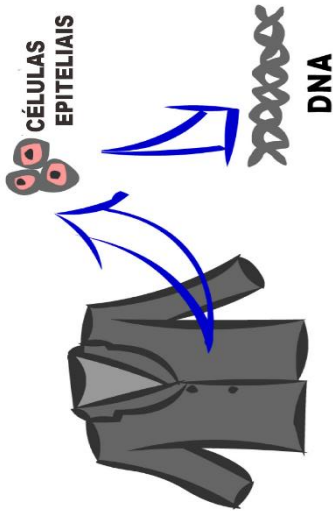
WALLACE-MÜLLER, Kenneth; McQUEEN, Heather; STEWART, Fiona; KEER-KEER, Sarah. **Gene jury, jogo detetive de DNA**. University of Edinburg, Reino Unido. 2011. Disponível em: Gene jury: [www.genejury.biology.ed.ac.uk](http://www.genejury.biology.ed.ac.uk). Acesso em: 5 jul. 2020.

# Anexo 1

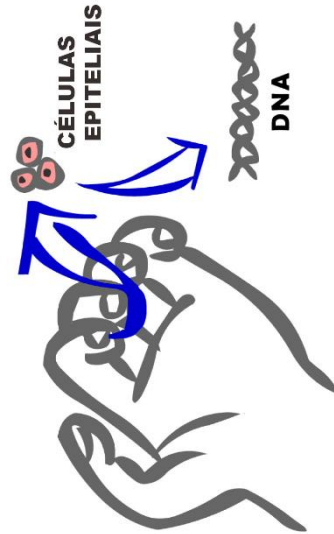
Cartões com evidências de DNA.



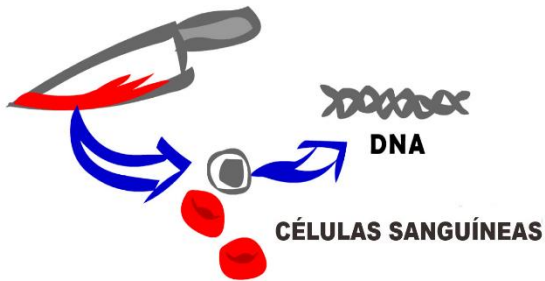
Células epiteliais encontradas  
no casaco da vítima.



Células epiteliais encontradas  
sob as unhas da vítima.



Sangue encontrado na lâmina  
da faca.



## Anexo 2

Cartões com depoimentos dos suspeitos (verde) e relatório do médico legista patologista (roxo).

<b>DETETIVES DE DNA</b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Lisa Idade: 26 anos  Ocupação: empregada do hotel	Foto:
Depoimento:  "Na noite passada, fui ao cinema com amigos - podem perguntar a quem quiserem. Lembro-me de ter limpado o quarto do Peter ontem, por volta das 2 horas, porque cortei a mão na janela."	

<b>DETETIVES DE DNA</b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Melinda Idade: 38 anos  Ocupação: esposa da vítima	Foto:
Depoimento:  "Estou tão perturbada por saber que o meu marido Peter foi morto. (Seca as lágrimas com um lenço). Depois de jantar, eu e o Peter fomos para o nosso quarto, mas ele foi sozinho, porque queria ler seu livro. Fui a uma festa com alguns amigos e, quando regresssei, encontrei a polícia no hotel. Descobri que o livro do Peter desapareceu!"	

<b><i>DETETIVES DE DNA</i></b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Eric Idade: 52 anos  Ocupação: proprietário do restaurante	Foto:
Depoimento:  "O Peter é meu colega de trabalho há muito tempo. Ele organizou este jantar para comemorar seu novo livro. Ontem à noite, depois de jantar, fui passear nos jardins do hotel, e depois fui conversar com o Peter. Ele parecia normal quando entrei. Depois fui para a cama porque teria uma reunião esta manhã."	

<b><i>DETETIVES DE DNA</i></b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Alex Idade: 40 anos  Ocupação: advogado	Foto:
Depoimento:  "Fui ao teatro com a Olívia depois de jantar. Voltamos por volta das 23h e vimos uma luz por baixo da porta do Peter. Achamos estranho e batemos à porta. Não obtive resposta, por isso entramos os dois. Encontramos o Peter no chão - a Olívia foi ver se ele estava bem, mas ele não respondeu. Saímos os dois do quarto e chamamos a polícia. Eu não toquei em nada."	

<b>DETETIVES DE DNA</b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Olívia Idade: 37 anos  Ocupação: professora	Foto:
Depoimento:  "Eu e o Alex saímos depois do jantar - eu gosto de teatro, e havia um espetáculo que eu queria mesmo ver. Chegamos bastante tarde, e o Alex viu que havia luz por baixo da porta do Peter. Ele abriu a porta, e vimos o Peter no chão. Eu corri para ver se ele se estava se sentindo mal, e o virei puxando-o pelo casaco. Havia sangue por todo lado - fomos os dois chamar a polícia."	

<b>DETETIVES DE DNA</b>	
<b>Informação do suspeito &amp; depoimento</b>	
Nome: Dave Idade: 32 anos  Ocupação: explorador	Foto:
Depoimento:  "Fui convidado para este jantar pela Olívia. Nunca tinha conhecido o Peter até hoje - ele parecia simpático, mas sei que tinha um passado obscuro. Ele parecia muito protetor em relação ao seu livro. Depois do jantar, fiquei com dor de cabeça por causa da conversa, por isso fui para a cama ler um livro. Fui acordado pela polícia batendo à minha porta."	

<b><i>DETETIVES DE DNA</i></b>	
<b>Relatório do patologista sobre a vítima</b>	
Nome da Vítima: Peter Idade: 56 anos  Ocupação: empresário	Foto:
Relatório do patologista:  Pela minha análise do corpo do Peter, ele foi esfaqueado. Isto poderia ter sido feito com a faca de cozinha que foi encontrada no local do crime.  Acredito que tenha havido uma luta, uma vez que encontrei células epiteliais de outra pessoa sob as unhas do Peter.	

## Anexo 3

Cartões com os perfis de DNA dos suspeitos (azul) e da vítima (roxo).

<b>PERITO DE DNA</b>	
Perfil de DNA do suspeito	
Nome: <u>Eric</u>	
(Proprietário de Restaurante)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b>Você sabia?</b>	
Deves ter cuidado para não misturar amostras num local de crime - ou a pessoa errada pode ser presa!	

<b>PERITO DE DNA</b>	
Perfil de DNA do suspeito	
Nome: <u>Alex</u>	
(Advogado)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b>Você sabia?</b>	
As amostras de DNA de <u>gêmeos</u> idênticos são iguais.	

<b>PERITO DE DNA</b>	
Perfil de DNA do suspeito	
Nome: <u>Olivia</u>	
(Professora)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b>Você sabia?</b>	
O DNA é responsável por muitas das características das pessoas e até pode revelar as doenças que uma pessoa tem.	

<b>PERITO DE DNA</b>	
Perfil de DNA do suspeito	
Nome: <u>Dave</u>	
(Explorador)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b>Você sabia?</b>	
Muitos países têm uma base de dados de DNA de todas as pessoas condenadas por um crime. Isto simplifica a detenção de criminosos.	



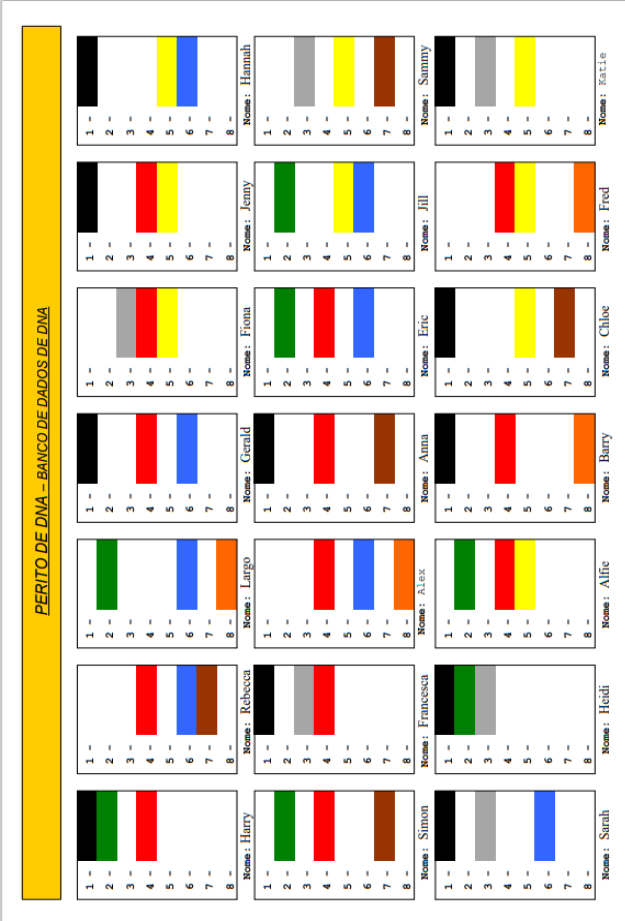
<b><u>PERITO DE DNA</u></b>	
Perfil de <u>DNA</u> do suspeito	
Nome: <u>Melinda</u>	
(Mulher da Vítima)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b><u>Você sabia?</u></b>	
Pode obter-se <u>DNA</u> a partir de muitas células de uma pessoa - estas podem ser encontradas no sangue, cabelo, suor, e mais.	

<b><u>PERITO DE DNA</u></b>	
Perfil de <u>DNA</u> do suspeito	
Nome: Lisa	
(Empregada de Hotel)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b><u>Você sabia?</u></b>	

<b><u>PERITO DE DNA</u></b>	
Perfil de <u>DNA</u> da Vítima	
Nome: <u>Peter</u>	
(Empresário)	
1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	
7 -	
8 -	
<b><u>Você sabia?</u></b>	
Em média, você e o seu irmão ou irmã partilham metade do <u>DNA</u> .	

# Anexo 4

Perfis genéticos das pessoas do banco de dados da polícia.



## Anexo 5

Fichas de trabalho.



Caros detetives de DNA:

Na noite passada, Peter, um conhecido empresário, foi assassinado em um hotel nas proximidades. Como investigadores forenses em cena, é seu trabalho desvendar o caso e encontrar o assassino.

Precisamos que vocês:

- ouçam as instruções sobre o assassinato;
- olhem a cena do crime para encontrar qualquer evidência contendo DNA, que pode ajudar a encontrar o assassino de Peter;
- levem suas amostras de volta ao laboratório para análise;
- ouçam as declarações dos suspeitos e decidam quais amostras de DNA querem pegar;
- devem comparar os perfis de evidência com os perfis dos suspeitos e tentar descobrir qual dos convidados matou Peter.

Sabemos que vocês iniciaram a carreira neste ano, como detetives de DNA; por isso, lhe entregamos esta planilha para ajudá-los a encontrarem o assassino.

### **Inspetor-chefe**

1. Antes de tudo, deem uma olhada na cena do crime. Não toquem em nada ainda! Todas as amostras devem ser encontradas, e sua posição deve ser cuidadosamente anotada. Usem o Quadro abaixo para ajudá-los.

<b>Quadro 1: Recolhendo as evidências provas no local do crime</b>	
<b>Tipo de amostra (ex.: sangue ou pele)</b>	<b>Onde foi encontrada?</b>
Pele	No casaco da vítima

2. Agora vocês podem levar as amostras ao laboratório para analisá-las. Receberão uma folha de “perfis genéticos” dessas amostras. Esse perfil ajuda a ver como é o DNA de alguém. Cada pessoa tem um perfil diferente. Mantenham esta folha segura – vocês terão que usá-las mais tarde.



4. Vocês descobriram que existem seis pessoas que poderiam ter matado Peter. Estes são seus cinco convidados: Alex, Eric, Olívia, Melinda, Dave e a empregada do hotel Lisa.

Esses suspeitos darão suas declarações. Façam anotações do que eles falarem no quadro abaixo, pensando se eles têm ou não a chance de cometer o assassinato.

Depois, o inspetor-chefe de Polícia permitiu que vocês colem amostras de DNA de apenas dois dos suspeitos. Eles deram sua permissão para pegar o DNA deles, e agora vocês devem decidir com cuidado quais deles escolher. Marquem suas opções no quadro abaixo.

<b>Quadro 2: Provas dos suspeitos</b>			
<b>Nome</b>	<b>Notas do depoimento do suspeito</b>	<b>Suspeitas dele/dela?</b>	<b>Pedir amostra (escolher dois)</b>
<b>Alex</b>			
<b>Eric</b>			
<b>Olívia</b>			
<b>Lisa</b>			
<b>Melinda</b>			
<b>Dave</b>			

5. Coletem os cartões de perfil de DNA para seus dois suspeitos e mais a vítima, no laboratório do IGP. Estes já foram analisados para facilitar as coisas.
6. Vocês precisarão da folha de perfis de DNA da cena do crime. Comparem o padrão de bandas nos perfis dos suspeitos com aqueles da cena do crime.
7. O que vocês podem concluir comparando os perfis?

Vocês podem precisar pensar também no que os suspeitos disseram em suas declarações. Não esqueçam: Nem todo DNA encontrado na cena do crime pode ter algo a ver com a assassinato!

<b>Quadro 3: As conclusões dos investigadores</b>		
<b>Amostra do local do crime</b>	<b>Este perfil corresponde ao de algum suspeito? Se, sim, qual?</b>	<b>Pensas que esta amostra é do assassino?</b>
<b>Sangue no parapeito da janela</b>		
<b>Sangue na lâmina da faca</b>		
<b>Células epiteliais no cabo da faca</b>		
<b>Células epiteliais sob as unhas da vítima</b>		
<b>Células epiteliais no casaco da vítima</b>		

**8.** Vocês acham que agora podem identificar o assassino?

Se vocês não encontraram um perfil correspondente ao dos suspeitos escolhidos, agora vocês recebem permissão para examinar o banco de dados de DNA da população local – isso pode ajudá-los a encontrar o assassino. Usem a planilha de perfis genéticos do banco de dados.

**9.** Quem vocês acham que é o assassino? Escrevam o nome dele abaixo.

-----

**10.** Muito bem! Depois de terminar, o inspetor-chefe irá revelar a identidade do verdadeiro assassino e contar a história do que realmente aconteceu.



## Questões

Lembrem-se, não há respostas corretas aqui: governos, médicos, os cientistas e o público têm opiniões diferentes. Um saldo deve ser feito entre o ponto de vista de todos. Discutam essas perguntas em seu grupo ou classe.

### Questão 1:

Por que vocês acham que o DNA dos assassinos estava no banco de dados da população local? Como vocês poderiam encontrar o assassino, se seu DNA não estivesse no banco de dados?

### Questão 2:

O que vocês acham que deveria acontecer com o DNA retirado dos suspeitos que eram inocentes? Seu DNA deve ser colocado no banco de dados de DNA ou seus perfis devem ser destruídos?

### Questão 3:

O que vocês acham que deveria acontecer com o perfil de DNA de uma criança de 12 anos ladrão de lojas? O DNA das crianças deve estar no banco de dados de DNA da população – ou isso depende da gravidade do crime? Que tal um jovem de 12 anos condenado por assassinato?



# PODEMOS TRAZÊ-LOS DE VOLTA? SE SIM, DEVERÍAMOS?

DISCUTINDO AS TÉCNICAS E AS IMPLICAÇÕES  
ÉTICAS DOS PROCESSOS DE DESEXTIÇÃO DE ANIMAIS

Guilherme Brambatti Guzzo



## Podemos trazê-los de volta? Se sim, deveríamos?

**Público-alvo:** Turmas do Ensino Médio (área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias).

**Conteúdo:** Tópicos associados às áreas de ecologia, evolução e bioética.

**Resumo:** Nosso Planeta já passou por cinco eventos de extinção em massa de seres vivos. Causados por fenômenos como mudanças climáticas ou colisão de asteroides, esses eventos exterminaram a maior parte dos seres vivos que existiam na Terra. Alguns autores afirmam que estamos passando por uma sexta extinção em massa, a primeira na história causada por uma espécie animal, o ser humano. Desde que começaram a se dispersar pela Terra, os seres humanos tiveram um papel importante no desaparecimento de diversos vertebrados. Recentemente, a partir de avanços na área da biotecnologia, discute-se a possibilidade de trazer de volta à vida algumas espécies, como o mamute, o auroque e o tigre-da-Tasmânia. Será possível desextinguir animais cujo desaparecimento se deve à ação humana? Se sim, deveríamos fazer isso? O presente artigo discute as técnicas propostas para a desextinção e também as implicações éticas de tais processos. A partir disso, são propostas atividades para levar o tema da desextinção para turmas de Ensino Médio.

### 1 Justificativa

Dentre os animais que já viveram na Terra, nenhum teve a capacidade de impactar tanto o Planeta quanto os seres humanos. De diferentes maneiras, os humanos modificaram

ecossistemas e extinguiram várias espécies animais nos últimos milhares de anos. Recentemente, discute-se a possibilidade de que parte da ação negativa humana na fauna possa ser revertida, através de processos de desextinção, isto é, da recuperação de espécies que não existem mais, através de procedimentos biotecnológicos.

A ideia de desextinguir animais oferece uma oportunidade valiosa para que professores discutam variados temas relacionados à biotecnologia, genética, evolução, ecologia e bioética em suas aulas. Como faríamos para “ressuscitar” animais extintos? Se isso for possível, deveríamos desextinguir espécies? Se sim, quais? Em quais circunstâncias? Quais poderiam ser os impactos ecológicos da reintrodução de uma espécie até então extinta em um ecossistema? Essas e outras questões podem ser desenvolvidas em aulas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Ensino Médio.

As dúvidas suscitadas sobre os mecanismos de desextinção de espécies, bem como as implicações éticas desses processos, podem ser aproveitadas por professores para o desenvolvimento de atividades investigativas e argumentativas, que visem o desenvolvimento das três competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Ensino Médio, preconizadas na Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). O presente capítulo traz algumas sugestões a esse respeito.

## **2 Problema**

Os seres humanos foram os responsáveis diretos pela extinção de diversas espécies de vertebrados nos últimos milhares de anos. Se houvesse algum tipo de tecnologia, capaz desextinguir algumas dessas espécies (ou todas), deveríamos fazer isso?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral do presente capítulo é apresentar uma proposta educacional na qual sejam discutidos aspectos biotecnológicos e implicações éticas relacionados aos processos de desextinção de espécies.

### **3.2 Objetivos específicos**

Após a aplicação da atividade aqui proposta, espera-se que os estudantes sejam capazes de:

- 1 compreender o conceito de desextinção de espécies;
- 2 analisar os possíveis procedimentos biotecnológicos para desextinguir animais, refletir a respeito de como funcionam e qual é sua viabilidade técnica;
- 3 discutir as implicações éticas que poderiam advir do processo de desextinção.

## **4 Referencial teórico**

### **4.1 Extinção**

A extinção é um fenômeno bastante comum para os seres vivos de nosso Planeta. Estima-se que mais de 99,9% das espécies que já existiram na Terra estão extintas (WIGNALL, 2019). Parte delas desapareceu em um dos cinco grandes eventos de extinção em massa, como o do final do período Cretáceo, há cerca de 66 milhões de anos, responsável por eliminar os dinossauros não avianos de nosso Planeta (BRUSATTE, 2019); outras sucumbiram a eventos menores, como durante o período Carbonífero, há mais de 300 milhões de anos (WIGNALL, 2019).

Mais recentemente, biólogos têm discutido a ocorrência de um novo evento de extinção em massa – que seria o sexto – com uma característica peculiar: pela primeira vez na História da vida na Terra, uma espécie animal, o *Homo sapiens*, aparece como causador principal do desaparecimento de outros seres vivos (CEBALLOS *et al.*, 2015; KOLBERT, 2015). Ações humanas diretas ou indiretas relacionadas à destruição e fragmentação de habitats, ao avanço de espécies invasoras, à poluição, ao aquecimento global e à sobre-exploração de recursos (CAFARO, 2015) fazem com que estejamos perdendo espécies a uma taxa 100 vezes maior do que seria o esperado em épocas nas quais não existem eventos de extinção em massa (CEBALLOS *et al.*, 2015).

Apesar de haver alguma controvérsia entre os cientistas sobre a ocorrência de uma sexta onda de extinções em massa (ver, por exemplo, Barnosky (2011)), sabemos que o desaparecimento de muitas espécies de animais ocorreu no final do Período Pleistoceno (entre 126 mil e 12 mil anos atrás) e durante o Holoceno (entre 12 mil anos atrás e os dias atuais), e coincide com a chegada de grupos humanos a diferentes pontos do Planeta. Há boas evidências de que a ação humana, por si só, ou em conjunto com outros fatores (como o clima), foi a causa direta da extinção de várias espécies de vertebrados que faziam parte de diferentes ecossistemas, há centenas ou milhares de anos (ALLENTOFT *et al.*, 2014; SANDOM *et al.*, 2014; BROUGHTON; WEITZEL, 2018; SALTRÉ *et al.*, 2019).

Mais recentemente, podemos acompanhar as histórias do declínio populacional até a extinção de animais como o tilacino (*Thylacinus cynocephalus*), também chamado de lobo-da-Tasmânia ou tigre-da-Tasmânia (por causa das listras no dorso), marsupial carnívoro da Austrália cujo último exemplar

conhecido morreu em um zoológico do Estado da Tasmânia, uma ilha ao Sul do País, em 1936 (FULLER, 2014). As populações de tilacino eram abundantes até meados do século XIX. A competição com o dingo (*Canis lupus dingo*), um canídeo continental australiano, e a pressão da caça por seres humanos, que temiam as perdas em suas criações de animais domésticos, fizeram com que o número de tilacinos diminuísse rapidamente no início do século XX, e a espécie caminhasse para a extinção décadas depois.

O tilacino é um exemplo, dentre inúmeros outros, do destino trágico de várias espécies animais impactadas pelas atividades humanas. Mas, e se houvesse uma maneira de reparar o que fizemos a ele, e a outros animais, trazendo-os de volta à vida? É essa a esperança mantida pelos defensores da ideia de desextinção de espécies.

## 4.2 Desextinção

A possibilidade de ver, entre nós, animais que há muito tempo desapareceram de nosso Planeta é um tema frequente em obras de ficção científica, como a série de filmes *Jurassic Park*. Na verdade, até pouco tempo atrás, a ideia de que poderíamos reviver espécies extintas – isto é, desextingui-las – parecia estar restrita à ficção.

Em julho de 2003, no entanto, cientistas estiveram próximos de trazer o íbex-dos-Pirineus (*Capra pyrenaica pyrenaica*), um caprino selvagem, de volta à vida. A espécie foi declarada extinta em 2000, mas as células do último indivíduo conhecido, uma fêmea, haviam sido coletadas, quando ela ainda era viva, para que pudessem ser utilizadas em posteriores tentativas de desextinção (SHAPIRO, 2015). Os núcleos das células da íbex-dos-Pirineus foram transferidos para óvulos de cabras domésticas, cujos núcleos haviam sido



removidos. Os embriões resultantes, por sua vez, foram implantados no útero de fêmeas híbridas de cabra-doméstica (*Capra hircus*) com ibex-ibérico (*Capra pyrenaica*).

A equipe de cientistas que trabalhou no projeto de desextinção do ibex-dos-Pirineus transferiu núcleos de 782 células da última fêmea da espécie, mas desses somente 407 se desenvolveram em embriões. Dos 407 embriões, 208 puderam ser implantados nas mães de aluguel, e apenas sete resultaram em gestação. Das sete gestações, uma foi até o final, e o filhote acabou morrendo cerca de 10 minutos após o parto: uma necropsia apontou má-formação nos pulmões, como causa da morte do animal.

O processo de desextinção do ibex-dos-Pirineus baseou-se na clonagem – como o que deu origem à ovelha Dolly, em 1997, mais aperfeiçoado. Para clonarmos algum animal, considerando o que conhecemos sobre o método atualmente, é necessário que tenhamos extraído células de um indivíduo vivo, o que foi possível no caso do ibex, ou de animais mortos há pouco tempo, e cujos corpos foram bem conservados (SHAPIRO, 2017). Isso significa que a clonagem pode ser uma maneira promissora de recuperar espécies em extinção no futuro: ao percebermos o declínio de certa espécie, podemos extrair células somáticas de indivíduos e as armazená-las para uso em futuros processos de clonagem.

Mas, para a maior parte das espécies que já desapareceu, a clonagem não é um método viável de desextinção. Segundo Shapiro (2017), duas alternativas se apresentam: o uso de engenharia genética e de seleção artificial de animais (*back-breeding*).

Através da engenharia genética, pretende-se “editar a sequência do genoma dentro de células de espécies vivas, de modo que as sequências genômicas se assemelhem muito às

das espécies extintas intimamente relacionadas” (SHAPIRO, 2017, p. 996). Após a edição do genoma de uma célula viva, essa célula pode ser utilizada em um processo de clonagem.

Consideremos a aplicação da engenharia genética em uma possível desextinção do mamute-lanoso (*Mammuthus primigenius*), um animal da família dos elefantes que viveu até cerca de 4 mil anos atrás. Considerando que o animal vivo, geneticamente, mais próximo do mamute-lanoso é o elefante-asiático (*Elephas maximus*), um processo de desextinção demandaria, em resumo: (1) o conhecimento das sequências genéticas completas dos genomas do mamute-lanoso e do elefante-asiático; (2) o entendimento das diferenças entre os genomas dessas espécies; (3) a identificação dos trechos do genoma responsáveis por traços fenotípicos específicos e desejados (os pelos longos do mamute, por exemplo, ausentes dos elefantes-asiáticos); (4) a edição dos trechos do genoma do elefante que são distintos daqueles do mamute, para que se tornem como o da espécie extinta; (5) a inserção do núcleo editado de uma célula de elefante-asiático em um óvulo anucleado de uma fêmea da mesma espécie, com a posterior implantação de embriões desenvolvidos no útero de fêmeas de elefante-asiático (clonagem).

Shapiro (2017) considera que as técnicas de engenharia genética, que temos até o momento, apesar de terem avançado muito nos últimos anos, ainda são insuficientes para que possamos desextinguir animais. Um empecilho, por exemplo, é o número de modificações que podem ser realizadas em cada edição gênica, que ainda é muito menor do que as diferenças totais entre os genomas de animais extintos e das espécies atuais mais próximas deles.

Uma possibilidade mais viável do que a engenharia genética para desextinguir animais é através de seleção artificial, em

um processo chamado *back-breeding* (algo como “criação para trás”, ou “criação de volta”). Nele, selecionamos a espécie viva mais próxima da espécie que desejamos desextinguir, e realizamos cruzamentos entre animais que possuem as características fenotípicas mais parecidas com aquelas que eram apresentadas pelos animais extintos.

Voltemos ao caso do mamute-lanudo: tendo em vista que o elefante-asiático é a espécie viva geneticamente mais próxima do mamute, poderíamos escolher elefantes com características típicas de mamutes, como pelos longos. Assim, selecionaríamos elefantes-asiáticos que possuem pelo um pouco mais comprido do que normalmente encontramos na espécie, e os reproduziríamos. Depois que os filhotes nascessem, crescessem e estivessem em idade reprodutiva, faríamos o mesmo que na geração anterior: usaríamos um filhote mais peludo, e o acasalaríamos com outro animal de comprimento de pelo maior do que o normal para um elefante-asiático. Ao longo de muitas gerações, poderíamos ter elefantes-asiáticos com pelos longos, semelhantes aos mamutes-lanosos.

Um dos problemas com a desextinção através de seleção artificial é que os animais resultantes dela não são exatamente aqueles que se extinguiram. Um elefante-asiático com pelos longos, que resultou de um programa de seleção artificial longo pode *parecer* um mamute-lanoso, mas não é geneticamente igual a um. Outro problema é que a desextinção através do *back-breeding* pode demorar muito: um elefante-asiático normalmente leva mais de uma década para estar sexualmente maduro, e sua gestação dura aproximadamente 22 meses, a maior dentre os animais (SHAPIRO, 2015). Essas características tornam inviável o processo de desextinção do mamute-lanoso, a partir do elefante-asiático através da seleção artificial.

Sabemos, no entanto, que a seleção artificial funciona, e que podemos promover mudanças enormes em animais, algumas vezes em períodos relativamente curtos de tempo, como algumas décadas (ver, por exemplo, a história da domesticação de raposas na Rússia, em DUGATKIN; TRUT, 2017). Afinal, foi através da seleção artificial que criamos os animais domésticos. E, para algumas espécies extintas, a seleção artificial pode ser um caminho viável para trazê-las de volta.

O auroque (*Bos primigenius*), o ancestral do gado doméstico atual, foi extinto há cerca de 400 anos. Existem, no entanto, raças bovinas domésticas que são bastante semelhantes ao auroque em termos morfológicos e genéticos. Há cerca de três décadas, elas têm sido utilizadas em cruzamentos selecionados, cujo objetivo é produzir animais cada vez mais parecidos com o auroque, um procedimento mais viável do que o que envolve elefantes, considerando que o tempo de geração para o gado é de 2 a 3 anos (STOKSTAD, 2015). Alguns resultados interessantes já foram obtidos: animais altos, com pernas longas, pescoço forte e cornos alongados. Talvez nunca tenhamos auroques anatômica e geneticamente idênticos àqueles que extinguímos, mas a seleção artificial parece ser o caminho que nos leva a animais mais próximos deles.

### **4.3 A ética da desextinção**

Se alguma estratégia para trazer de volta espécies extintas funcionar, teremos superado os desafios científicos da desextinção. No entanto, ainda precisamos pensar em seus aspectos éticos. Deveríamos ressuscitar espécies? Por quê?

Um argumento que à primeira vista parece razoável é que a desextinção pode ser uma forma de reparar danos provocados pela ação humana sobre outros animais. O tigre-da-Tasmânia, como discutimos anteriormente, provavelmente

ainda existiria, se não fosse a enorme pressão de caça sobre ele. Sem a ação humana, na verdade, a maior parte das espécies que desapareceu da Terra nos milênios mais recentes não teria sido extinta.

Mas a concepção de que a desextinção, se viável, pode ser uma forma de reparação de danos tem alguns problemas. Um dos principais diz respeito a onde as espécies desextintas irão viver. Muitos habitats em que espécies hoje extintas prosperavam estão muito diferentes do que há décadas, séculos ou milênios. Assim, a inserção de uma espécie no local, mesmo que se trate de uma que era comum a esse habitat há muito tempo, poderia ter o mesmo impacto da introdução de uma espécie exótica, que pode ser uma forte competidora para os animais da região, ou mesmo uma predadora muito eficiente, que acabará por reduzir populações de outras espécies. Para dizer de outro modo, os animais desextintos encontrarão um mundo bastante diferente daquele em que eles habitaram durante sua existência.

Shapiro (2015, p. 131) entende que existe um cenário no qual a desextinção poderia ser justificada: quando se pretende promover a “ressureição ecológica”, e não somente a “ressureição de uma espécie”. Essa autora afirma que não deveríamos pensar em que tipo de forma de vida traremos de volta, mas em quais interações ecológicas importantes poderemos restaurar.

No caso do mamute-lanudo, por exemplo, sua reintrodução na Sibéria poderia fazer com que a tundra se tornasse biologicamente mais rica em espécies vegetais e animais (SHAPIRO, 2015). Grandes herbívoros como elefantes podem dispersar sementes e nutrientes a distâncias potencialmente maiores do que herbívoros menores: assim, plantas poderiam se desenvolver ao longo do ecossistema, o que por sua vez faria com que espécies animais, como cavalos selvagens, a saiga (um

antílope) e tigres-siberianos pudessem ampliar sua área de ocorrência no norte da Rússia.

Outro efeito benéfico de um potencial retorno de mamutes à Sibéria está associado à manutenção de carbono no solo, o que contribuiria para a redução da emissão de gases estufa à atmosfera. O consumo de gramíneas (e a consequente exposição do solo ao frio) e a compactação de camadas de neve no solo, pelo pisoteamento por grandes animais, podem fazer com que a temperatura se mantenha baixa no *permafrost* (BEER et al., 2020), um solo congelado que é capaz de reter grande quantidade de carbono. Se o *permafrost* descongelar, parte do carbono armazenado irá para a atmosfera, contribuindo para a retenção de calor. Dessa forma, mamutes também poderiam ter um papel ecológico no enfrentamento às mudanças climáticas globais.

Mesmo considerando espécies que poderiam ser desextintas, para contribuir na restauração de relações ecológicas importantes, existem outros problemas éticos a serem deliberados. É aceitável que façamos um enorme investimento financeiro na desextinção de espécies, quando podemos aplicar esse mesmo dinheiro em programas de conservação de espécies ameaçadas, ainda existentes, ou em programas de recuperação de ecossistemas impactados pela ação humana?

Apesar de ainda estarmos longe de desextinguir animais (se é que um dia conseguiremos fazer isso), os mecanismos biotecnológicos envolvidos no processo de desextinção levantam questões éticas importantes. Se um dia dominarmos alguma tecnologia eficiente, que nos ajude a reconstruir animais como mamutes, auroques ou tigres-da-Tasmânia, deveríamos fazer isso? As respostas às questões éticas relacionadas à desextinção podem ser tão complexas e difíceis quanto os mecanismos biotecnológicos envolvidos no processo.

## 5 Metodologia

A ideia de desextinção pode ser aproveitada de diferentes maneiras em aulas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. Aqui, ofereço uma sugestão de atividade separada em quatro etapas, que abrange tópicos como a história de espécies extintas, aspectos biotecnológicos e éticos de processos de desextinção, ecologia, entre outros. A atividade pode ser desenvolvida na ordem em que está apresentada aqui, ou suas etapas podem ser trabalhadas com os estudantes de forma independente.

### **Etapa 1: Como a extinção ocorre?**

Aqui, os estudantes são instados a pesquisar e a discutir a história das extinções em massa da Terra, comparando as suas causas e os seus impactos sobre a vida no planeta.

**Atividade:** os estudantes podem ser agrupados em seis equipes, e cada uma delas terá como objetivo investigar um evento de extinção em massa na Terra (os cinco grandes estão listados abaixo, assim como o sexto causado pelos seres humanos):

- Final do Ordoviciano (há cerca de 445 milhões de anos);
- Devoniano Superior (há cerca de 374 milhões de anos);
- Permiano-Triássico (há cerca de 252 milhões de anos, foi o maior evento de extinção em massa já registrado no planeta);
- Final do Triássico (há cerca de 201 milhões de anos);
- Cretáceo-Paleogeno (há cerca de 66 milhões de anos);
- Final do Pleistoceno
- Holoceno (há aproximadamente 12 mil anos até hoje).

Ao propor a atividade, o professor pode discutir com os estudantes o significado de “extinção em massa”, bem como comentar brevemente quais foram os eventos dessa magnitude ocorridos em nosso Planeta.

Cada equipe pode investigar sobre quando e como o evento de extinção em massa ocorreu, como era a conformação de nosso planeta na época, que formas de vida existiam, e como elas foram afetadas pelo evento. Os estudantes podem apresentar os resultados de sua investigação em um bate-papo com os colegas, em breves seminários, ou mesmo escrever um pequeno relatório a respeito.

### **Etapa 2: É possível desextinguir animais? Se sim, como faríamos isso?**

Nesta etapa, os estudantes são apresentados à ideia de desextinção, e seu desafio é compreender quais são os mecanismos biotecnológicos possíveis para trazer espécies extintas à vida.

**Atividade:** inicialmente, o professor pode apresentar à turma o conceito de desextinção, e isso pode ser feito através da discussão da história de uma espécie que está na lista para um potencial processo de desextinção (mamute, auroque, íbex-dos-Pirineus, etc).

Em um segundo momento, os estudantes devem investigar quais são os mecanismos biotecnológicos mais promissores para o processo. Esta etapa pode, assim como a anterior, ser realizada em equipes, e cada uma delas pode aprofundar o entendimento de um processo específico (clonagem, engenharia genética, seleção artificial).

Depois de conhecerem as técnicas potenciais para a desextinção, os estudantes podem discutir sobre a viabilidade delas, e sobre quais espécies poderiam ser alvo de cada uma.



**Etapa 3: Se a desextinção for tecnicamente possível, ela seria eticamente aceitável? Se sim, em que casos (ou para quais espécies)?**

Avanços científicos normalmente carregam consigo implicações éticas importantes. Esta etapa propõe que os estudantes conheçam e reflitam sobre os aspectos éticos envolvidos nos processos de desextinção.

**Atividade:** os estudantes podem ser organizados em equipes, e cada uma deve escolher um animal extinto como candidato à desextinção. Ao invés de discutir as técnicas biotecnológicas que poderiam ser utilizadas para isso, os estudantes devem se concentrar nos argumentos que sustentariam a escolha da espécie e sua desextinção. Por que, por exemplo, deveríamos desextinguir o mamute-lanoso? Ou o tigre-da-Tasmânia?

As equipes, então, apresentam o animal escolhido para a desextinção e os argumentos a favor do processo. O professor pode tomar nota dos argumentos ao final de cada apresentação, e assim ter uma lista de razões favoráveis à desextinção para a turma. Depois de explicitarem as razões pelas quais a desextinção deveria ocorrer, a turma deve refletir sobre argumentos éticos contrários. Existem animais que deveríamos desextinguir, e outros não? Ou deveríamos desextinguir todas as espécies que conseguíssemos? Ou, então, não deveríamos desextinguir nenhuma?



**Etapa 4: E, com relação a animais que foram extintos apenas localmente, isto é, que não existem mais em áreas ocupadas por eles antes, o que deveríamos fazer? Reintroduzi-los a habitats dos quais foram extintos é uma boa ideia? Se sim, em que casos?**

A extinção de uma espécie pode se manifestar de diferentes formas. A completa, ou extinção total, ocorre quando não existem mais animais da espécie em nenhum lugar da Terra. Uma espécie, ainda, pode estar extinta na natureza, mas contar com alguns indivíduos mantidos sob cuidados humanos. Há também espécies extintas localmente, isto é, em áreas nas quais elas existiam há algum tempo, mas das quais desapareceram. Esta etapa propõe que os estudantes conheçam melhor os processos recentes de extinção de espécies e ponderem sobre os impactos da reintrodução de animais aos locais em que a espécie habitava há alguns anos.

**Atividade:** o professor pode propor aos estudantes que investiguem as espécies animais que podiam ser encontradas na região onde moram, há alguns anos/décadas, mas que não existem mais, isto é, que estão localmente extintas. A partir disso, o professor pode organizar uma discussão com a turma: Quais dessas espécies poderiam ser realocadas de volta à área? E por quê?

Nesta etapa, o professor e a turma podem refletir sobre a importância da reintrodução de espécies para os ecossistemas, bem como sobre os potenciais problemas ecológicos e conflitos com populações humanas, que poderiam decorrer da reintrodução de algumas espécies, como grandes carnívoros. Além disso, os estudantes podem ser instados a pesquisar sobre casos bem-sucedidos de reintrodução de animais a habitats dos quais eles haviam sido extintos, bem como de casos problemáticos de reintrodução.

O professor pode aproveitar esta etapa e apresentar aos estudantes as categorias de conservação das espécies, de acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), na sigla em inglês), e as listas regionais e nacionais de espécies ameaçadas, como a encontrada no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.<sup>12</sup>

## Considerações finais

Os seres humanos são os animais que causam o maior impacto sobre outras espécies na Terra. Nossa ação, nos últimos milênios e séculos, tem sido comparada à de eventos de extinção em massa, como o que exterminou os dinossauros não avianos de nosso Planeta.

O desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas de biotecnologia se apresentam como uma forma potencial de reparação de danos à fauna, na forma da desextinção de espécies animais. Ainda não temos o domínio completo sobre essas técnicas, mas, quando (e se) o tivermos, precisamos nos perguntar antes se as suas consequências seriam eticamente aceitáveis.

A desextinção é uma ideia científica incrível com implicações éticas complexas. Nas aulas de Biologia, pode ser bastante útil para que professores e estudantes reflitam sobre as relações entre ciência e ética e desenvolvam atividades que possam contemplar áreas distintas da Biologia, como a evolução, biotecnologia, genética, zoologia e biologia da conservação.

---

<sup>12</sup>Disponível

<https://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/10187>.

Acesso em: data.

em:

## Referências

- ALLENTOFT, M. E. Extinct New Zealand megafauna were not in decline before human colonization. **PNAS**, v. 111, n. 13, p. 4922-4927, 2014.
- BARNOSKY, A. D. **et al.** Has the earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature**, n. 471, p. 51-57, 2011.
- BEER, C. **et al.** Protection of permafrost soils from thawing by increasing herbivore density. **Scientific Reports**, v.10, 2020. DOI <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60938-y>
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 5 ago. 2020.
- BROUGHTON, J. M.; WEITZEL, E. M. Population reconstructions for humans and megafauna suggest mixed causes for North American Pleistocene extinctions. **Nature Communications**, v. 9, 2018. DOI <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07897-1>.
- BRUSATTE, S. **Ascensão e queda dos dinossauros: uma nova história de um mundo perdido**. Rio de Janeiro: Record, 2019.
- CAFARO, P. Three ways to think about the sixth mass extinction. **Biological Conservation**, n. 192, p. 387-393, 2015.
- CEBALLOS, G. **et al.** Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. **Science Advances**, v. 1, n. 5, e1400253, 2015.
- DUGATKIN, L. A.; TRUT, L. **How to tame a fox (and build a dog): visionary scientists and a Siberian tale of jump-started evolution**. Chicago: The University of Chicago Press, 2017.
- FULLER, E. **Lost animals: extinction and the photographic record**. Princeton: Princeton University Press, 2014.
- KOLBERT, E. **A sexta extinção: uma história não natural**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.
- SANDOM, C. **et al.** Global late Quaternary megafauna extinctions linked to humans, not climate change. **Proceedings of the Royal Society B**, n. 281, 2014. DOI <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3254> .
- SALTRÉ, F., et al. Climate-human interaction associated with southeast Australian megafauna extinction patterns. **Nature Communications**, v. 10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13277-0> .
- SHAPIRO, B. **How to clone a mammoth: the science of de-extinction**. Princeton: Princeton University Press, 2015.
- SHAPIRO, B. Pathways to de-extinction: how close can we get to resurrection of an extinct species? **Functional Ecology**, v. 31, p. 996-1002, 2017.

STOKSTAD, E. Bringing back the aurochs. **Science**, v. 350, n. 6265, p. 1144-1147, 2015

WIGNALL, P. B. **Extinction**: a very short introduction. Oxford: Oxford University Press, 2019.



# MICROORGANISMOS NA BIOTECNOLOGIA

Nikael Souza de Oliveira  
Scheila de Avila e Silva



## Micro-organismos na Biotecnologia

**Público-alvo:** Estudantes de Ensino Médio.

**Conteúdo:** Micro-organismos, diversidade e potencial biotecnológico.

**Resumo:** A microbiologia é a ciência que estuda os organismos microscópicos. Quando utiliza de aplicações dos micro-organismos para auxílio à vida humana, seja de forma natural, seja de forma aplicada, torna-se uma das ciências que constituem a biotecnologia. O conhecimento popular acerca de fungos e bactérias geralmente está associado a doenças, podridão em alimentos ou mofos; porém há diversos aspectos biotecnológicos da vida cotidiana, nos quais micro-organismos atuam de forma colaborativa nas atividades humanas. A aula presente neste capítulo é dividida em quatro etapas, sendo a primeira teórica e as demais práticas. A fundamentação teórica abrange aspectos básicos da biotecnologia de micro-organismos, como locais de isolamento e possíveis aplicações. Nas partes práticas, é trabalhada de forma improvisada a construção de placas de Petri com garrafa PET, a produção do meio de cultivo e o isolamento dos micro-organismos. Durante as aulas práticas, é aconselhado ao professor estimular a reflexão dos alunos acerca das atividades. Assim, propicia-se ao aluno conhecimento acerca dos micro-organismos, ao mesmo tempo em que é apresentada a ciência da biotecnologia.

### 1 Justificativa

Os micro-organismos são seres invisíveis a olho nu, sendo pouco conhecidos pela comunidade em geral e, quando presente, este conhecimento geralmente está associado ao acometimento



de doenças. No entanto, os micro-organismos possuem aplicações biotecnológicas que contribuem para a saúde e o bem-estar dos seres humanos como a produção de penicilina, importante antibiótico utilizado no tratamento de diversas infecções, salvando a vida de muitas pessoas, desde sua descoberta até os dias de hoje. Sendo assim, com o auxílio de aula prática descrita neste capítulo, busca-se reconhecer outras relações, que não as patogênicas, como os micro-organismos na biotecnologia.

## **2 Problema**

Desconhecimento dos micro-organismos como elementos-chave para os processos biotecnológicos.

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Exemplificar aspectos básicos da biotecnologia de micro-organismos, desde a identificação de um problema que possua potencial de ser resolvido com micro-organismos, a busca por uma cepa; o isolamento, a identificação e aplicação.

### **3.2 Objetivos específicos**

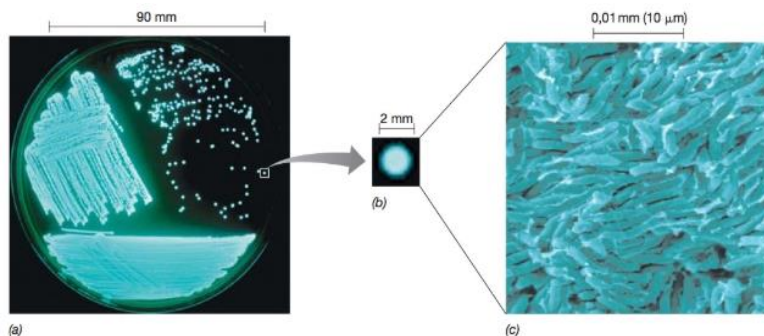
1. identificar problemas que possam ser resolvidos com biotecnologia de micro-organismos;
2. relatar formas de encontrar micro-organismos com potencial biotecnológico;
3. descrever formas de isolar os micro-organismos selecionados;

4. apontar diferenças entre as colônias de fungos e bactérias;
5. reconhecer a importância dos micro-organismos, bem como seu papel na biotecnologia.

## 4 Referencial teórico

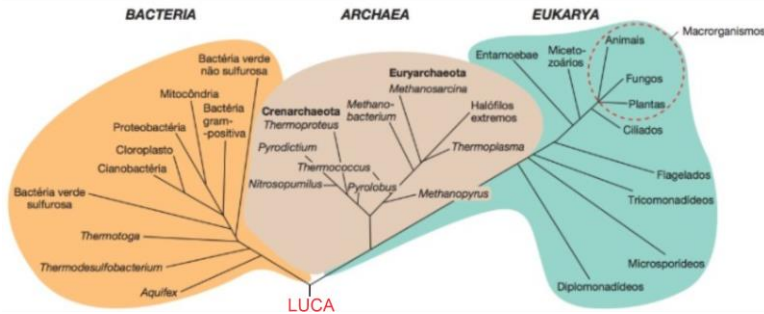
Micro-organismos é o tema do estudo de uma ciência conhecida como microbiologia. Estes organismos são microscópicos, da ordem de nanômetros (**Figura 1**), invisíveis a olho nu, sendo necessária a utilização de equipamentos especiais para sua visualização como um microscópio. São encontrados em praticamente todas as partes do Planeta, desde as mãos de uma pessoa até os ambientes mais extremos, inóspitos à vida macroscópica. Sendo assim, constituem a maior parte da diversidade (**Figura 2**) de organismos presentes na terra (MADIGAN *et al.*, 2016).

**Figura 1** – Escala comparativa de tamanho entre uma (a) placa de Petri (9 cm ou 90 mm); (b) uma colônia de bactérias (2 mm); e as (c) bactérias invisíveis a olho nú, presentes na colônia (0,01 mm ou 10 micrômetros ( $\mu\text{m}$ )).



Fonte: Madigan *et al.*, 2016.

**Figura 2** – Diversidade biológica na Terra. A imagem demonstra os diferentes domínios atuais: Bacteria; Archaea e Eukarya. No canto superior direito, estão sinalizados os indivíduos representantes dos macro-organismos. Ressalta-se que o reino dos fungos também possui micro-organismos. Assim, é possível perceber como a maior parte da diversidade biológica é constituída de micro-organismos. Na parte inferior da imagem, está destacado *Last Universal Common Ancestor* (LUCA), o organismo que seria o último ancestral comum de todos os outros organismos.



Fonte: Madigan et al., 2016.

A biotecnologia é uma ciência que se utiliza de organismos no desenvolvimento de novas tecnologias com interesse humano, auxiliando no desenvolvimento de esferas da sociedade moderna, tais como: economia, saúde humana e animal, agropecuária, produção de combustíveis, redução de impactos ambientais, dentre outros (VITOLLO, 2015; ZAVALHIA, 2018). Pode-se considerar esta uma ciência muito antiga, pois povos ancestrais como sumérios e babilônios (6.000 a.C.) já produziam cerveja ou como povos egípcios (4.000 a.C.) que já produziam pães (VITOLLO, 2015), ambas as tecnologias utilizam leveduras no seu processo produtivo. Na região da Serra do Rio Grande do Sul, a própria produção de vinho artesanal pode ser considerado um processo biotecnológico, já que este também

utiliza leveduras naturais, no processo de fermentação do suco de uva, transformando-o em vinho.

Fungos e bactérias são organismos bem-utilizados em biotecnologia (CHAMBERGO; VALENCIA, 2016; CALERO; NIKEL, 2019; HOOKER; LEE; SOLOMON, 2019). Sendo utilizados na produção de fármacos como penicilina, para o tratamento de diversas infecções (ZIEMONS *et al.*, 2017), asparaginase, utilizada no tratamento de leucemia linfoblástica aguda (EL-NAGGAR, N. E. *et al.*, 2018). Além de aplicações na área da saúde, outro exemplo muito bem-estudado é na produção de biocombustíveis, nos quais, fungos como *Penicillium* spp (GAO *et al.*, 2019; SCHNEIDER, 2016), *Trichoderma reesei* (LIU *et al.*, 2019) ou *Aspergillus niger* (PATYSHAKULIYEVA *et al.*, 2016) são amplamente estudados como parte do processo da produção de etanol de segunda geração. Como exemplo mais próximo do cotidiano, pode-se citar o fungo leveduriforme *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado na produção de pão e de outros produtos fermentados alcoólicos, como cerveja e vinho.

Boa parte das aplicações biotecnológicas destes micro-organismos são possíveis devido à evolução natural em determinado ambiente. Basicamente, se utiliza do metabolismo natural do micro-organismo na aplicação tecnológica. Sendo assim, a partir da identificação de um problema, pode-se tentar isolar os micro-organismos a partir do local do problema, e otimizar seus processos para sua aplicação. Como exemplo: Sabe-se que o material plástico, como o PET, não se degrada na natureza, havendo aterros onde há muitas garrafas plásticas. A partir deste ambiente, pode-se realizar a coleta de micro-organismos com meio de cultura específico e isolar organismos com potencial de degradar este material (KAWAI; KAWABATA; ODA, 2019).

Outro exemplo é a produção de etanol de segunda geração, no qual se utiliza a parede celular vegetal para a produção de álcool. Estas moléculas estão presentes em boa parte da matéria vegetal, principalmente em madeira. Assim, para encontrar organismos capazes de degradar, de modo eficiente, estas moléculas, podem ser isolados micro-organismos de locais onde há madeira em decomposição.

Ainda, outra forma de encontrar organismos potenciais para a aplicação biotecnológica específica é isolando estes de diferentes locais naturais, dentro de um bioma. Alguns laboratórios possuem “bibliotecas” de micro-organismos isolados de diferentes locais naturais, onde estes, quando identificado um problema, são testados em um processo chamado de *screening*, para análise de potencial, em determinado problema.

A partir deste texto, pode-se discutir com os alunos os aspectos básicos da biotecnologia com micro-organismos, dando-se exemplos de atuação.

## 5 Metodologia

Para a realização desta aula como um todo, serão necessários ao menos quatro períodos de aula, de preferência em dias diferentes, já que, para a parte prática será necessário um intervalo de pelo menos 24 horas, após o preparo do meio de cultura, e um intervalo de pelo menos 7 dias, após a inoculação dos micro-organismos.

### Etapa 1:

A primeira etapa desta aula deve consistir em uma discussão entre o professor e os alunos. Com o auxílio do material desenvolvido no referencial teórico deste capítulo, deve-se tentar trazer os conceitos de biotecnologia para a

realidade dos discentes, levando-os a associar os aspectos biotecnológicos com aspectos da vida cotidiana.

Da mesma forma, devem-se ser expostos os conceitos básicos de microbiologia e o *habitat* dos organismos, bem como alguns processos fisiológicos, reforçando que a degradação ocorrida nos exemplos citados no texto ocorre devido a necessidades fisiológicas dos organismos, como alimentação. Sendo assim, deve-se levantar reflexões sobre como isolar micro-organismos para a resolução de possíveis problemas.

Nesta primeira aula, deve-se pedir aos alunos que levem os seguintes materiais para as aulas seguintes:

- um pote pequeno com tampa, podendo ser um pote plástico velho de “chimia” ou geleia (**Figura 3**);
- uma tesoura por aluno;
- gelatina sem sabor, um pacote rende em torno de cinco potes e meio de cultura;
- um pacote pequeno de açúcar para toda a turma;
- um pacote pequeno de sal para toda a turma;
- uma panela grande para toda a turma;
- um rolo de papel-filme para toda a turma;
- um pacote de cotonetes para toda a turma;
- um frasco de álcool 70% para toda a turma.

**Figura 3** – Exemplo de pote plástico que será solicitado aos alunos



Fonte: Mostra dos autores (2020).

**Etapa 2:**

A partir desta etapa, inicia-se a parte prática. Os potes trazidos pelos alunos servirão como “placas de Petri” improvisadas e devem ser higienizados com álcool 70%, de modo a diminuir a contaminação.

Para cada pacote de gelatina a ser utilizado, devem ser adicionados 400 ml de água. A panela será utilizada para ferver a água, na qual devem ser adicionados os pacotes de gelatinas, uma colher de sopa de açúcar para cada pacote de gelatina, e uma colher de café de sal para cada pacote de gelatina. Deve-se ter o cuidado para não queimar no fundo da panela, e para que tudo seja diluído com eficiência, formando uma mistura homogênea.

Ainda quente, o líquido deve ser vertido nos potes plásticos, de modo que se acumulem em uma altura de um pouco mais de 1 cm. O volume do líquido varia de acordo com o tamanho do pote que o estudante tiver, entretanto para cada pacote de gelatina serão produzidos em torno de cinco potes com meio de cultura. Os potes devem ser envolvidos em papel-filme, e deixados em geladeira comum por pelo menos 24 horas.

**Etapa 3:**

Após as 24 horas na geladeira, o meio de cultivo deve estar em uma consistência semissólida, sem líquido livre na superfície, de modo que, ao virar o pote de cabeça para baixo, o meio de cultura continue em sua posição. Os estudantes deverão retirar o papel filme das placas de Petri improvisadas.

O professor deve utilizar este momento para relembrar os alunos dos diferentes ambientes que os micro-organismos habitam. Fica a critério do professor selecionar os locais de onde serão inoculados os micro-organismos, podendo também deixar a critério dos discentes. É interessante dividir os alunos

em grupos, e que estes grupos realizem inóculo nas mãos, em celulares e em, pelo menos, um ambiente dentro da escola. O material deve ser coletado com cotonete, quando a amostra for grande, como sanitários e celulares ou, em caso de solo, pode-se coletar uma pequena amostra e distribuir pela placa. Particularmente, recomenda-se a inoculação a partir do solo, devido à melhor visualização de colônias fúngicas.

Após a inoculação, as placas de Petri devem ser envoltas novamente em papel filme, e identificadas com o nome do grupo e o material utilizado para a inoculação. Em seguida as placas serão deixadas sobre uma bancada em temperatura ambiente por, pelo menos, sete dias; podem ficar por maior tempo, caso haja pouco desenvolvimento e micro-organismos.

#### **Etapa 4:**

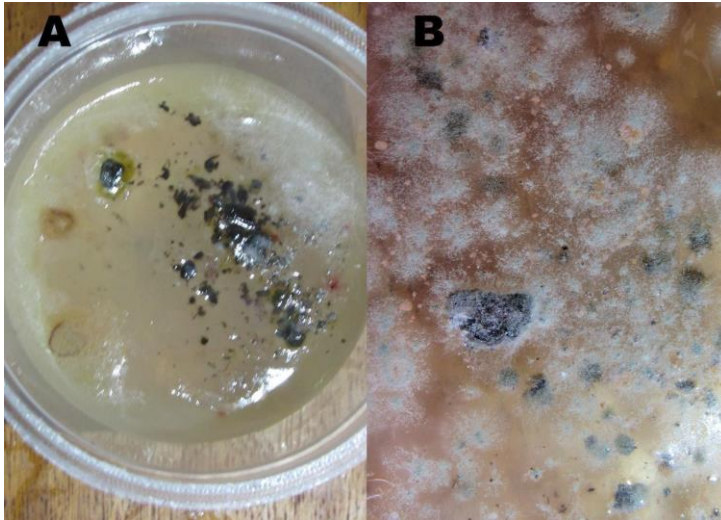
Ao passarem os sete dias da inoculação, diferentes colônias de micro-organismos poderão ser observadas. Em algumas “placas”, o meio poderá estar repleto de fungos. A partir da visualização desse meio, o professor deverá demonstrar de modo básico as diferenças entre colônias de fungos e bactérias (**Figura 4**). Ao mesmo tempo, deve estimular a reflexão do local de isolamento com os micro-organismos encontrados.

É importante neste momento estimular ideias de como as medidas de higiene, incluindo tomar banho, lavar as mãos e escovar os dentes são importantes. Da mesma forma, podem ser estimuladas ideias, associando o local de isolamento com possíveis potenciais biotecnológicos.

Em seguida, o material deve ser desprezado e, como são materiais de uso cotidiano, os recipientes podem ser lavados na pia comum com detergente. As placas de Petri podem ser guardadas para utilizações futuras, ou desprezadas em lixo reciclável.



**Figura 4** – Demonstração do experimento. Meio de cultura inoculado com solo. (A) sete dias do inóculo, é possível observar colônias de fungos no canto superior direito, bem como uma colônia verde de micro-organismos, no canto superior esquerdo, e uma colônia vermelha, no centro a direita; (B) 15 dias do inóculo, é possível observar diversas colônias de micro-organismos no meio de cultura



Fonte: Acervo dos autores (2020)

## Considerações finais

O conhecimento popular sobre micro-organismos geralmente não os relaciona com aspectos de saúde e bem-estar, como na produção de alimentos ou medicamentos. Sendo assim, é dever dos docentes de ensino básico em ciências e/ou biologia desconstruir essa visão, ao mesmo tempo em que se expõem os processos biotecnológicos que permitem aos micro-organismos auxiliar a vida humana.

Com auxílio deste capítulo, o professor poderá realizar uma aula demonstrativa aos alunos, visto que a vivência prática poderá proporcionar, de forma lúdica, uma experiência sobre produção e visualização de micro-organismos inoculados, em meio de cultura improvisado.

## Referências

- CALERO, P.; NIKEL, P. Chasing bacterial chassis for metabolic engineering: a perspective review from classical to non-traditional microorganisms. **Microbial Biotechnology**, v. 12, p. 98-124, 2019.
- CHAMBERGO, F. S.; VALENCIA, E. Y. Fungal biodiversity to biotechnology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 100, p. 2567-2577, 2016.
- GAO, L. **et al.** Deletion of the middle region of the transcription factor ClrB in **Penicillium oxalicum** enables cellulase production in the presence of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 249, p. 18685-18697, 2019.
- HOOKER, C. A.; LEE, K. Z.; SOLOMEN, K. V. Leveraging anaerobic fungi for biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 59, p. 103-110, 2019.
- KAWAI, F.; KAWABATA, T.; ODA, M. Current knowledge on enzymatic PET degradation and its possible application to waste stream management and other fields. **Applied Microbiology And Biotechnology**, v. 103, p. 4253-4268, 2019.
- LIU, P. **et al.** Enhancement of cellulase production in trichoderma reesei RUT-C30 by comparative genomic screening. **Microbial Cell Factories**, v. 18, 2019.
- MADIGAN, T. M. **et al.** **Microbiologia de brock**. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.
- SCHNEIDER, W. D. **et al.** *Penicillium echinulatum* secretome analysis reveals the fungi potential for degradation of lignocellulosic biomass. **Biotechnology for Biofuels**, v. 9, 2016.
- PATYSHAKULIYEVA, A. **et al.** Improving cellulase production by aspergillus niger using adaptive evolution. **Biotechnology Letters**, v. 38, p. 969-974, 2016.
- VITOLLO, M. **et al.** **Bioteconología farmacéutica**. São Paulo: Blucher, 2015.
- ZAVALHIA, L. S.; MARSON, I. C. I.; RANGEL, J. O. **Bioteconologia**. Porto Alegre: Sagah, 2018.
- ZIEMONS, S. **et al.** Penicillin production in industrial strain *Penicillium Chrysoogenum* P2niaD18 is not dependent on the copy number of biosynthesis genes. **BMC Biotechnology**, v. 17, 2017.

# GENÔMICA NO COTIDIANO

Gabriele Zenato Lazzari  
William Lautert-Dutra  
Henrique Vieira Figueiró



## Genômica no cotidiano

**Público-alvo:** alunos de Ensino Médio

**Conteúdo:** Genética, Biologia Molecular

**Resumo:** A genômica e a bioinformática são novas ferramentas dentro das ciências biológicas. Os recentes avanços destes campos do conhecimento permitiram um aprofundamento de questões importantes para a humanidade, como a medicina personalizada e a conservação de espécies ameaçadas de extinção. O presente capítulo tem como objetivo explicar alguns desses avanços e trazer estas novas ferramentas para a realidade dos alunos. O capítulo destaca duas áreas importantes de pesquisa e propõe duas situações reais, para que os alunos possam vivenciar o trabalho de um pesquisador da área. As atividades podem ser coordenadas pelo professor de Biologia, mas também contar com a participação de educadores de outras áreas.

### 1 Justificativa

Apesar de contar com mais de 20 anos de desenvolvimento, a genômica ainda é um tema pouco abordado em sala de aula. Nos próximos anos, o debate sobre o uso de ferramentas genômicas chegará ao público-geral e maior compreensão de termos associados é fundamental para uma boa qualidade do debate. Até lá, a necessidade de formação de pessoas capazes de identificar, analisar e discutir o tema de maneira interdisciplinar é necessária. Por se tratar de um tema interdisciplinar, o assunto pode ser inserido em aulas sobre biologia molecular, genética e evolução, mas também contar com o suporte de professores de outras áreas, como Informática,

Português e Filosofia. Desse modo, o estudo da genômica na escola é uma excelente alternativa para alcançar este objetivo.

## **2 Problema**

Os avanços científicos nas Ciências Biológicas, bem como em outras áreas do conhecimento, levam muitos anos para chegar aos alunos da educação básica. No entanto, os avanços

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Introduzir nos alunos termos utilizados em Biologia, Medicina e Biotecnologia associados à genômica e demonstrar a importância desse campo do conhecimento em seu cotidiano.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. auxiliar os alunos na avaliação de notícias em sites de internet e jornais sobre temas relacionados à divulgação científica;
2. destacar o avanço da genômica e suas implicações no cotidiano dos alunos;
3. demonstrar o avanço da medicina personalizada, impactos na sociedade, questões éticas e outros tópicos;
4. explorar e desenvolver a capacidade do aluno em identificar o uso da genética e genômica em problemas associados à conservação de espécies e na interação entre os seres humanos e o meio ambiente;
5. desenvolver a capacidade analítica dos alunos através da realização de exercícios práticos na área da genômica, e de discussão dos resultados.

## 4 Referencial teórico

### 4.1 Genômica e bioinformática

O genoma é o conjunto de informações genéticas de um indivíduo. Estas informações se encontram na maioria das células de um indivíduo. O genoma, como normalmente é descrito, encontra-se no núcleo, e está dividido em cromossomos. Além desse genoma, um mamífero, por exemplo, ainda possui o genoma mitocondrial, um conjunto de genes encontrado dentro da mitocôndria, atuando na respiração celular e um “registro fóssil” do passado desta organela celular. As informações encontradas no genoma são as responsáveis por todas as características fenotípicas de um indivíduo, e sua compreensão até há pouco tempo atrás era bem-limitada.

Através de iniciativas de sequenciamento, tanto do genoma humano, como de outras espécies, o conhecimento sobre a área avançou muito. Tanto do ponto de vista biológico, como computacional. As duas áreas que serão descritas neste capítulo ganharam muito com o desenvolvimento de novas técnicas de sequenciamento de DNA. Além disso, o desenvolvimento de ferramentas de análise mais poderosas foi outro ponto crucial para a evolução dessa área do conhecimento.

Devido ao grande volume de dados gerados (um genoma humano completo, por exemplo, ocupa 3Gb de espaço no computador), foi necessária a criação de novos métodos computacionais para lidar com o excesso de informação. A área das ciências da computação, que lida com problemas biológicos é conhecida como bioinformática e, na maior parte dos casos, está associada com o processamento e a visualização de dados complexos obtidos nas mais diversas áreas da biologia, inclusive a genômica.

Em linhas gerais, dentro da genômica, a bioinformática é responsável pela: (i) manipulação das sequências geradas nos sequenciadores de alto desempenho; (ii) montagem dos genes, regiões genômicas (nucleares, mitocondriais e cloroplastídicas) e genomas completos; e (iii) análises comparativas entre as sequências, tanto do ponto de vista populacional como filogenético. O trabalho envolve o desenvolvimento de algoritmos, sequências lógicas de operações para se chegar ao resultado esperado e métodos a sua visualização. Além da ciência da computação, é preciso um bom conhecimento de estatística, da recente ciência de dados e, claro, da biologia.

As atividades deste capítulo envolvem uma ferramenta amplamente utilizada em bioinformática, o método de busca e identificação de sequências BLAST (sigla em inglês: *Basic Local Alignment Search Tool*). Desenvolvido ainda na década de 90, do século XX, está entre os artigos mais citados da área (ALTSCHUL *et al.*, 1990). Esse método permite a identificação de sequências de DNA, quando comparado com uma base de dados gigantesca. Foi convencionado, entre cientistas que trabalham na área, que todos os genomas e sequências de DNA, gerados para publicação, sejam depositados nessa base de dados. Isso permitiu o crescimento constante da base de dados e ampliou seu uso.

Por se tratar de um conjunto de temas complexos, por se tratar de um conjunto de temas complexos na área da biologia, o professor, que se propõe a tratar com estes temas, pode escolher a profundidade com a qual vai abordá-los. O tema pode ser abordado, quando forem trabalhadas matérias relacionadas com biologia celular e molecular (dogma central da biologia molecular, p. ex.), genética e evolução (conceito de homologia genômica). O uso do tema para trabalhar estes conceitos possibilitaria aos alunos um olhar mais aplicado no seu dia a dia.

Com o advento da genômica, a escala de geração de sequências se ampliou drasticamente. E o uso dessa base de dados permitiu a comparação dos resultados em uma velocidade impensável alguns anos atrás. Todos esses avanços propiciaram também o uso em perguntas específicas e cada vez mais detalhadas, como os tópicos abordados neste capítulo.

## 4.2 Genômica e medicina

No início dos anos 2000, o sequenciamento do genoma humano (*Human Genome Project*, HGP) e seu conhecimento gerado revolucionaram a área da genômica e da clínica, dando origem a pistas e perguntas sobre o que as diferenças individuais significam para a nossa saúde (VENTER *et al.*, 2001; SVANTE PÄÄBO, 2001). Esse projeto envolveu o esforço de muitos cientistas, a colaboração de muitos países e um massivo desenvolvimento tecnológico.

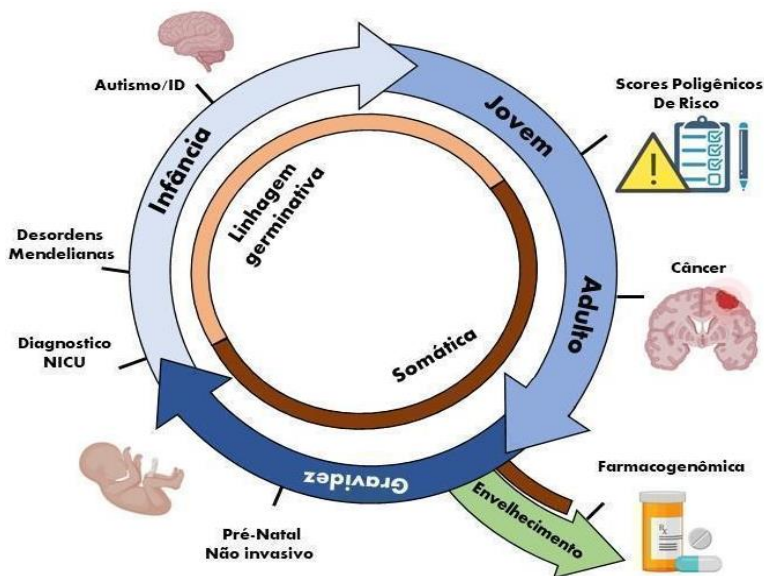
Atualmente, por meio das tecnologias de sequenciamento de DNA de segunda e terceira geração, também conhecidas como “Sequenciamento de Nova Geração” (ou *next-generation sequence*, NGS), é possível sequenciar vários genomas humanos de maneira rápida e barata, facilitando o diagnóstico rápido, viável e atraente no campo da medicina (BRITTAIN *et al.*, 2017; SHENDURE *et al.*, 2019). O NGS também têm se tornado uma ferramenta poderosa na quantificação de um amplo grupo de moléculas celulares, como: transcriptoma, conjunto de transcritos de organismo que, na maior parte dos casos, serão traduzidos (RNA-Seq), e porções de DNA associadas a proteínas (ChIP-Seq).

A figura abaixo (**Figura 1**) mostra como os dados genômicos têm sido incorporados em diferentes estudos, abordando todo o período de vida humana, desde sua concepção até a morte.



A imagem mostra algumas formas nas quais os testes genômicos são utilizados, bem como as fases de desenvolvimento humano, em que se aplicam. Devido a essa importância, nos próximos parágrafos iremos sumarizar as principais aplicações da genômica na medicina.

**Figura 1** – Aplicação da medicina genômica através do ciclo de vida humano. NICU: *neonatal intensive unit*; ID: *intellectual disability*



Fonte: Adaptado de Shendure et al., 2017.

A introdução do estudo do genoma humano na prática clínica possibilitou o surgimento de novos conceitos e desafios. A expressão “medicina de precisão” vem sendo usado para classificar as abordagens que focam na identificação de tratamentos que são mais efetivos ao paciente e que são baseados em fatores de variação genética, ambiental e estilo de vida (CARRASCO-RAMIRO et al., 2017). A medicina precisa, portanto, ter a habilidade de classificar o paciente em sub-

populações que diferem quanto ao grau de susceptibilidade para uma doença, na biologia e/ou no prognóstico de uma doença, que ele pode desenvolver, ou na sua resposta a um determinado tratamento (GENETICS HOME REFERENCE, 2020).

A incorporação dos dados genômicos nos exames pré-natais gerou uma grande mudança neste campo, o que tornou as triagens não invasivas (*non-invasive prenatal testing*, NIPT) uma ferramenta de alto impacto nessa área (SHENDURE e colab., 2019). As técnicas de reprodução assistida oferecem uma perspectiva aumentada das informações genéticas do embrião fertilizado antes da sua implantação. O NIPT que utiliza dados genômicos se baseia no sequenciamento do cfDNA (cell-free DNA) – DNA fetal disponível no plasma sanguíneo da mãe – e avalia aneuploidias, variantes estruturais e variantes mutantes herdadas ou *de novo* com a possibilidade de causar alguma das > 3.000 doenças mendelianas conhecidas. Logo, hipóteses sobre os riscos de desenvolvimento de algumas doenças podem ser levantados, a partir de dados genômicos.

Segundo estudos, o estabelecimento de escores poligênicos de risco (*Polygenic risk scores* – PRSs), que são uma estimativa do risco de desenvolvimento de doenças como câncer, diabetes e cardiopatias, a partir da análise das variantes genéticas presentes no genoma do paciente, permitiu alcançar uma performance razoável para estratificação de risco de doenças complexas em humanos. Khera *et al.* em análises poligênicas de risco (*Polygenic Risk Score*, PRS), comparando dados genômicos de pacientes com dados disponíveis em um banco genômico (UK Biobank), identificaram que 2.5% dos participantes tinham quatro vezes mais chance de desenvolvimento de doença arterial coronariana, câncer de mama e obesidade (KHERA *et al.*, 2018). Dessa forma, este

estudo reitera a relevância da utilização de análises genômicas na identificação do perfil do paciente.

Com o avanço das técnicas de NGS e projetos como *The Cancer Genome Atlas* (TCGA), que sequenciaram o genoma de células de tecidos saudáveis e cancerosas de milhares de pacientes, a humanidade se deparou com um enorme avanço em direção a uma melhor compreensão e classificação de proto-oncogenes, que, quando mutados se tornam oncogenes, os quais são relacionados com aparecimento de tumores (SHENDURE *et al.*, 2019). Em 2018, Bailey *et al.*, através de uma meta-análise no TCGA, identificaram uma lista de 299 genes ligados ao desenvolvimento de câncer (BAILEY *et al.*, 2018), o que trouxe expectativas positivas para a estratificação dos pacientes e o desenvolvimento de novos tratamentos. Sendo assim, as expectativas em torno desse tipo de abordagem são as melhores. Hoje, há uma tendência no aumento de investimento em pesquisas que estudam o DNA como um biomarcador para o câncer, não só para detecção precoce, mas também para a recorrência, o monitoramento do tratamento e o acompanhamento das respostas ao tratamento. Portanto, a predição de risco, a partir de dados genômicos pode facilitar medidas preventivas e/ou melhorar a alocação de recursos por parte do paciente e do sistema de saúde.

Por conseguinte, a Medicina Precisa possibilitou o surgimento de novas áreas de pesquisa, como a farmacogenômica, que estuda como os genes afetam a resposta de uma pessoa a determinada droga. Esse campo combina a farmacologia (ciência das drogas) e genômica (genes e suas funções) para desenvolver medicações seguras, efetivas e doses que sejam específicas à variação genética do paciente. A utilização de dados genômicos do ser humano ou de patógenos – no caso de infecções – permite que o tratamento

coincida com o quadro clínico apresentado com a melhor terapia e, com isso, o paciente é tratado com a droga apropriada na dose certa, no tempo certo, ou pode trocar o tratamento durante a evolução da doença (GENETICS HOME REFERENCE, 2020).

Em suma, através dos dados disponíveis pelos métodos atuais, Sagner *et al.* propõem uma nova abordagem conhecida como 4Ps – predição, prevenção, personalizada/precisa e participação –, que promete reduzir o fardo das doenças crônicas e silenciosas (SAGNER *et al.*, 2017). Por meio do princípio 4Ps, os pacientes, em conjunto com os clínicos, terão um papel ativo sobre o processo de obtenção da informação e sobre a tomada de decisão, em relação ao tratamento das doenças e à manutenção do bem-estar (GINSBURG; PHILLIPS, 2018).

### **4.3 Genômica da conservação**

A conservação da biodiversidade tornou-se uma das maiores prioridades da humanidade frente às alterações ambientais antropogênicas, que ameaçam a extinção das espécies e, com isso, o equilíbrio dos ecossistemas. A genômica, inserida nesse contexto, se apresenta como uma importante ferramenta para a preservação da diversidade biológica (DESALLE; AMATO, 2004; RYDER, 2005), uma vez que, através dela, é possível quantificar e analisar os três níveis componentes da biodiversidade: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas.

O sequenciamento de um genoma representa uma fonte extraordinária de informação a respeito da biologia e evolução de uma espécie. Portanto, vem sendo empregado na solução de vários problemas da biologia da conservação, dentre eles: elaboração e monitoramento de estratégias de manejo

reprodutivo, determinação do *status* de conservação de uma espécie e discriminação de espécies ameaçadas de extinção (STEINER *et al.*, 2013).

Para o manejo das populações, programas de reprodução e reintrodução de espécies ao seu hábitat natural, o monitoramento genético é fundamental para minimizar, por exemplo, os efeitos da endogamia – acasalamento entre indivíduos aparentados que leva à baixa variabilidade genética, reduzindo o valor adaptativo (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2002). No Brasil, o mico-leão-dourado foi um dos primeiros a experimentar a genética como aliada no processo de reintrodução. Determinando os níveis de parentesco entre os animais de cativeiro, foi possível planejar a soltura destes em diferentes unidades de conservação, obtendo uma recuperação positiva para a espécie (STOLWIJK, 2013).

Em conservação, muitas decisões erradas podem ser tomadas, se o *status* taxonômico de uma espécie não for bem-elucidado (FRANKHAM; BALLOU; BRISCOE, 2002): (i) espécies ameaçadas de extinção não reconhecidas podem ser negligenciadas e acabar extintas; (ii) espécies diagnosticadas de forma errada podem ser hibridizadas com outras espécies, reduzindo a aptidão reprodutiva; (iii) recursos podem ser desperdiçados com espécies abundantes. Estudos filogenéticos concentram-se em resolver esse tipo de problema.

A genética da conservação se mostrou fundamental, também, no combate ao comércio ilegal de produtos de espécies ameaçadas. A análise do DNA mitocondrial de barbatanas comercializadas de uma espécie ameaçada de tubarão-martelo, por exemplo, permitiu identificar a origem geográfica de onde os animais foram capturados (CHAPMAN; PINHAL; SHIVJI, 2009). De modo semelhante, a análise do DNA de presas de elefantes possibilitou o rastreamento do tráfico de marfim

no continente africano (WASSER *et al.*, 2015). Isso foi feito também para outras espécies de tubarões, baleias, tartarugas, chimpanzés, dentre outros (DALEBOUT *et al.*, 2002; GOLDBERG, 1997; ROMAN; BOWEN, 2000; SOUZA, 2016).

## 5 Metodologia

### Atividade preliminar

O professor deve introduzir o tema aos alunos, por meio de matérias de jornais e revistas que abordem o tema, especialmente com relação às suas aplicações na área de medicina e meio ambiente. Abaixo algumas matérias como sugestão:

#### **Aplicações em ecologia e conservação:**

Disponível em: <https://www.forbes.com.br/forbes-tech/2021/02/exclusivo-forca-tarefa-aposta-no-sequenciamento-de-dna-para-dimensionar-impacto-das-queimadas-no-pantanal/>. Acesso em: 8 dez. 2021

#### **Aplicações em genética médica:**

Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Salude/noticia/2020/07/teste-genetico-brasileiro-identifica-predisposicao-9-doencas-graves.html>. Acesso em: 8 dez. 2021

### **Atividade 1 – [Genômica e Medicina]**

A atividade “Genômica na Medicina” propõe aos alunos e professores trabalharem com um problema real na área da medicina e a utilizarem ferramentas reais para a análise de dados genômicos.

#### **Orientações:**

Os alunos deverão ser divididos em grupos ou desenvolver a atividade de forma individual. Os grupos devem fazer o *download* do material disponibilizado no *link* do Google Drive

e seguirem a orientações das etapas “Genômica e Medicina: Obtenção dos Dados e Análise”. Um relatório final contendo a descrição das atividades realizadas e os resultados obtidos deverão ser entregues ao professor. Ao final, os alunos deverão montar uma apresentação para a turma. A apresentação deverá conter os seguintes tópicos: Introdução (O que é a genômica?; Exemplos da genômica no cotidiano; descobertas atuais), descrição da atividade realizada, resultados e conclusão. Abaixo são apresentados *links* para auxiliar os alunos na elaboração da apresentação.

Links disponíveis em:

- <https://learn.genetics.utah.edu/>;
- <https://learn.genetics.utah.edu/content/precision/>;
- <https://www.geneticanaescola.com/>;
- <https://www.genome.gov/About-Genomics/Educational-Resources>. Acesso em: 8 dez. 2021.

### **Problema:**

Um casal, sem presença de manifestações clínicas de qualquer doença, teve uma filha que até os quatro anos de idade apresentava um quadro de epilepsia, baixa coordenação motora e desenvolvimento mental lento. Até então, os médicos que acompanhavam o caso não conseguiam apontar a causa do problema, logo decidiram analisar o genoma da garota.

Você será responsável pela análise dos dados do sequenciamento e deverá identificar o gene responsável pela doença, descrever a localização cromossômica do gene e qual a doença relacionada com a variante genética da garota, para que os médicos possam empregar o tratamento adequado.

**Objetivos:**

1. identificar o gene de interesse clínico, sua localização no genoma e sua relação com o fenótipo da paciente;
2. obter e analisar os dados entregues no problema e redigir um relatório;
3. apresentar os dados do relatório em uma apresentação para a turma. A mesma deverá estar no formato de *slides*, infográfico, cartaz ou panfleto e conter os tópicos mencionados acima.

**Genômica na medicina: obtenção dos dados e análise****Etapa 1: *Download* da sequência**

- Baixe o arquivo *fasta*, contido na pasta Genômica e Medicina, seguindo o *link* abaixo. Este arquivo contém a sequência da amostra de DNA da paciente. Abra o arquivo e peça para os alunos visualizarem a sequência.

[https://drive.google.com/drive/folders/1g57rIACMobR5oF18uRwjt1Yx\\_n\\_S3unc?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1g57rIACMobR5oF18uRwjt1Yx_n_S3unc?usp=sharing)

**Reflexões importantes:**

- Pergunte ao aluno o que ele consegue identificar no arquivo;
- o arquivo está no formato `\\`. FASTA. Esse formato é usado para descrever arquivos de sequência de DNA, RNA e proteínas. Ele possui um cabeçalho contendo a identificação da sequência e comentários. Comente com o aluno a diferença entre o cabeçalho e o corpo do arquivo contendo a sequência.



**Etapa 2: Submissão da sequência à ferramenta BLAST:**

- acesse a ferramenta **BLAST** através do site: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi> ;
- escolha a opção **Nucleotide BLAST**;
- insira a sequência completa do DNA da amostra a ser analisada, selecionando a base de dados de nucleotídeos não redundantes (*Nucleotide collection (nr/nt)*) (**Figura 2**);
- programe-se para buscar sequências altamente semelhantes (*megablast*). Se preferir, marque a opção para mostrar os resultados numa nova janela (**Figura 3**). Clique em **BLAST**.

**Reflexões importantes:**

- A ferramenta BLAST é discutida na introdução do capítulo.
- Os resultados gerados mostram alinhamentos no genoma humano. Pergunte aos alunos qual o motivo dos resultados não apresentarem respostas com valores de identidade altos, com alinhamentos com outras espécies de animais e, se for possível, haver alguma porcentagem de identidade e alinhamento com tais espécies.



**Figura 2** – Inserindo a sequência de DNA no BLAST (seta vermelha), selecionando a base de dados de dados de nucleotídeos não redundantes (seta verde)

The screenshot shows the BLAST search interface. At the top, there are tabs for 'blastn', 'tblastn', 'tblastx', and 'tblastx'. Below the tabs, there's a section 'Enter Query Sequence' with a text input field containing a DNA sequence: 'GTTAATGTAGCTTAATCCAAGCGAGGCACTGAAGATGCCAGATGAGTACTACTAACTCCATAAACACA...'. A red arrow points to this input field. To the right of the input field are 'Clear' and 'Query subrange' buttons. Below the input field are 'From' and 'To' input fields. Further down, there's a section 'Choose Search Set' with radio buttons for 'Standard databases (nr etc.)', 'rRNA/ITS databases', 'Genomic + transcript databases', and 'Betacoronavirus'. A green arrow points to the 'Standard databases (nr etc.)' radio button. Below this, there's a dropdown menu for 'Database' with 'Nucleotide collection (nr/nt)' selected.

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

**Figura 3** – Resultados do **BLAST** da sequência de DNA submetida

The screenshot shows the BLAST results page. At the top, there's a section 'Sequences producing significant alignments' with a 'Download' button and a 'Manage Columns' dropdown. Below this, there's a table with columns: 'Description', 'Max Score', 'Total Score', 'Query Cover', 'E value', 'Per Ident', and 'Accession'. The table contains several rows of results, each with a checkbox in the left margin. The first row is 'Homo sapiens solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), RefSeqGene (LRG\_1132) on chromosome 1' with a Max Score of 61893, Total Score of 62742, Query Cover of 100%, E value of 0.0, Per Ident of 100.00%, and Accession of NG\_008232.1. The second row is 'Homo sapiens chromosome 1 clone RP5.848E13, complete sequence' with a Max Score of 61893, Total Score of 62345, Query Cover of 100%, E value of 0.0, Per Ident of 100.00%, and Accession of AC099795.2. The third row is 'Homo sapiens solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), mRNA' with a Max Score of 3493, Total Score of 6310, Query Cover of 10%, E value of 0.0, Per Ident of 100.00%, and Accession of NM\_005615.4. The fourth row is 'Human (Homo) 21 glucose transporter, perme mRNA, complete cds' with a Max Score of 2567, Total Score of 3393, Query Cover of 5%, E value of 0.0, Per Ident of 99.86%, and Accession of K03195.1. The fifth row is 'PREDICTED: Gorilla gorilla solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), mRNA' with a Max Score of 2425, Total Score of 5176, Query Cover of 8%, E value of 0.0, Per Ident of 98.83%, and Accession of XM\_004025589.3.

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

### Etapa 3: Identificação da amostra

Nesta etapa, o programa traz as sequências com maior similaridade, em relação à sequência-alvo (**Figura 4**). O melhor alinhamento entre sequências é aquele que apresenta o maior escore (*Total score*); o menor valor de E (*E-value*), que representa maior significância estatística; a sequência que apresenta maior porcentagem de cobertura pelo alinhamento (*Query cover*), e aquela que apresenta o maior percentual de identidade (*Per. ident*), ou grau de invariância entre duas sequências. Ao clicar na opção escolhida, de acordo com as

orientações acima, o aluno deve anotar o nome do gene correspondente à sequência de DNA da paciente.

**Figura 4** – Resultados do **BLAST** da sequência de DNA submetida. Percentual de identidade (seta vermelha). Descrição da sequência e nome do gene (SLC2A1, linha vermelha)

Description	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Accession
<i>Homo sapiens solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), RefSeqGene (LRG_1132) on chromosome 1</i>	61893	62742	100%	0.0	100.00%	NG_008232.1
<i>Homo sapiens chromosome 1 clone RP5-648E13 complete sequence</i>	61893	62345	100%	0.0	100.00%	AC099196.2
<i>Homo sapiens solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), mRNA</i>	3493	6310	10%	0.0	100.00%	NM_006516.4
<i>Human (hseG2) glucose transporter gene, mRNA, complete cds</i>	2567	3393	5%	0.0	99.88%	K03155.1
<i>PREDICTED: Gorilla gorilla gorilla solute carrier family 2 member 1 (SLC2A1), mRNA</i>	2425	5176	8%	0.0	98.83%	XM_004025689.3

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

#### Etapa 4: Entendendo a condição genética:

- acesse o site **MedlinePlus**, através do link: <https://medlineplus.gov/genetics/>;
- insira na opção de busca o nome do gene identificado (SLCA1) na etapa 3;
- clique na opção 1 (**Figura 5-6**).

**Figura 5** – Resultado da busca do gene SLC2A1 no site **MedlinePlus**

U.S. National Library of Medicine  
**MedlinePlus**  
 Trusted Health Information for You

SLC2A1

About MedlinePlus What's New Site Map Customer Support

Health Topics Drugs & Supplements Genetics Medical Tests Videos & Tools **Espanol**

Home → Search Results Search Help

Refine by Type

All Results (3)

- Health Topics (0)
- Medical Encyclopedias (0)
- External Health Links (1)
- Medical Tests (0)
- Genetics (2)
- Drugs and Supplements (0)
- National Institutes of Health (0)

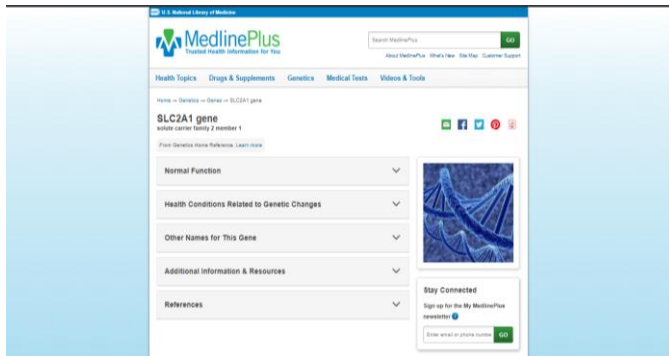
Results 1 - 3 of 3 for SLC2A1

Did you mean **slc26a4**?

- SLC2A1 gene**  
 The **SLC2A1** gene provides instructions for producing a protein called the glucose transporter protein type 1 (GLUT1). The GLUT1 protein is embedded in the ...  
<https://medlineplus.gov/genetics/gene/slc2a1> - Genetics
- GLUT1 deficiency syndrome**  
 ... deficiency syndrome is caused by mutations in the **SLC2A1** gene. This gene provides instructions for producing a ... gliosis, which protect and maintain nerve cells (neurons). **SLC2A1** gene mutations reduce or eliminate the function of ...

Fonte: os autores (2020)

**Figura 6** – Resultado da busca do gene SLC2A1 no site **MedlinePlus**



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

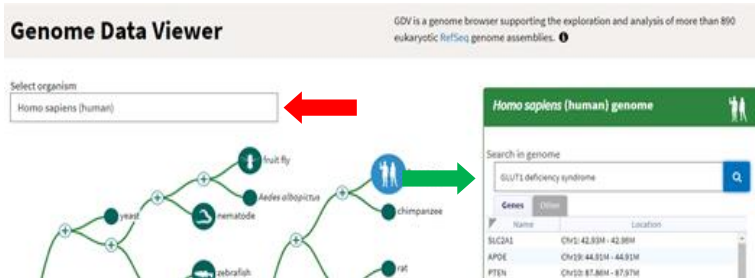
Nas opções do site, identifique o nome do gene SLC2A1 e atente às questões abaixo:

- 1) descreva os sintomas mais comuns das pessoas afetadas por esta doença;
- 2) Qual a frequência de pessoas afetadas?
- 3) causas da doença;
- 4) padrão de herança.

#### **Etapa 5: Análise e exploração do genoma:**

- acesse o site **Genome Data Viewer**, através do link: Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/gdv/>. Acesso em: 8 dez. 2021
- selecione o genoma do organismo *Homo sapiens* (humano), insira o nome da condição de saúde encontrada na análise anterior (**GLUT1 deficiency syndrome**), na janela de busca, clique na lupa azul no lado direito e selecione a opção que apresenta o gene **SLC2A1 (Figura 7)**;

**Figura 7** – Ferramenta de busca no site *Genome Data Viewer*. Organismo de interesse (seta vermelha), condição desejada (seta verde) e resultados (caixa vermelha)



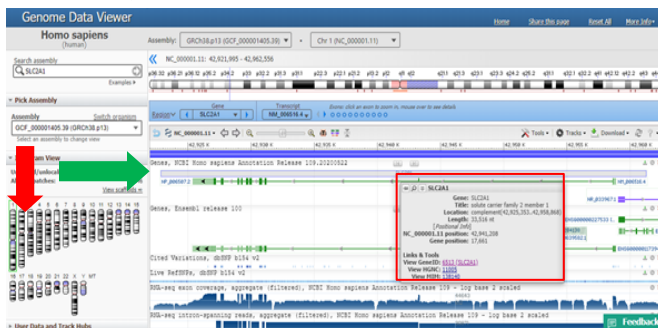
Fonte: Elaboração dos autores (2020).

- clique com o mouse no transcrito **SLC2A1** como indicado na **Figura 8**, para visualizar as informações genômicas do gene;

Resposta:

1. Em qual cromossomo o gene SLC2A1 se encontra?
2. Qual a região do cromossomo em que o gene se encontra?
3. Qual o tamanho do gene (em pares de base)?

**Figura 8** – Visualização genômica do gene SLC2A1 no genoma humano. Cromossomo do gene (seta vermelha), mapa do gene (seta verde e caixa vermelha).



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

## Atividade 2 – CSI Selvagem

A atividade “CSI Selvagem” propõe aos alunos e professores a experiência de aplicar ferramentas reais de análise de dados genômicos, na resolução de problemas na área da biologia da conservação.

### Orientações:

Os alunos podem ser divididos em grupos ou desenvolver a atividade de forma individual. Os alunos deverão fazer o *download* do material disponibilizado no *link* do Google Drive e seguir as orientações descritas nas etapas 1-3. Ao final, espera-se que os alunos tenham compreendido a aplicabilidade da genômica, na resolução de problemas na área da biologia da conservação; portanto os alunos deverão redigir um relatório contendo uma introdução ao tema, uma descrição da atividade realizada e dos resultados obtidos, além de incluir uma busca por notícias/reportagens em jornais e sites na internet, que exemplifiquem problemas que poderiam ser solucionados com ajuda da genômica.

### Problema:

Uma denúncia anônima de comércio de carne de caça de animais silvestres é feita num pequeno mercado da zona rural da cidade, lembrando que apenas a caça do javali é permitida no Brasil, sob a premissa de controle populacional (Código de Caça – Lei n. 5.197/67). Os fiscais recolheram cinco amostras de carne e levaram para extração de DNA em laboratório. Ajude os profissionais a descobrirem a procedência da carne, analisando as sequências de DNA mitocondrial (DNAm<sub>t</sub>) obtidas.

**Objetivos:**

1. identificar a qual(is) espécie(s) pertencem as amostras coletadas pela fiscalização, a partir das sequências de DNA mitocondrial;
2. interpretar os dados obtidos, discuti-los com a turma e redigir um relatório;
3. buscar notícias/reportagens em jornais e sites na internet, que exemplifiquem outros problemas que poderiam ser solucionados, através da genômica, e apresentar para a turma.

**Etapa 1: Reconhecimento das sequências obtidas**

- Baixe os arquivos na pasta “CSI Selvagem” no *link* abaixo, com as sequências de DNA mitocondrial de cada amostra (A, B, C, D e E). Abra cada um dos arquivos e peça que os alunos, brevemente, comparem visualmente as sequências de bases.

[https://drive.google.com/drive/folders/1g57rIACMobR5oF18uRwjt1Yx\\_n\\_S3unc?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1g57rIACMobR5oF18uRwjt1Yx_n_S3unc?usp=sharing)

**Reflexões importantes:**

- pergunte ao aluno o que ele consegue identificar no arquivo;
- o arquivo está no formato `\\.FASTA`. Esse formato é usado para descrever arquivos de sequência de DNA, RNA e proteínas. Ele possui um cabeçalho contendo a identificação da sequência (nesse caso, nomeadas como amostras de A-E) e comentários. Comente com o aluno a diferença entre o cabeçalho e o corpo do arquivo contendo a sequência.

## Etapa 2: Submissão das sequências à ferramenta BLAST:

- acesse a ferramenta **BLAST**, através do site Disponível em: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>. Acesso em: 1 dez 2021
- escolha a opção **Nucleotide BLAST**;
- insira a sequência completa do DNA mitocondrial da amostra a ser analisada, selecionando a base de dados de nucleotídeos não redundantes (*Nucleotide collection (nr/nt)*) (**Figura 9**);
- programe para a busca de sequências altamente semelhantes (*megablast*) (**Figura 10**). Se preferir, marque a opção para mostrar os resultados numa nova janela. Clique em **BLAST**;
- repita o processo para cada amostra.

**Figura 9** – Inserindo a sequência de DNA mitocondrial no BLAST (seta vermelha), selecionando a base de dados de nucleotídeos não redundantes (seta verde).

The image shows the NCBI BLAST web interface. At the top, there are navigation tabs for 'blastn', 'blast', 'tblastn', and 'tblastx'. The main heading is 'BLASTN programs search nucleotide databases using a nucleotide query.' Below this, there is a section 'Enter Query Sequence' with a text input field containing a DNA sequence: 'GTTAATGTAGCTTAATCCAAAGCGAGGCACTGGAAGATGCCAGATGAGTACTACTAATCCATAAACACA CAGGTTTGATCCCTAGCCTTTATATTGTTAATAAATTCACACATGCAAGTATCCGACCCAGTGA AATGCCCTCCAAATCACAATTACGATCAAAGSAGSAGGTATCAAGCAGCTAAATTAGCACGCTTACAAC ACCTTGCTTAACACACCCCCAGGGAAGCAGTGTATAAATAAATTAAGCCATAAACGAAGTTCGACTA AGTTATATAAATCAGGGTTSGTAAATTTGTGCCAGCCAGCCGCTCATAGGATTAACCCAAATTAATA'. A red arrow points to the label 'Enter accession number(s), gi(s), or FASTA sequence(s)'. Below the text input, there are fields for 'From' and 'To' with a 'Query subrange' label. Further down, there is a section 'Or, upload file' with a button 'Escolher arquivo' and the text 'Nenhum arquivo selecionado'. Below that is a 'Job Title' field with the prompt 'Enter a descriptive title for your BLAST search'. There is a checkbox for 'Align two or more sequences'. The 'Choose Search Set' section has a 'Database' dropdown menu with 'Nucleotide collection (nr/nt)' selected. A green arrow points to this dropdown menu. At the bottom, there are radio buttons for 'Standard databases (nr etc.)', 'rRNA/ITS databases', 'Genomic + transcript databases', and 'Betacoronavirus'.

Fonte: Elaboração dos autores (2020).



**Figura 10** – Selecionando opção para busca por sequências altamente semelhantes (seta vermelha)

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

### Etapa 3: Identificação das amostras

Nesta etapa, o programa traz as sequências com maior similaridade, em relação à sequência-alvo (**Figura 11**). O melhor alinhamento entre sequências é aquele que apresenta o maior escore (*Total score*); o menor valor de E (*E-value*), que representa maior significância estatística; a sequência que apresenta maior porcentagem de cobertura pelo alinhamento (*Query cover*); e aquela que apresenta o maior percentual de identidade (*Per. ident*), ou grau de invariância entre duas sequências.

**Figura 11** – Resultados do BLAST da sequência de DNAm<sub>t</sub> submetida. Neste exemplo, a sequência pertence à *Tapirus terrestris* (AJ428947.1) (Amostra A), com 100% de identidade (seta vermelha).

select all 100 sequences selected		GenBank	Graphics	Distance tree of results			
	Description	Max Score	Total Score	Query Cover	E value	Per. Ident	Accession
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Tapirus terrestris complete mitochondrial genome</a>	30980	30980	100%	0.0	100.00%	<a href="#">AJ428947.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Tapirus indicus mitochondrion, partial genome</a>	20729	20729	99%	0.0	89.06%	<a href="#">KY117589.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Tapirus indicus isolate Ti-22 mitochondrion, complete genome</a>	20724	20724	99%	0.0	89.06%	<a href="#">KJ417810.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Tapirus indicus isolate Ti-10 mitochondrion, complete genome</a>	20718	20718	99%	0.0	89.05%	<a href="#">KJ417809.1</a>
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Tapirus indicus isolate Ti-20 mitochondrion, complete genome</a>	20718	20718	99%	0.0	89.05%	<a href="#">KJ417808.1</a>

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

### Reflexões importantes:

- a ferramenta BLAST é discutida na introdução do capítulo;
- após a identificação dos animais cujas carnes estavam sendo comercializadas, pergunte aos alunos quais delas representam carne de caça ilegal e de que forma essa informação auxilia os fiscais no combate ao comércio de produtos provenientes da fauna silvestre;
- por fim, proponha aos alunos que busquem notícias/reportagens em jornais e sites na internet que exemplifiquem outros problemas que poderiam ser solucionados através da genômica, e peça para que apresentem para a turma os recortes selecionados.

### Solução: O resultado esperado pode ser conferido no Quadro 1.

**Quadro 1**– Amostras coletadas (A-E) pelos fiscais e suas espécies correspondentes. O DNA das amostras A (anta), D (tatu-galinha) e E (veado campeiro) corresponde a animais cuja caça é proibida

Amostras	Código GenBank	Espécies	Nome popular
A	AJ428947.1	<i>Tapirus terrestris</i>	anta brasileira
B	KC153975.1	<i>Bos taurus</i>	vaca
C	AP003428.1	<i>Sus scrofa domestica</i>	porco doméstico
D	Y11832.1	<i>Dasypus novemcinctus</i>	tatu-galinha
E	JN632681.2	<i>Ozotocerus bezoarticus</i>	veado campeiro

Fonte: Elaboração dos autores (2020). Fechar o quadro.

## Considerações finais

O objetivo deste capítulo é proporcionar o primeiro contato tanto de professores como alunos com áreas como genômica e bioinformática. São áreas que muitas vezes não estão associadas com o trabalho de biólogos e profissionais da saúde, mas que terá um grande impacto no dia a dia das pessoas nos próximos anos. Por se tratar de uma área nova, existem poucos materiais de ajuda em Português, então esperamos que esse guia seja o primeiro contato. Além disso, no final da atividade, sugerimos que o professor proponha aos alunos uma discussão sobre a percepção dos mesmos quanto ao assunto e de aspectos éticos associados. Uma sugestão para uma atividade multidisciplinar é convidar professores de Inglês, e matemática e filosofia para ampliar o escopo de projetos executados por alunos.

## Referências

- ALTSCHUL, Stephen F. *et al.* Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*, v. 215, n. 3, p. 403-410, 1990.
- BAILEY, Matthew H. *et al.* Comprehensive characterization of cancer driver genes and mutations. *Cell*, v. 173, n. 2, p. 371-385.e18, 2018.
- BRITAIN, Authors Helen K. *et al.* Technology: the \$1,000 genome. *Cell*, v. 177, n. 1, p. 45-57, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.02.003>. Acesso em: 8 dez. 2021
- CARRASCO-RAMIRO, F.; PEIRÓ-PASTOR, R.; AGUADO, B. Human genomics projects and precision medicine. *Gene Therapy*, v. 24, n. 9, p. 551-561, 2017.
- CHAPMAN, D. D.; PINHAL, D.; SHIVJI, M. S. Tracking the fin trade: genetic stock identification in western Atlantic scalloped hammerhead sharks *Sphyrna lewini*. *Endangered Species Research*, v. 9, n. 3, p. 221-228, 2009.
- VENTER, J. Craig *et al.* The sequence of the human genome. *Science*, v. 291, n. 5507, p. 1304-1351, 2001.
- DALEBOUT, M. L. *et al.* How many protected minke whales are sold in Japan and Korea? A census by microsatellite DNA profiling. *Animal Conservation*, v. 5, n. 2, p. 143-152, 2002.

- DESALLE, R.; AMATO, G. The expansion of conservation genetics. **Nature Reviews Genetics**, v. 5, n. 9, p. 702-712, 2004.
- FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Introduction to conservation genetics**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- GENETICS HOME REFERENCE. **Help me understand genetics**. [s.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <https://ghr.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 1 dez 2021
- GINSBURG, Geoffrey S.; PHILLIPS, Kathryn A. Precision medicine: from science to value. **Health Affairs**, v. 37, n. 5, p. 694-701, 2018.
- GOLDBERG, T. L. Inferring the geographic origins of “refugee” chimpanzees in Uganda from mitochondrial DNA sequences. **Conservation Biology**, v. 11, n. 6, p. 1441-1446, 1997.
- KHERA, Amit V. **et al.** Genome-wide polygenic scores for common diseases identify individuals with risk equivalent to monogenic mutations. **Nature Genetics**, v. 50, n. 9, p. 1219-1224, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41588-018-0183-z>. Acesso em: 1 dez 2021
- ROMAN, J.; BOWEN, B. W. The mock turtle syndrome: genetic identification of turtle meat purchased in the south-eastern United States of America. **Animal Conservation**, v. 3, n. 1, p. 61-65, 2000.
- RYDER, O. A. Conservation genomics: applying whole genome studies to species conservation efforts. **Cytogenetic and Genome Research**, v. 108, n. 1-3, p. 6-15, 2005.
- SAGNER, Michael **et al.** The P4 health spectrum – a predictive, preventive, personalized and participatory continuum for promoting healthspan. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 59, n. 5, p. 506-521, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2016.08.002>. Acesso em: 8 dez. 2021
- SHENDURE, Jay; FINDLAY, Gregory M.; SNYDER, Matthew W. Genomic medicine—progress, pitfalls, and promise. **Cell**, v. 177, n. 1, p. 45-57, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.02.003>. Acesso em: 8 dez. 2021
- SOUZA, F. A. de. **Identificação molecular de carne de cação comercializada no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2016.
- STEINER, C. C. **et al.** Conservation genomics of threatened animal species. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 1, n. 1, p. 261-281, 2013.
- STOLWIJK, R. The golden lion tamarin (*Leontopithecus rosalia*): a flagship species for the Atlantic Forest of Brazil. **Mycotoxin Research**, v. 6, n. 2, p. 52, 2013.
- SVANTE PÄÄBO. The human genome and our view of ourselves. **Science**, v. 291, n. 5507, p. 1219-1220, 2001.
- WASSER, S. K. **et al.** Genetic assignment of large seizures of elephant ivory reveals Africa’s major poaching hotspots. **Science**, v. 349, n. 6243, p. 84-87, 2015.

# HOMOSSEXUALIDADE E GENÉTICA:

**CORRELAÇÕES E QUEBRA DE TABUS NO AMBIENTE ESCOLAR**

Micael Montemezzo



## Homossexualidade e genética

**Público-alvo:** Alunos do Ensino Médio.

**Conteúdo:** Divisão celular (mitose e meiose), fecundação, desenvolvimento de gêmeos mono e dizigóticos e determinação sexual.

**Resumo:** O processo de aprendizagem se caracteriza como dinâmico, contínuo, global e gradativo, a partir disso é possível inferir que as demandas escolares (do corpo discente e da comunidade escolar como um todo) não se mantêm iguais ao longo do tempo. Os ambientes educativos não estão mais pautados e alicerçados nas sequências didáticas, como objetivo de aprendizagem, sendo o foco direcionado ao desenvolvimento de habilidades mais complexas, que propiciem a teorização e aplicação destes na resolução de problemas. Dentre as problemáticas enfrentadas nas instituições escolares, está a luta por equidade social, e os comportamentos afetivo e sexual ainda são temas considerados “tabus”, sendo minimizados quanto à sua importância, no desenvolvimento do pensamento crítico e na busca de uma sociedade igualitária. A partir disso, este capítulo tem por objetivo promover a apropriação dos conceitos biológicos pelos docentes, acerca dos diferentes comportamentos sexuais presentes (na espécie humana e em outras espécies animais), convergindo-os com a temática social que tange o preconceito, com o objetivo de desmitificar e desconstruir argumentos, que, erroneamente, se fundamentam na Biologia, para justificar comportamentos agressivos à diversidade de gênero, orientação sexual e sexo biológico.

## 1 Justificativa

O ambiente escolar é, indubitavelmente, local onde estudantes desenvolvem muitos de seus laços afetivos e, também, onde a construção e consolidação da identidade dos jovens são realizadas. Além do conhecimento intelectual, a escola apresenta mais do que nunca a função de auxiliar no desenvolvimento da criticidade e geração de indivíduos protagonistas na transformação da sociedade, problematizando e identificando maneiras de modificar contextos de desigualdade.

Dentre as demandas atuais dos jovens, a necessidade de aceitação em um grupo ou tribo se mostra basal no momento da tomada de decisões sobre como comportar-se, fazendo com que o simples ato de ser seja negligenciado, e máscaras sociais sejam vestidas para tal. Neste contexto, a comunidade LGBTQ+ encara, de maneira muito vulnerável, o receio de expressar sua legitimidade ao passo que a opressão premeditada, discriminação e a violência (verbal e física) configuram um cenário usual contra os mesmos. Por meio de meta-análise, Neves *et al.* (2020) demonstram que, aproximadamente, 41,5% dos estudantes de escolas públicas e privadas não gostariam de ter colegas de classe homossexuais. Este cenário não difere da classe docente, em que 16% dos professores da educação básica, de diversas capitais, consideram a homossexualidade uma doença.

Como agravante à prática discriminatória, Poteatet *et al.* (2011) trazem à luz dados preocupantes sobre a seguridade dos estudantes que se veem como pertencentes à comunidade LGBTQ+, em que adolescentes vítimas de LGBTQfobia são fracamente assistidos por gestores de escolas, sendo inclusive responsabilizados pela violência recebida. Em 2015, a Pesquisa Nacional sobre o Ambiente Escolar no Brasil, demonstrou que 60% dos adolescentes não se sentem seguros devido à sua

orientação sexual nos anos escolares finais, e 43% sentiam-se igualmente inseguros pela sua identidade de gênero (ABGLT, 2016).

A partir da problemática exposta, é de suma importância que a escola, como instituição de função social, atue, juntamente com a comunidade, na batalha contra qualquer tipo de intolerância à comunidade LGBTQ+, inserindo em seu contexto políticas de conscientização, instrumentalização e orientação dos discentes. Dentre as diversas práticas possíveis, está a inserção do tema como uma proposta transversal e interdisciplinar, em que diferentes áreas do conhecimento se apropriem da temática e contribuam para o bem-estar social.

## **2 Problema**

De que forma o conhecimento acerca do desenvolvimento biológico e psicossocial dos seres humanos pode ser ferramenta para o combate à intolerância à comunidade LGBTQ+, em âmbito escolar?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver nos estudantes de Ensino Médio a capacidade de correlacionar os fenômenos biológicos e psicossociais do desenvolvimento humano, a fim de romperem tabus e comportamentos intolerantes à comunidade LGBTQ+ nas instituições de ensino, utilizando artigos científicos encontrados em bases de dados.



### 3.2 Objetivos específicos:

1. correlacionar as etapas da divisão celular com a formação de gametas;
2. compreender os fenômenos do desenvolvimento embrionário, na formação de gêmeos mono e dizigóticos;
3. identificar as diferentes formas de determinação sexual de indivíduos do Reino Animalia;
4. compreender e diferenciar os conceitos de identidade de gênero, orientação sexual e sexo biológico;
5. analisar, por meio de dados estatísticos, a correlação entre gêmeos mono e dizigóticos pertencentes à espécie *Homo sapiens*, com a prevalência de comportamentos homoafetivos;
6. valorizar as diferentes orientações sexuais, assim como identidades de gênero existentes, a partir do conhecimento biológico construído.

## 4 Referencial teórico

### 4.1 Identidade de gênero versus orientação sexual versus sexo biológico

A sistematização acerca do comportamento sexual de um ser humano é consolidada, muitas vezes, antes do próprio nascimento, a partir das atuais técnicas de diagnóstico por imagem, que os genitores realizam ao acompanhar o desenvolvimento da criança. Espera-se, ansiosamente, o conhecimento sobre qual o sexo biológico do indivíduo que está por vir ao mundo e, a partir dessas predições, toda a identidade do mesmo é preestabelecida socialmente (JESUS, 2012).

Existe uma padronização do comportamento sexual dual, com base no sexo biológico, que desconsidera qualquer

influência genética e/ou ambiental na construção do indivíduo. Para isso, é de suma importância que a sociedade saiba discernir as possibilidades existentes, no âmbito da expressão e vivência dos três conceitos determinantes: identidade de gênero, orientação sexual e sexo biológico (JESUS, 2012).

*Identidade de gênero*: é uma construção social, sendo a identidade de gênero a maneira como o indivíduo se reconhece e se expõe à sociedade. A visão dual deturpada (homem ou mulher) desse âmbito de expressão acarreta o não reconhecimento de pessoas que, ao longo de sua vida, não se reconhecem no próprio corpo, denominadas assim *transgêneros*, enquanto para a parcela que reconhece sua anatomia como pertencente são denominadas *cisgêneros*.

*Sexo biológico*: entende-se por sexo biológico toda estruturação anatomofisiológica do indivíduo, ou seja, especificadamente o que rege a formação e o desenvolvimento das genitálias, estas preestabelecidas pela determinação sexual cromossômica: XX sexo feminino, XY sexo masculino e a possibilidade de haver indivíduos intersexuais (indivíduos que nascem com características sexuais que não se encaixam nas categorias típicas do masculino e feminino).

*Orientação sexual*: compreender a orientação sexual é compreender as nuances afetivas do ser humano. Esse fragmento do comportamento humano refere-se às emoções e preferências afetivo-sexuais. Como no sexo biológico, a orientação sexual não é dual, havendo um espectro em que, em suas extremidades, estão as preferências hetero e homossexuais e, no meio, a bissexualidade. A orientação sexual não depende do gênero ou do sexo biológico, podendo haver pessoas *cis* ou *transgêneros*, com qualquer característica citada acima.

## 4.2 Conceito de homossexualidade e suas implicações sociais

O termo *homossexual*, do grego *hómoios*: igual, semelhante, é definido como a preferência sexual por indivíduos do mesmo sexo; entretanto, o mesmo se mostra bastante vago quanto ao seu objetivo de categorizar a identidade do próprio ser, visto que a palavra “preferência” conota o poder de escolha, sem incluir os processos biológicos e psicoculturais associados à identidade de gênero (NUNES *et al.*, 2008).

Estudos acerca do comportamento sexual da espécie humana atingiram maior visibilidade, após as publicações de *Sexual Behavior in the Human Male* (1948) e *Sexual Behavior in the Human Female* (1953) por Alfred Kinsey. Buscando a não dualização de indivíduos como heterossexuais ou homossexuais, os estudos criam um gradiente, uma escala que vai de 0 (zero) a 6 e apresenta classes intermediárias entre o indivíduo que se autointitula heterossexual (zero na escala) e homossexual (6 na escala). Dentre as variáveis utilizadas, destacam-se o comportamento individual, desejos, fantasias, autoidentificação, juntamente com marcadores de identidade sexual e reações psicosssexuais (DRUCKER, 2012).

Apesar do tempo, em que o comportamento sexual humano tem sido estudado, foi apenas em 1993 que a Classificação Internacional de Doenças (CID) retirou a homossexualidade e bissexualidade da lista de patologias, primeiramente trocando o sufixo ISMO (o qual denota alguma doença) pelo sufixo DADE, reconhecendo estes comportamentos como vivências e práticas não relacionadas a qualquer tipo de patologia, crime ou pecado. No Brasil, em 1999, o Conselho Federal de Psicologia, a partir da Resolução CPF n.001/99 proibiu que os(as) profissionais da psicologia utilizassem qualquer subsídio terapêutico, para submeter qualquer

pessoa a terapias “curativas”, com o objetivo de “reverter” os comportamentos homossexuais.

Art. 3º - Os psicólogos não exercerão qualquer ação que favoreça a patologização de comportamentos ou práticas homoeróticas, nem adotarão ação coercitiva tendentes a orientar homossexuais para tratamentos não solicitados.

Parágrafo único - Os psicólogos não colaborarão com eventos e serviços que proponham tratamento e cura das homossexualidades).

Um grande avanço na proteção aos direitos da comunidade LGBTQ+ foi a criminalização da homofobia e transfobia em 2019, na qual enquadraram-se os referidos crimes como racismo, colocando-os em consonância com a Lei n.7.716/1989, até que uma legislação específica seja criada. A necessidade da criminalização de ações que ferem os direitos da população LGBTQ+ no Brasil se dá pelos índices alarmantes, os quais demonstram que um LGBTQ+ é morto a cada 22 horas por crime de ódio, assim como a baixa expectativa de vida de pessoas transgêneros de, aproximadamente, 35 anos (OLIVEIRA *et al.*,2020).

### **4.3 Comportamento sexual no Reino Animalia**

O comportamento sexual assume formas variadas nos diferentes organismos e, apesar de ter sido evoluído com o propósito reprodutivo, verifica-se que este comportamento também apresenta funcionalidade social (SAVOLAINEN; HODGSON, 2017).

Estudos extensivos têm sido realizados para compreender quais são as estratégias e consequências evolutivas dos compor-

tamentos homossexuais em outros animais. Ao realizar uma meta-análise, Bailey e Zuk (2009) separaram esses comportamentos em duas principais hipóteses: adaptativas e não adaptativas. Estas foram subdivididas, conforme o padrão comportamental, e seus objetivos são apresentados no **Quadro 1**. Pretendendo difundir a naturalização do comportamento homossexual em outras espécies animais, uma exposição denominada *Against nature?*, traduzida livremente como “Contra a natureza?”, foi realizada pelo Museu de História Natural de Oslo (Noruega), em 2006. Das 1.500 espécies estudadas, cerca de 500 delas apresentavam, em alguma instância, comportamento homossexual vinculado, sendo percebido em diferentes clados (mamíferos, insetos e até crustáceos).

**Quadro 1** – hipóteses adaptativa e não adaptativa do comportamento homossexual de diferentes espécies animais

Hipótese	Função ou mecanismo	Exemplo de espécies estudadas
<b>Adaptativa</b>		
Interesse social	Grupos e alianças formadas e mantidas pela participação em interações homossexuais, redução de tensão social, prevenção de conflitos, facilitação de reconciliação.	Golfinho-nariz-de-garrafa ( <i>Turiops spp.</i> ) Pica-pau-bolota ( <i>Melanerpes formicivorus</i> ) Macaco-da-neve ( <i>Macaca fuscata</i> )
Conflito intrasexual	Reconciliação e reforço de hierarquias dominantes, redução do sucesso reprodutivo de competidores.	Bisão-americano ( <i>Bison bison</i> ) Mosca ( <i>Hydromyza livens</i> )

Prática	Aprendizagem de indivíduos imaturos em habilidades sexuais.	Mosca-da-fruta ( <i>Drosophila spp.</i> )
Seleção parental	Promoção de recursos para fraternais.	Ser humano ( <i>Homo sapiens</i> )
Inseminação indireta	Machos podem inseminar indiretamente fêmeas pela deposição de espermatozoides em outros machos.	Besouro-castanho ( <i>Tribolium castaneum</i> )
<b>Não adaptativa</b>		
Identidade equivocada	Ocorre normalmente quando há uma fraca discriminação sexual	Ciclideo-laranja ( <i>Ectophasia maculata</i> )
Subproduto evolutivo	Quando a seleção natural age diversificando os caracteres, tais como responsabilidade sexual.	Macaco-da-neve ( <i>Macaca fuscata</i> )
Efeito prisional	Privação sexual com parceiros do sexo oposto	Donzelinhas ( <i>Ischnura elegans</i> )
Mal-adaptação	Organismos são imperfeitamente adaptados ao seu ambiente	Diversas espécies
Infecções	Infecções por agentes externos podem promover preferências homossexuais	Postulado em seres-humanos ( <i>Homo sapiens</i> )

Fonte: Bailey e Zuk (2009, tradução nossa).

O comportamento homossexual em animais supera os âmbitos apenas acadêmicos. Bagemihl (1999) documenta que,

aproximadamente, 450 espécies animais são frequentemente citadas na literatura, pois apresentaram algum tipo de interação sexual sem o objetivo de reprodução com indivíduos do mesmo sexo. Bagemihl (1999) relatou a presença de comportamento homossexual em gansos, flamingos, gaivotas, ostraceiros e tourinegras. Para MacFarlane *et al.* (2010), existem pelo menos 93 espécies de aves que apresentam comportamentos que podem incluir ato sexual, corte, formação de pares e coparentalidade.

O ato sexual entre indivíduos do mesmo sexo é particularmente evidenciado em primatas, principalmente linhagens mais próximas aos humanos do que em grupos taxonômicos mais distantes (SAVOLAINEN; HODGSON, 2017). Pares homossexuais são evidenciados em muitos primatas, principalmente em chipanzés e orangotangos, e esses pares permanecem fiéis por muitos anos. Golfinhos machos também desenvolvem laços duradouros, em que o casal, mesmo pertencendo a grandes grupos, “performam” comportamentos estimulatórios mutuamente (HAMBERG, 2005).

O julgamento moral e ético acerca da homossexualidade ainda desconforta aqueles que visam a naturalização dos padrões de comportamento homoafetivos, visto que os argumentos daqueles que defendem o “comportamento normal” do ser humano é pautado, principalmente, sobre opiniões individuais. A expressão “não natural”, alegada sobre o comportamento homossexual levanta questões inclusive conceituais, visto que o termo “natural” e suas derivações têm, de acordo com o Dicionário Michaelis da Língua Portuguesa, o significado de “relativo ou pertencente à natureza”, “que segue a ordem regular das coisas”, “inerente, sem interferência do ser humano”. Certamente, o termo aplicado, além de não ser conceitualmente correto, evidencia o preconceito existente sem base na literatura científica (HAMBERG, 2005).

#### **4.4 Gêmeos monozigóticos (univitelinos ou idênticos) e dizigóticos (bivitelinos ou fraternais) como ferramentas para o estudo da correlação do comportamento homossexual com a genética**

Diversos questionamentos acerca das variáveis relacionadas à orientação homossexual têm sido elencados no final do século XIX, e por todo século XX, dentre eles estão a influência biológica, o aprendizado social ou as interações entre ambos (WHITAM *et al.*, 1993). Visto que a homossexualidade aparece em ambos os sexos biológicos, e estudos meta-analíticos demonstraram que homens homossexuais apresentam uma taxa maior de irmãos com o mesmo comportamento do que homens heterossexuais; esta característica se repete com mulheres, é inerente que fatores genéticos estão intrinsecamente relacionados à homossexualidade; entretanto, é fundamental compreender a importância do meio no desenvolvimento do indivíduo (BAILEY; BELL, 1993).

Com o objetivo de analisar a influência genética na hereditariedade do comportamento homossexual, diversos estudos têm utilizado, como objeto de pesquisa gêmeos monozigóticos e dizigóticos, assim como irmãos não gêmeos e também filhos adotivos, todos para fim de comparação e correlação (LÅNGSTRÖM *et al.*, 2010; VERWEIJ *et al.*, 2008). Ao estudar o comportamento homossexual de homens, Bailey *et al.* (1991) destacaram que o componente genético pode ter uma contribuição de 30 a 70% na determinação desta característica. Neste mesmo estudo, os autores evidenciaram correlações significativas no comportamento homossexual quanto à proximidade da carga genética dos gêmeos, 52% (29/56) para gêmeos monozigóticos, 22% (12/54) para gêmeos dizigóticos e 9.2% para irmãos não gêmeos.



Há uma congruência de resultados também para o estudo de gêmeas por Bailey *et al.* (1993); há também correlações positivas entre o comportamento homossexual de mulheres, em conformidade com a proximidade genética, com 48% (34/71) para gêmeas monozigóticas, 16% (6/37) para gêmeas dizigóticas e 14% (número não informado) para irmãs não gêmeas.

#### **4.5 Sequências didáticas relacionadas**

O presente capítulo tem por objetivo desconstruir a anormalidade do comportamento homossexual em seres humanos e reconstruir o pensar de forma natural; alguns tópicos importantes podem ser abordados e correlacionados com a problemática sugerida em sala de aula; são eles: divisão celular (mitose e meiose – formação de gametas), fecundação e determinação sexual em animais.

##### **4.5.1 Divisão celular (mitose e meiose)**

Para que os discentes possam compreender as bases biológicas da formação dos indivíduos do Reino Animalia, é de suma importância o entendimento de como os gametas são formados, ou seja, compreender o processo de divisão celular que embasa os mecanismos celulares e embrionários de como um indivíduo pluricelular se desenvolve.

De maneira conceitual, pode-se inferir que a divisão celular é o processo que ocorre nos seres vivos, em que uma célula origina outras células, estas contendo a informação genética de sua espécie. Este processo ocorre em organismos unicelulares ou pluricelulares. Basicamente, a divisão celular compreende dois grandes processos, a divisão do material genético (cariocinese) e a divisão do citoplasma (citocinese).

※ **Mitose:** processo de divisão essencial aos organismos unicelulares para a geração de outros indivíduos, os quais são

geneticamente iguais. Em organismos pluricelulares, o processo de mitose tem por objetivo a reposição, isto é, desenvolver, crescer e reestruturar tecidos. Inicia com uma célula diploide ( $2n$ ), que apresenta o número total de cromossomos da espécie (em seres humanos, por exemplo, com 46). A divisão mitótica é subdividida em quatro etapas: *prófase* – com a condensação do material genético – cromatina, transformando-se em cromossomos (cada um com duas cromátides-irmãs); polarização dos centríolos e surgimento das fibras do fuso, desaparecimento do nucléolo e rompimento da membrana nuclear; *metáfase* – na qual os cromossomos atingem sua condensação máxima e localizam-se na região central da célula (plano metafásico), unidos às fibras do fuso, anteriormente produzidas pelos centríolos; *anáfase* – se caracteriza pela separação das cromátides-irmãs, a partir do encurtamento das fibras do fuso e, por fim, *telófase* – quando ocorre a cariocinese e citocinese (esta última por vezes diferenciada em uma fase a parte), os cromossomos se descondensam e a carioteca e os nucléolos reaparecem. No final do processo, duas células-filhas se formam, ambas idênticas à célula-mãe.

\* **Meiose:** caracterizado como processo de divisão reducional, em que uma célula diploide ( $2n$ ) origina quatro células haploides ( $n$ ). Sua função é o desenvolvimento de células sexuais (gametas). No caso da espécie humana, a meiose promove a formação de gametas com 23 cromossomos cada (óvulos ou espermatozoides). No momento da fecundação, é a meiose que permite a fusão de duas células sexuais (espermatozoide e óvulo) na formação de um indivíduo diploide. O processo meiótico é duplo, ou seja, ocorrem as etapas *prófase I*, *metáfase I*, *anáfase I* e *telófase I*, em seguida, *prófase II*, *metáfase II*, *anáfase II* e *telófase II*. Os processos são bastante parecidos; entretanto, a *prófase I* merece atenção

maior, pois é neste momento que ocorre o chamado *crossing-over* ou permuta genética, em que fragmentos dos cromossomos são trocados favorecendo a variabilidade genética.

#### 4.5.2 Fecundação e formação de gêmeos

A fecundação é o processo em que duas células sexuais se fundem e originam um novo indivíduo, no caso dos seres humanos quando o espermatozoide encontra o óvulo (ovócito) e os núcleos se unem. A fecundação garante: que a diploidia cromossômica seja restaurada; que o sexo biológico do indivíduo seja determinado e, por fim, que haja o início do desenvolvimento embrionário.

Usualmente, na espécie humana, o processo de fecundação gera um único indivíduo; entretanto, não são raros os casos em que o mesmo forme gêmeos (ou mais), sendo a quantidade de indivíduos formados inversamente proporcional à probabilidade estatística de o evento ocorrer).

No desenvolvimento de gêmeos, há duas possibilidades que apresentam dois possíveis resultados relacionados à carga genética dos indivíduos formados. No caso dos chamados gêmeos dizigóticos (fraternos ou bivitelinos), há a liberação de dois ovócitos e posterior fecundação, independentemente de ambos por um espermatozoide cada. Eles apresentam a mesma idade e se implantam no útero ao mesmo tempo, mas apresentam características genéticas diferentes entre si, inclusive havendo a possibilidade de gerar gêmeos de sexos biológicos diferentes. Para os gêmeos monozigóticos (idênticos ou univitelinos), há a liberação de apenas um ovócito, que é fecundado por apenas um espermatozoide, por isso são sempre geneticamente iguais e do mesmo sexo biológico. Os gêmeos monozigóticos originam-se da separação do zigoto em dois embriões, normalmente após 8 dias da fecundação;

caso a separação ocorra mais tardiamente, pode ocorrer a formação de gêmeos siameses (gêmeos unidos que compartilham algumas estruturas corporais).

#### 4.5.3 Determinação cromossômica sexual

Em grande parte das espécies animais, a determinação sexual se dá pela constituição cromossômica, conseqüentemente genética, dos mesmos. Geralmente, a formação de indivíduos de sexos biológicos diferentes reside em um par de cromossomos denominados cromossomos sexuais ou heterossomos. Os demais cromossomos não relacionados à determinação sexual são chamados autossomos.

Os cromossomos sexuais podem ser subdivididos em dois grupos, aqueles relacionados à formação do sexo homogamético e heterogamético. Nas espécies que apresentam os sistemas sexuais XY e X0, a meiose de uma célula feminina XX origina um único tipo de gameta (X), constituindo o sexo homogamético, já a meiose de uma célula masculina origina dois tipos de gametas, sendo metade deles com o cromossomo X e a outra metade com o cromossomo Y; no sistema X0, 50% apresentam o cromossomo X e os outros 50% não apresentam cromossomo sexual, constituindo o sexo heterogamético.

\* **Sistema XY:** fêmeas apresentam um par de cromossomos homólogos, enquanto o macho apresenta um cromossomo correspondente ao da fêmea e outro exclusivamente masculino. O cromossomo encontrado em ambos os sexos é denominado cromossomo X, e aquele presente apenas em machos é denominado cromossomo Y. Este sistema está presente nos mamíferos; em diversas espécies de peixes e insetos e até em plantas.

※ **Sistema X0:** neste sistema, as fêmeas apresentam um par de cromossomos X (XX) enquanto os machos apenas um cromossomo X (X0), sendo 0 (zero) a ausência de outro cromossomo sexual. É um sistema presente em diversas espécies de insetos, como a maioria dos gafanhotos.

※ **Sistema ZW:** indivíduos que apresentam este sistema de determinação sexual apresentam suas fêmeas como portadoras dos cromossomos heteromórficos (ZW), enquanto os machos apresentam um par de cromossomos Z (ZZ). Aves, diversos répteis e algumas espécies de peixes e insetos apresentam sistema de determinação sexual ZW.

※ **Sistema haploide/diploide (haplodiploidia):** nesse sistema, as fêmeas são diploides ( $2n$ ) e os machos haploides ( $n$ ). No caso das abelhas, os machos (zangões) originam-se de óvulos não fecundados (partenogênese), sendo assim portadores de apenas um cromossomo de origem materna. Os óvulos fecundados, portanto diploides, dão origem à abelha rainha ou às operárias, dependendo do tipo de alimentação que recebem.

※ **Ambiente:** em alguns répteis como os quelônios (tartarugas, cágados e jabutis) e crocodilianos (jacarés e crocodilos), a determinação sexual se dá pela temperatura em que os ovos incubados são expostos. Em quelônios, quando os ovos são expostos a temperaturas entre  $26^{\circ}\text{C}$  e  $28^{\circ}\text{C}$  são formados indivíduos machos, se a temperatura se elevar a, aproximadamente,  $30^{\circ}\text{C}$ , eles darão origem a fêmeas. Nos crocodilianos, a determinação sexual é inversa, em que temperaturas mais baixas resultam em fêmeas e temperaturas de incubação mais altas geram machos.

※ **Reversão sexual e hermafroditismo sequencial (animais) ou dicogamia (plantas):** separação temporal na produção de gametas masculinos e femininos em um mesmo indivíduo. Estes apresentam ambos os tecidos que se maturam em

diferentes fases do ciclo de vida do ser. Estratégia comum em muitas espécies de angiospermas (grupo de plantas superiores que desenvolvem flores e frutos), assim como em diversas espécies de peixes e gastrópodes.

## 5 Metodologia

Promover e consolidar o aprendizado exige que o corpo discente seja capaz de, gradualmente, “complexificar” as diversas habilidades e competências objetivadas na aula. Dessa forma, o conhecimento pelo conhecimento não satisfaz mais as necessidades sociais, mas capacitar os estudantes a correlacionarem a informação e aplicarem de maneira sistemática o conhecimento construído. Um dos passos é ressignificar o papel do professor no ambiente escolar. A representação docente não compreende mais a transferência do saber; dessa forma, o protagonismo dos discentes deve ser incentivado e, assim, o docente assume outro papel, o de orientador (GLASSER, 1998).

Diante do exposto, a proposta a seguir está baseada em uma sequência de encontros que visa a promoção de um discente ativo, sendo o mesmo a peça principal das atividades propostas.

A realização das atividades dar-se-á dependendo da demanda de cada turma, podendo ser adaptada quanto ao cronograma específico do componente curricular. Dentro da Biologia, este mesmo tema pode ser trabalhado de maneira introdutória a diversas sequências didáticas, não se limitando àquelas citadas anteriormente. Também, como evidenciado nas sessões 4.1 e 4.2, a temática abordada transpassa os conhecimentos biológicos, sendo assim incentivada a inter-

disciplinaridade como um conjunto de ações viáveis a outros componentes curriculares.

### **Etapa 1: *Brain storm* e caixinha anônima de perguntas**

**Atividade:** Neste encontro é incentivado o desenvolvimento de um *Brain storm* utilizando a palavra central LGBTQ+, o qual tem por finalidade verificar o conhecimento prévio dos discentes sobre a temática a ser trabalhada.

### **Etapa 2: Aplicação do questionário individual e anônimo**

**Atividade:** No primeiro encontro, o docente irá propor à turma que responda a um questionário estruturado de maneira que haja uma eficaz coleta de dados conceituais e comportamentais dos estudantes sobre a temática LGBTQ+ (Anexo 1), este deve ser respondido individualmente e de forma anônima, evitando a exposição dos estudantes.

### **Etapa 3: Apresentação da proposta**

**Atividade:** Após o momento de sensibilização da turma pela temática LGBTQ+, o docente apresentará a proposta iniciando com o vídeo do geneticista brasileiro Dr. Eli Vieira (<https://www.youtube.com/watch?v=3wx3fdnOEos>), que respalda seus argumentos acerca da influência que o material genético tem sobre o comportamento sexual, entre indivíduos do mesmo sexo, utilizando diversos artigos científicos publicados até a data do vídeo. O objetivo desse encontro não é, de qualquer forma, criticar qualquer religião ou doutrina, mas demonstrar que o diálogo científico pode auxiliar na desconstrução de, até então, dogmas. Enquanto o vídeo está sendo reproduzido, os estudantes deverão anotar em seu caderno termos e/ou conceitos que podem se relacionar com a Biologia.

Após o vídeo, os termos e conceitos relacionados à disciplina, assim como aqueles desconhecidos, serão elencados e organizados para, posteriormente, serem trabalhados com base em suas relações às sequências didáticas propostas, no início deste capítulo.

#### **Etapa 4: Pesquisa em bases de dados**

**Atividade:** Os discentes serão divididos em duplas ou em trios, de acordo com os critérios do docente, para começarem a busca em bases de dados sobre artigos relacionados a estudos realizados com gêmeos, acerca do comportamento sexual da espécie humana. Visando a otimização no processo de pesquisa, o docente apresentara algumas bases de dados viáveis aos alunos, como: Google acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), pubmed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>) e ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com/>), mostrando-lhes as ferramentas necessárias para buscas pontuais (por palavras-chave), data de publicação e tipo de artigo (pesquisa ou revisão). Como grande parte dos artigos publicados está na Língua Inglesa, é necessário que os estudantes tenham consigo ferramentas para traduzir, primariamente, o resumo do artigo para fins de entendimento e verificar se o mesmo trata do assunto proposto. Nesta etapa, é incentivado um acordo com o docente responsável pela disciplina de Língua Inglesa para apoio aos estudantes nas traduções.

Visando orientar os estudantes quanto às informações necessárias na pesquisa, o docente pode auxiliar na construção de uma ficha (Anexo 2), para que seja completada, utilizando as informações contidas nos artigos. O tempo necessário para as pesquisas orientadas dependerá da demanda de cada turma, sendo o docente responsável pela programação das



atividades, conforme carga horária e combinação com os estudantes.

### **Etapa 5: Apresentação dos resultados à turma**

**Atividade:** Após as aulas de pesquisa e esclarecimento dos conceitos acerca das dúvidas que surgirem no processo, relacionando-as às sequências, os estudantes irão formar um grande grupo, com as classes dispostas em círculo, para que todos possam se enxergar e dialogar. Com isso, cada trio apresentará os dados encontrados, assim como as discussões dos autores dos artigos e suas próprias conclusões sobre os estudos feitos.

### **Etapa 6: Reaplicação do questionário para verificar o aprendizado**

**Atividade:** Neste momento, o questionário (Anexo 1) será reaplicado para a verificação do aprendizado dos estudantes sobre a temática. Após esta etapa, os estudantes analisarão os dados obtidos em ambas as aplicações dos questionários. Esta análise de dados pode ser realizada em conjunto com o docente de Matemática, que auxiliará na compreensão de análises estatísticas, como descrição dos valores médios e desvios padrão.

### **Etapa 7: Encerramento com aula aberta sobre a temática**

**Atividade:** De forma a culminar a sequência de encontros, o docente propõe que os estudantes, de maneira anônima, escrevam todas as suas dúvidas em um papel e coloquem dentro de uma caixinha. O docente verificará o conteúdo dos questionamentos para que, com o auxílio do setor de psicologia, possa esclarecer qualquer pendência sobre o assunto. É de suma importância que o corpo discente se sinta incluído nas dinâmicas propostas até então, não apenas como forma de produção de conhecimento, mas para abraçar

aqueles e aquelas que se sentem parte dos grupos minoritários e tenham sua voz escutada, sua realidade aceita e, acima de tudo, respeitada.

## **Considerações finais**

A sociedade se transfigura continuamente, evolui e não para. Somos alvo da sutileza do existir que, ao nos darmos conta das transformações, já mudamos novamente. Se a sociedade muda, suas demandas e seus desejos também, não somos mais os seres humanos de 30 anos atrás, rejeitamos hoje o que outrora era natural, mas e por que então ainda educamos como há 30 anos atrás? Educar é alicerçar a sociedade nos pilares do conhecimento, é problematizar para otimizar. Educar transforma no indivíduo aquilo que se espera modificar no todo.

Quando se educa para a liberdade, reverbera-se o respeito às diferenças, enaltecendo-as como identidades legítimas. Reconhecer essas diferenças como únicas, singulares e naturais; compreender que a grafia genética, mesmo em gêmeos, não é exatamente igual. Dessa forma, educadores e educadoras exercem papel fundamental no desenvolvimento da base da sociedade, incluindo, expandindo e orientando mentes, auxiliando na construção do pensamento crítico e, acima de tudo, sendo referência para estudantes que, incansavelmente, buscam se inserir no contexto social.

Trabalhar a temática LGBTQ+ não se limita a uma ideologia ou a levantar uma bandeira, para reconhecer a existência do amor em suas diversas formas. Já é um tema político e de apelo social, com transversalidade em todas as áreas do conhecimento e ainda pouco explorado. Apesar da crescente literatura científica acerca do tema, ainda é restrito quanto a objeto de estudos nas escolas. Os docentes não se sentem preparados para inclui-lo em seu planejamento,

mesmo havendo evidências explícitas da sua necessidade; entretanto, enquanto a temática continuar sendo tratada como um tabu social, continuaremos negligenciando vidas e sendo condizentes com realidades não factuais com o simples desejo de ser e amar.

Será mesmo que o respeito anda mesmo em desuso?

Pra mim soa tão confuso

Essa tal necessidade de alguém que é diferente

Enfrentar um mar de gente lutando por igualdade.

E talvez essa igualdade

Essa tal pluralidade

Seja mais pura vontade de viver

A liberdade

De ser só o que se é

De ser homem,

De ser mulher

De ser quem você quiser

De ser alguém de verdade

Seja TRANS

Seja TRANSPARENTe

Seja simplesmente, gente

Mesmo que alguém lhe julgue diferente

Mesmo que você mesmo se julgue diferente

Eu reforço

Seja gente

Urgente

Há quem nasceu para julgar

Há quem nasceu para amar

E é tão simples de entender de qual lado a gente “tá”

O lado certo meu povo

O lado certo é amar

Amar para respeitar

Amar para tolerar

Amar para compreender

Que ninguém tem o dever

De ser igual a você

Apenas seja

Enfrente essa peleja

Contra uma sociedade que se acha

No direito de lhe julgar com maldade

Seja de verdade

Afinal, da sua alma

Do seu corpo

E da sua identidade

É você

Só você

Que possui autoridade.”

**Poema sobre gênero**

**– Bráulio Bessa**

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LÉSBICAS, **GAYS**, BISSEXUAIS, TRAVESTIS E TRANSEXUAIS. Secretaria de Educação. **Pesquisa Nacional sobre o Ambiente Educacional no Brasil 2015**: as experiências de adolescentes e jovens lésbicas, gays, bissexuais, travestis e transexuais em nossos ambientes educacionais. Curitiba: ABGLT, 2016. p. 18-19.
- BAGEMIHL, Bruce. **Biological exuberance: animal homosexuality and natural diversity**. New York. Editora St. Martin's Publishing Group, 1999.
- BAILEY, J. M.; BELL, A. P. Familiarity of female and male homosexuality. **Behavior Genetics**, v. 23, p. 313-322, 1993.
- BAILEY, J. M.; PILLARD, R.C. A genetic study of male sexual orientation. **Archives of General Psychiatry**, v. 48, p. 1089-1096, 1991.
- BAILEY, J. M.; PILLARD, R. C.; NEALE, M. C.; AGYEI, Y. Heritable factors influence sexual orientation in women. **Archives of General Psychiatry**, v. 50, p. 217-223, 1993.
- BAILEY, N. W.; ZUK, M. Same-sex sexual behavior and evolution. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 24, p. 439-446, 2009.
- BRASIL. **Lei n. 7.706, de 5 de janeiro de 1989**. Crimes resultantes de preconceito de raça e de cor. Brasília: 1989.
- BRASIL. **Resolução CPF n. 001/99, de 22 de março de 1999**. Estabelece normas de atuação para os psicólogos em relação à questão da Orientação Sexual. Brasília: 1999.
- DRUCKER, D. J. Marking sexuality from 0-6: the kinsey scale in online culture. **Sexuality and Culture**, v. 16, p. 241-262, 2012.
- GLASSER, William. **Teoria da escolha**. São Paulo, SP. Editora Mercuryo, 1998.
- HAMBERG, R. As natural as the birds and the bees. **e-Vision Journal of Undergraduate Writing**, v. 6, 2005.
- JESUS, Jaqueline Gomes. **Orientações sobre identidade de gênero**: conceitos e termos. Guia técnico sobre pessoas transexuais, travestis e demais transgêneros, para formadores de opinião. Disponível em: <http://www.diversidadesexual.com.br/wp-content/uploads/2013/04/G%C3%8ANERO-CONCEITOS-E-TERMOS.pdf>.
- LÅNGSTRÖM, N.; RAHMAN, Q.; CARLSTRÖM, E.; LICHTENSTEIN, P. Genetic and environmental effects on same-sex sexual behavior: a population study of twins in Sweden. **Archives of Sexual Behavior**, v. 39, p. 75-80, 2010.
- MACFARLANE, G. R., BLOMBERG, S. P., & VASEY, P. L. Homosexual behaviour in birds: frequency of expression is related to parental care disparity between the sexes. **Animal Behavior**, v. 80, p. 375-390, 2010.
- NEVES, F. J.; BATISTA, E. S.; LEVANDOSKI, G. Visões preconceituosas e homofobias de estudantes do ensino médio. **Textura**, n. 22, v. 49, p. 5-21, 2020.

NUNES, E.; RAMOS, K.P. Homossexualidade humana: estudos na área da biologia e da psicologia. **INTELLECTUS – Revista Acadêmica Digital do Grupo POLIS Educacional**, v. 4, 2008.

OLIVEIRA, L. F.; AZEVEDO, I. J. LGBTQI+fobia: um estudo sobre a elaboração de normas antidiscriminatórias como forma de ação afirmativa no Brasil. **Revista de Ciências Sociais**, v. 50, p. 115-158, 2020.

POTEAT, V. P. **et al.** The effects of general and homophobic victimization on adolescent's psychosocial and educational concerns: the importance of intersecting identities and parent support. **Journal of Counseling Psychology**, v. 58, n. 4, p. 597, 2011.

SAVOLAINEN, V.; HODGSON, J. A. Evolution of homosexuality. **In:** Weekes-Shackelford V., Shackelford T., Weekes-Shackelford V. (eds) *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science*. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6\\_3403-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6_3403-1)

SCHACKELFORD, T.; WEEKES-SCHACKELFORD, V. (ed.) **Encyclopedia of Evolutionary Psychological Sciences**. Springer: Cambridge, 2016.

VERWEIJ, K. J.; SHEKAR, S. N.; ZIETSCH, B. P.; EAVES, L. J.; BAILEY, J. M.; MOOMSMA, D. I.; MARTIN, N. G. Genetic and environmental influences on individual differences in attitudes toward homosexuality: an Australian twin study. **Behavior Genetics**, v. 38, n. 3, p. 257-265, 2008.

WHITAM, F. L.; DIAMOND, M.; MARTIN, J. Homosexual orientation in twins: a report on 61 pairs and three triplet sets. **Archives of Sexual Behavior**, v. 22, p. 187-206, 1993.

## Anexo 1

Questionário para levantamento de dados acerca do conhecimento conceitual e respeito à comunidade LGBTQ+.

1. Como você se enxerga em relação à sua orientação sexual?

- Heterossexual
- Bissexual
- Homossexual
- Pansexual

Você sabe o que significa a expressão “Orientação sexual”?

- Sim
- Não

2. Você sabe o que significa o conceito “Identidade de gênero”?

- Sim
- Não

3. Em que local(is) a temática LGBTQ+ deve ser abordada?

- Em casa
- Na escola
- No grupo de amigos
- Nas redes sociais
- Em jornais / revistas e outros meios de comunicação
- Não é uma temática a ser trabalhada

Para as perguntas de 5 a 9, responda como você se encaixa em uma escala de 0 (não me identifico) até 5 (me identifico)

	0	1	2	3	4	5
5. Reconheço a legitimidade dos movimentos sociais LGBTQ+.						
6. Estou envolvido com atividades de militância/ativismo LGBTQ+.						
7. Busco me informar sobre a comunidade LGBTQ+ (mesmo se minha orientação sexual for heterossexual). Busco informações sobre a temática LGBTQ+.						
8. Incomodam-me piadas ou outros termos pejorativos a respeito do grupo LGBTQ+						
9. Frequento locais com público prioritariamente LGBTQ+ <i>friendly</i> .						

Nas seguintes situações, responda como você se sente em uma escala de 0 (desconfortável) a 5 (extremamente confortável).

	0	1	2	3	4	5
10. Com amigos ou amigas LGBTQ+						
11. Com colegas LGBTQ+						
12. Com professores LGBTQ+						
13. Com representantes políticos LGBTQ+						
14. Com profissionais da saúde LGBTQ+						
15. Em locais públicos (bares, festas, parques, academias, etc.)						
16. No transporte público						

17. Para você qual(is) variável(is) podem resultar no comportamento homossexual/homoafetivo?

- ( ) O contexto familiar
- ( ) Erros genéticos
- ( ) Causas genéticas naturais
- ( ) Outros: .....

Fonte: Elaboração do autor.



## Anexo 2

Ficha auxiliar de informações coletadas durante a leitura de artigos científicos

Título do artigo	
Autor(es)	
Revista e ano de publicação	
Nº de gêmeos monozigóticos	
Nº de gêmeos dizigóticos	
Nº de irmãos não gêmeos	
Nº de irmãos adotados	
Resultado da pesquisa	
Principais discussões dos autores	

Fonte: Elaboração do autor.



# SOLO E SEUS MICRORGANISMOS: OBSERVAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO DE CELULOSE

André Luiz Montes  
Joséli Schwambach



## Solo e seus micro-organismos

**Público-alvo:** Discentes do Ensino Médio

**Conteúdo:** Ecologia, fungos, procariontes e biotecnologia

**Resumo:** O solo é dinâmico, serve como habitat para diversos organismos e pode ser um objeto de estudo para um experimento escolar. Por meio da prática, os assuntos vistos em ecologia, fungos, procariontes e biotecnologia podem ser relacionados para aproximar a teoria com a realidade do discente. O objetivo do capítulo é propor uma prática para a observação da biodegradação de papel, em diferentes solos, com foco no ensino dos conceitos da Biologia aos estudantes do Ensino Médio. Para tanto, solos de diferentes origens serão coletados, acondicionados em frascos de vidro com uma tira de papel A4, que servirá como substrato; estarão incubados por várias semanas até a visualização da degradação da celulose contida no papel. Essa prática exemplifica a ação dos micro-organismos do solo, como decompositores, ajudando na ciclagem de nutrientes. Os resultados obtidos podem ser extrapolados, para demonstrar que certos fungos e certas bactérias podem ser usados na biotecnologia.

### 1 Justificativa

Muitas vezes, os conceitos e os conteúdos dos livros didáticos estão deslocados da realidade dos estudantes, pois estes não se relacionam com o meio a sua volta. As práticas escolares ajudam a inter-relacionar e dar significado aos conceitos abstratos dos livros (OLIVEIRA; MORBECK, 2019). Além disso, despertam nos discentes a curiosidade, o espírito crítico e científico.

Essa noção de que os experimentos em sala de aula despertam a curiosidade pode ser vista no trabalho de Palheta e Sampaio (2016), em que eles concluíram que as atividades realizadas em sala de aula permitem que os alunos sejam protagonistas das atividades práticas no ensino de Biologia. Eles interagem com as experiências e observam os fenômenos, podendo, ainda, contribuir para despertar neles a vocação científica.

## **2 Problema**

Os solos possuem micro-organismos que degradam a celulose do papel A4?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Propor uma prática para a observação da biodegradação do papel, em diferentes solos, com foco no ensino dos conceitos da Biologia aos estudantes do Ensino Médio.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. relacionar e integrar os conceitos de solo, decompositores e biotecnologia;
2. desenvolver o senso de responsabilidade sobre um experimento escolar;
3. observar a ação indireta de celulasas em diferentes solos.

## 4 Referencial teórico

O solo possui grande diversidade biológica e apresenta vários serviços ecológicos. Por exemplo, o solo intacto é capaz de armazenar e reter grandes volumes de chuva, impedindo inundações; absorve, desintoxica e recicla resíduos lançados nele; serve como hábitat para uma vasta comunidade de macro, meso e micro-organismos; e auxilia na reciclagem de vários nutrientes (AISLABIE *et al.*, 2013). No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, solo é definido como uma

[...] coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS *et al.*, 2018, p. 27).

É nesse ambiente dinâmico que ocorre a deposição da matéria orgânica oriunda, principalmente, de plantas. Com a fotossíntese e outros processos bioquímicos, as plantas retiram água e nutrientes do solo para se desenvolver. Com a queda de folhas, galhos e frutos, os nutrientes são incorporados novamente ao solo. Ao serem incorporados, são utilizados pelos organismos denominados decompositores. Eles utilizam a matéria orgânica como fonte de carbono, para a obtenção de energia, realizando, assim, a ciclagem de nutriente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

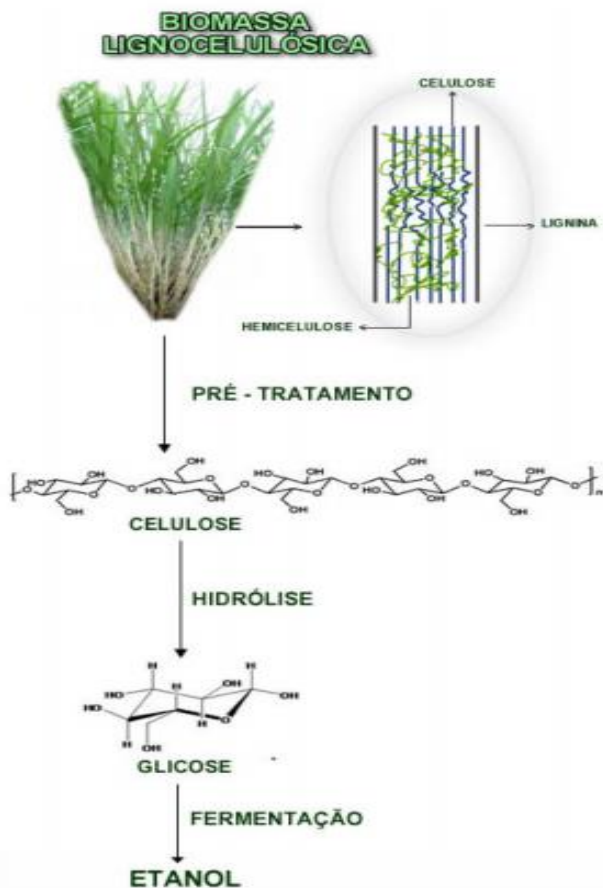
Fungos e bactérias são os decompositores majoritários do solo. Na busca de nutrientes, estes organismos competem intensamente para derrotar seu oponente. Geralmente,

produzem substâncias, como antifúngicos e antibacterianos, que inibem o crescimento ou matam seu adversário. Após garantir seus nutrientes, o próximo passo é a degradação das macromoléculas ou nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006, AISLABIE *et al.*, 2013).

Uma das macromoléculas mais abundantes no solo é a celulose. Possivelmente, é o polissacarídeo natural mais abundante no Planeta. A unidade monomérica desse polissacarídeo é a glicose. Cada unidade é ligada covalentemente (ligação glicosídica) com a unidade seguinte de glicose. A ligação será entre C-1 de uma glicose com a hidroxila do C-4 da outra glicose. A decomposição da celulose no solo ocorre por ação de enzimas (genericamente chamadas de celulases), produzidas por diversos micro-organismos. A celulose, ao ser hidrolisada pela enzima, é decomposta em fragmentos menores chamados de celobiose (um dissacarídeo) e, em seguida, em glicose (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MORAN, 2013).

Após a conversão da celulose em glicose, os organismos podem oxidar a molécula para gerar ATP (nucleotídeo adenosina trifosfato) e outros subprodutos, como o etanol no processo fermentativo (**Figura 1**). O etanol produzido a partir de celulose é conhecido como etanol de 2ª geração (SANTOS *et al.*, 2012). Por exemplo, grande parte da biomassa vegetal produzida na agroindústria de cana-de-açúcar tem alto teor de celulose, entre 30 e 50%. Com aplicação de organismos produtores de celulases nessa biomassa, grande quantidade de etanol de 2ª geração poderá ser produzida (SANTOS *et al.*, 2012; JESUS *et al.*, 2018). Muitos estudos são realizados para a identificação de micro-organismos celulolíticos, para aplicação na indústria, e o uso desses organismos ou das suas enzimas é chamado de biotecnologia.

**Figura 1** – Representação esquemática da produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica



Fonte: Santos *et al.* (2012).

Diversos fatores, como pH e temperatura, influenciam a atividade enzimática no solo (MORAN *et al.*, 2013). Além disso, a ação antrópica pode provocar a modificação na estrutura e na composição microbiana e química do solo. Segundo Hoffmann *et al.* (2018), solos com menor manejo e com uma maior diversidade vegetal possuem mais biomassa microbiana que solos muito manejados e com baixa diversidade vegetal.



Os autores perceberam também que as épocas de amostragem influenciaram a biomassa microbiana, sendo que, durante poucos meses após a época das chuvas, os valores apresentaram-se mais expressivos.

Os fatores citados acima devem ser levados em consideração para o estudo dos micro-organismos edáficos (que vivem no solo) ou para uma simples observação da biodegradação realizada por eles. Mas, para a realidade de muitas escolas, a maioria das pesquisas científicas utiliza equipamentos sofisticados, insumos químicos caros e testes complexos que impossibilitam o uso desses experimentos nas aulas práticas. Entretanto, com um pouco de criatividade e conhecimento básico sobre microbiologia, certas metodologias são adaptáveis para o ambiente escolar. Para Barbêdo e Monerat,

a inclusão de aulas práticas experimentais no planejamento docente é algo bastante proveitoso visto que sua aplicação permite aos discentes articular a teoria e a prática de forma prazerosa, o que permitirá descobrir novos rumos por meio de sua reflexão crítica, contribuindo para seu crescimento e para a construção de um aprendizado real e significativo (BARBÊDO; MONERAT, 2014, p. 11).

Metodologias de baixo custo e que usam materiais alternativos para a aula prática são possibilidades para escolas com pouca infraestrutura. Essas práticas de baixo custo, segundo Oliveira e Morbeck (2019, p. 458), permitem o despertar da afeição dos estudantes pela ciência e motivar a formação de novos pesquisadores. Estes autores ressaltam que “tão importante quanto explicar a existência, a diversidade e a ampla distribuição dos micro-organismos, é enfatizar o importante papel que eles possuem no equilíbrio ecossistêmico,

abolindo a relação unicamente negativa que é feita sobre os mesmos”.

## 5 Metodologia

Para um bom aproveitamento da prática, o docente deverá abordar previamente assuntos sobre ecologia, fungos, procariontes e biotecnologia. A metodologia sugerida no presente capítulo foi inspirada em Ghose (1987), que usa tiras de papel filtro Whatman número 1 para ser usado como fonte de carbono. A prática será realizada por etapas, conforme a seguir:

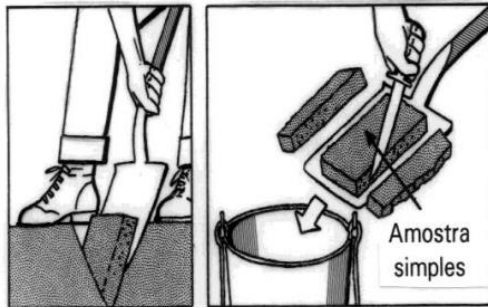
### Etapa 1: Caracterização da área

**Atividade:** Para a caracterização da área, será importante um celular com câmera fotográfica, para obter imagens do local; prancha, papel e caneta para anotações do horário, do dia, da localização geográfica (por meio de aplicativo gratuito ou GPS) e/ou outras características do local.

### Etapa 2: Coleta do solo

**Atividade:** Para a coleta do solo, será usada a recomendação da Embrapa Clima Temperado (2020): limpar a superfície do local de amostragem, retirando a vegetação, galhos e pedras, sem remover a camada superficial do solo. Abrir uma cova em forma de cunha, com 17 a 20 cm de profundidade. Após, retirar toda a terra de dentro e deixar de lado. Com uma pá, cortar em um dos lados da cova uma fatia com espessura de 2 a 5 cm. Mantenha a fatia de terra sobre a pá e corte-a em três partes, descartando as bordas. Coloque a porção central em um balde ou saco plástico limpo (**Figura 2**).

**Figura 2** – Representação esquemática da coleta de amostra simples de solo



Fonte: Embrapa Clima Temperado (2020).

Segundo Pires *et al.* (2006), a maioria dos autores recomenda que as amostras nas sacolas sejam colocadas em caixas contendo gelo e, após o transporte até o laboratório ou escola, sejam mantidas em geladeira (4°C) até o início da prática.

Dependendo do tempo de armazenamento, recomenda-se que as amostras com vários dias ou meses em geladeira, sejam pré-incubadas. A pré-incubação consiste em deixar as amostras em um ambiente com condições adequadas de umidade e temperatura, para que os micro-organismos voltem a crescer e tenham se estabilizado, após determinado período (PIRES *et al.*, 2006). A recomendação dos autores do presente capítulo é que as amostras de solo antigas sejam retiradas da geladeira, mantidas em sacos plásticos, umedecidas com água filtrada e deixadas por alguns dias em temperatura-ambiente, protegidas da luz, por uma semana (5 a 7 dias). Após esses cuidados, as amostras estarão adequadas para a prática.

**Observação:** Organize grupos para a prática. Cada grupo ficará responsável por um solo diferente. Por exemplo, um grupo ficará responsável por um solo que tem vegetação preservada, o segundo grupo com um solo de pastagem, o

terceiro com solo encharcado (perto de lago ou rio) e assim por diante. Seja criativo na escolha do solo!

### **Etapa 3: Montagem da prática**

**Atividade:** No dia da prática, serão necessários: frascos de vidro limpos, papel A4, tesoura, gaze, água filtrada, elástico, etiqueta para identificação, solo coletado e caixa de papelão. Para cada grupo, usar três frascos. Em cada frasco, adicionar uma tira de papel com comprimento do frasco e com 3 cm de largura. Em seguida, adicionar o solo no interior dos frascos, cerca de 3/4 de seu volume, permitindo que uma parte do papel fique sem solo. Adicione água para deixar o solo úmido, tampe o frasco com gaze (o tecido é poroso e permite as trocas gasosas), prenda com elástico, identifique usando as etiquetas e guarde na caixa de papelão para ficar protegido do sol (**Figura 3**).

**Figura 3** – Detalhes do frasco para a degradação da celulose



Fonte: Elaboração dos autores.

Verifique, semanalmente, a umidade do frasco, se necessário coloque água filtrada. A cada 15 dias, com uma câmera

fotográfica, registre o aspecto das tiras de papel. Os resultados geralmente surgem nos primeiros 60 dias de experimento, mas isso varia conforme o solo. O tempo de finalização do experimento pode variar; deixe as tiras de papel desintegrarem e estabeleça o término da prática.

**Observação:** Se o solo possuir micro-organismos celulolíticos, as tiras serão degradadas aos poucos até desintegrarem, indicando que o solo contém micro-organismos com potencial biotecnológico.

## Considerações finais

O experimento é muito rico para ser discutido no contexto escolar, pois reúne vários conceitos vistos em conteúdo da disciplina de Biologia. Por exemplo, os fungos e as bactérias são abordados nos Reinos Fungi e Monera, respectivamente. Os conteúdos sobre solos, decompositores e ciclagem de nutriente são abordados na Ecologia. O estudo e a aplicação das enzimas de micro-organismos na indústria são discutidos na Biotecnologia.

Várias adaptações poderão ser feitas ao longo do ano. Por exemplo, os mesmos solos poderão receber água com diferentes concentrações (1%, 10% e 25%, etc.) de sal de cozinha (teste 1); ou água quente (teste 2); ou água sanitária em diferentes diluições (teste 3); ou coletar solos em diferentes estações do ano (teste 4); ou testar diferentes papéis (papel cartolina, papel sulfite, papel celofane, etc.).

O acompanhamento da degradação do papel, em diversos solos demanda tempo e paciência dos discentes, mas a ciência funciona desta maneira. Serão necessários mais de dois meses de acompanhamento. Após o término, o trabalho poderá ser apresentado em feira de ciências na sua escola.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio e financiamento.

## Referências

- AISLABIE, J.; DESLIPPE, J. R.; DYMOND, J. Soil microbes and their contribution to soil services. Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends. **Manaaki Whenua Press**, Lincoln, New Zealand, p. 143 – 161, 2013.
- BARBÊDO, G. T.; Monerat, C. A. A. Microbiologia no ensino fundamental: como os livros didáticos abordam essa temática. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 1, 2014.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Análise de solo: procedimentos para a coleta de amostras. Embrapa. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354346/17477991/Amostragem+solo/9d72a599-d653-4a4a-9d40-d17657ff8f0>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- GHOSE, T. K. Measurement of cellulose activities. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 59, p. 257-268, 1987.
- HOFFMANN, R. B.; MOREIRA, É. E. A.; HOFFMANN, S. G. S.; ARAÚJO, N. S. F. Efeito do manejo do solo no carbono da biomassa microbiana. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 1, n. 1, p. 168-178, 2018.
- JESUS, C. L. F. M. C.; FERREIRA, L. A.; DECHANDT, C. R. P. Degradação lignocelulósica por hidrólise enzimática visando a produção de Etanol. **Revista Eletrônica Técnico-Científica do IFSC**, v. 2, n. 7, p. 52-61, 2018.
- MORAN, L. A.; HORTON H. R.; SCRIMGEOUR, K. G.; PERRY, M. D. **Bioquímica**. 5. ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2013.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora da UFLA, 2006.
- OLIVEIRA, P. B. L.; MORBECK, L. L. B. Contextualizando o ensino de microbiologia na educação básica e suas contribuições no processo de ensino-aprendizagem. **ID on line Revista de Psicologia**, v. 13, n. 45, p. 450-461, 2019.
- PALHETA, R. A.; SAMPAIO, A. P. L. Atividades práticas sobre microrganismos no aprendizado do ensino médio. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, Edição especial, p. 113-122, 2016.
- PIRES, A. M. M.; OLIVEIRA, A. R.; FILIZOLA, H. F.; QUEIROZ, J. FF.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F.; LIGO, M. A. V.; SILVEIRA, M. P.; GHINI, R.; BOEIRA, R. C.; QUEIROZ, S. C. N.; FREITAS, S. S.; FERRACINI, V. L. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo,

água e sedimentos. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, volume único, p. 169, 2006.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H. D.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V. M.; REZENDE, S. T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química Nova**, v. 35, n. 5, p. 1004-1010, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.





# GAMIFICAÇÃO

## COMO MÉTODO DE PREVENÇÃO DO BULLYING NO AMBIENTE ESCOLAR

Daniele C. P. Higashi

Greice de Lima Cardoso

Josiane C. Jorge Ganja

Clodis Boscarioli

Rosane Meire Munhak da Silva

Reinaldo Antonio Silva-Sobrinho

Adriana Zilly



## **Gamificação como método de prevenção do *bullying* no ambiente escolar**

**Público-alvo:** Turma de 8º ano do Ensino Fundamental.

**Conteúdo:** *Bullying*, jogos, promoção da saúde.

**Resumo:** O *bullying* é um problema recorrente nas escolas, ocorre de formas totalmente aleatórias e deve ser enfrentado, para promover a saúde dos escolares. Portanto, desenvolveu-se um processo “gamificado” com uso de QR Code, no formato de jogo de tabuleiro, com reflexões sobre o *bullying*, que serve como ferramenta para interação entre escolares. Não há respostas exatas corretas esperadas, o intuito é promover a discussão mediada pelo professor.

### **1 Justificativa**

As instituições de ensino têm sobressaído às abordagens tradicionais segundo Robinson (2019), pois a disseminação das tecnologias digitais está transformando o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem.

O mundo contemporâneo está dotado de inovações tecnológicas que exigem, progressivamente, o domínio das linguagens e trocas de informações. Segundo Fava (2016), é importante que os educadores, de um século repleto destas transformações, busquem adequar as práticas pedagógicas através de metodologias ativas, objetivando preparar o jovem, a partir de suas vivências e experiências.

E, neste cenário a “gamificação” tem ganhado espaço. O conceito de gamificação existe desde os anos 70, associado à programação e ao desenvolvimento de *softwares*, mas a técnica somente foi concretizada em 2002. Refere-se à aplicação de

elementos de *design* de jogos, mas seus princípios abrangem um contexto não relacionado com jogos (SIGNORI; GUIMARÃES; CORRÊA, 2016).

Para Busarello (2016), a gamificação é entendida como um processo de melhoria de serviços, ambientes ou objetos, baseados no comportamento dos sujeitos e em experiências de elementos de jogos. Pode engajar, sociabilizar, motivar, ensinar ou fidelizar de maneira mais eficiente, sendo que, *game designers* de todo o mundo têm se dedicado a aplicar princípios de jogos em campos como saúde, educação, políticas públicas, esportes ou aumento de produtividade, conforme descreve Viana *et al.* (2013).

A partir dos jogos educativos, os jovens participam mais das atividades propostas, criando confiança e liberdade de expressão com os professores. Assim, constroem-se, muitas vezes, laços que permitem que a criança ou o jovem demonstrem o sofrimento pelo qual estejam passando (SHARIFF, 2011).

Neste estudo, o jogo criado como método serve como uma ferramenta divertida em que crianças, adolescentes e jovens possam interagir, com o objetivo de discutir sobre o *bullying*. É possível que através do jogo haja um espaço de troca de idéias, as quais poderão ser repensadas, refletindo sobre suas atitudes e possíveis mudanças de comportamento, considerando que o *bullying* ainda é um problema sério, com danos físicos e psicológicos profundos a muitas crianças e jovens no mundo todo.

## 2 Problema

O *bullying* no ambiente escolar é manifestado como violência verbal, física, psicológica, moral, sexual e virtual, necessitando de enfrentamento também das famílias e da

comunidade escolar; logo o jogo como ferramenta para prevenir o *bullying* é válido como intervenção para as crianças em fase escolar?

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver um processo gamificado com uso de QR Code, no formato de jogo de tabuleiro com reflexões sobre o *bullying*.

#### **3.2 Objetivo específico**

Promover a discussão e reflexão sobre a prática do *bullying*, visando sua prevenção no ambiente escolar.

### **4 Referencial teórico**

O termo *bullying* deriva da Língua Inglesa e, numa tradução, caberia o termo “valentão”, pois esse é, na maioria, o comportamento do praticante de *bullying*. Hoje, usamos esta palavra para designar comportamentos violentos como agressões, intimidações, dentre outros comportamentos desrespeitosos no âmbito escolar, que ocorrem sem maiores preocupações governamentais, deixando mais a cargo do Judiciário (FERREIRA; NEVES, 2017).

Até 1970, não havia pesquisas sistemáticas sobre o *bullying*, porém as ações sobre ele já aconteciam. Os lugares mais isolados e ambientes escolares têm sido os lugares prediletos dos agressores, pois são passíveis de menor vigilância. Deste modo, a escola é um dos lugares em que os índices de agressões ficam alarmantes, exigindo atenção prioritária dos colaboradores e a resiliência necessária, para que ajam de

modo eficaz e atento, já que muitas das ações acontecem de maneira velada (FERNANDES; YUNES; TASCETTO, 2017).

O expressivo aumento dos índices de agressões cometidas é tão grande que o *bullying* foi incluído como uma das formas de violência, ocorridas com maior frequência na escola. Tanto que, em 2015 foi instituída a Lei Federal n. 13.185, que inclui o Programa de Combate à Intimidação Sistemática (*bullying*), não só na escola, como em toda a sociedade brasileira, reforçando aqui a responsabilidade na área judicial e menos políticas públicas de combate (FERREIRA; NEVES, 2017).

De acordo com Oliveira (2020), o *bullying* envolve relações de poder, dos mais fortes, seja emocional, social ou física. Este pode vir por agressão física, verbal, desmerecimento, fofoca e racismo. Silva (2010) reporta que o *bullying* tem tomado grandes proporções nos ambientes escolares, exigindo maior atenção das entidades educacionais, com o aumento da intensidade desses comportamentos que ganha dimensões graves, e um problema de saúde pública.

As formas de *bullying*, que incluem a agressão verbal, física, psicológica, moral, sexual e virtual, geram consequências graves aos indivíduos, como sintomas psicossomáticos, transtorno do pânico, transtorno de ansiedade social (TAS), transtorno de ansiedade generalizada (TAG), depressão, anorexia, bulimia, transtorno obsessivo-compulsivo, transtorno do estresse pós-traumático (TEPT) e a fobia escolar, impactando em ausência de alunos em aulas, as ideações suicidas e o próprio suicídio (SILVA, 2010).

O estudo de Silva *et al.* (2017), que envolve estudantes do 6º ano de uma escola do interior de São Paulo, mostra que projetos de intervenção fazem a diferença para os danos causados pelo *bullying*. Desta forma, faz-se necessário que toda comunidade escolar esteja atenta aos sinais demonstrados

em atitudes que favoreçam o surgimento de práticas agressivas, pois estas podem acontecer de diferentes maneiras e em diversos locais, e necessitam de intervenções de forma oportuna.

## 5 Metodologia

O jogo de tabuleiro é uma forma lúdica de abordar qualquer conteúdo da educação básica, ou promover debates e reflexões acerca de determinado assunto. Através do uso de jogos, no processo de ensino e aprendizagem, o educando pode enriquecer sua personalidade criadora, oferecendo uma educação mais ativa para a criança e favorecendo o processo educativo (MURCIA *et al.*, 2008).

As peças para o jogo proposto foram confeccionadas e impressas, a partir de editor de texto, que resultaram no produto de aprendizagem. Em um primeiro momento, foram inseridas formas geométricas (quadrado) adequadas, com igual tamanho, para que fossem ordenadas de modo organizado (**Figura 1**).

Em seguida, foram inseridas caixas de texto dentro dos quadrados com mensagens que estimulassem o desafio dos aprendizes, para que chegassem à reta final do tabuleiro, utilizando-se o questionário (Anexo 1) sobre *bullying*, da revista *Nova Escola*, que compila questões importantes (NOVA ESCOLA, 2009).

Assim, com o intuito de aproximar o jogador com o uso das tecnologias, optou-se em esconder as perguntas nos QR Codes, precisando de um leitor para que pudessem ser descobertas. Para efetivar a leitura das perguntas, é necessário que o jogador possua um dispositivo móvel que contenha o leitor, ou que baixe o aplicativo de leitor de QR Code, caso o dispositivo não disponibilize tal ferramenta.

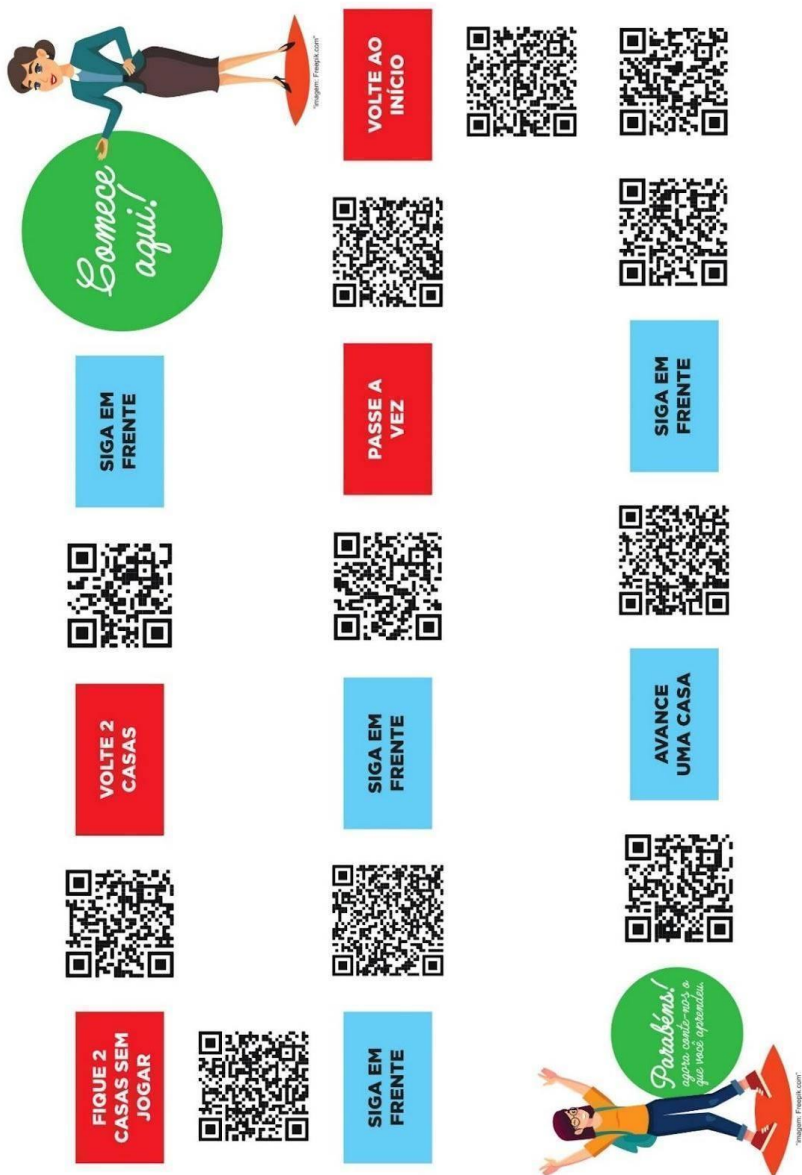
Os QR Codes foram salvos como figuras e inseridas entre as formas geométricas, resultando no produto final que é o tabuleiro. Concluída a ferramenta de aprendizagem, o jogo foi enviado para impressão em material fotográfico.

O jogo pode ser jogado em grupos e, portando-se de um dado, o jogador decide quantas casas irá andar. Se tirar no dado o número três, por exemplo, o jogador deve avançar três casas e seguir o que pede. Caso pare numa casa que tenha o QR Code, ele apenas lê e debate com os demais jogadores, passando a vez para outro jogador, e assim sucessivamente. Ganha o jogo quem chegar na final primeiro.

As perguntas inseridas no jogo de tabuleiro, através de QR Code, não esperam respostas certas ou errados, predeterminadas, contudo espera-se uma resposta assertiva sobre a questão, e o professor julgará se o aluno pode avançar no tabuleiro, estimulando assim os jogadores à reflexão, discussão e, principalmente, à troca de experiências. Muitas vezes, o jogador descobre, no meio do jogo, que é vítima, o agressor ou espectador da prática do *bullying*.



**Figura 1** – Tabuleiro construído para a atividade sobre *bullying* (para ler os QR Code é necessária a utilização de um aplicativo de celular).



Fonte: Elaboração dos autores.



## Considerações finais

O trabalho através da metodologia de jogos pode proporcionar momentos de conversa sobre o *bullying* e ações que contribuam como forma de identificar, tratar e amenizar a problemática dentro das escolas, visando o aumento da comunicação através do diálogo, da oportunidade de falar sobre e até de identificar vítimas, agressores e até espectadores.

A maior importância do trabalho é a sensibilização dos grupos de alunos, em especial, os adolescentes que são sempre as maiores vítimas. Desta forma, é possível desenvolver neles a criticidade sobre o assunto e o saber agir, em caso de sofrimento com o *bullying*.

Acredita-se que esse jogo é apenas umas das ações que devem ser contínuas dentro das escolas, não sanando o problema completamente, mas visando uma oportunidade de prevenção, discussão e visibilidade de ações positivas contra o *bullying*. É uma forma de agir na prevenção, com a proposta de que estas sejam atividades contínuas e envolvam toda a comunidade escolar, de maneira a obter uma experiência exitosa de promoção da saúde.

## Referências

- BUSARELLO, R. I. **Gamification: princípios e estratégias**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2016.
- FAVA, R. **Educação para o século XXI: a era do indivíduo digital**. São Paulo: Saraiva, 2016.
- FERNANDES, G.; YUNES, M. A. M.; TASCETTO, L. Bullying no ambiente escolar: o papel do professor e da escola como promotores de resiliência. **Revista Sociais & Humanas**, v. 30, n. 3, 2017.
- FERREIRA, E. B.; NEVES, F. F. **O problema do bullying no Brasil**. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317971102\\_O\\_PROBLEMA\\_DO\\_BULLYING\\_NO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/317971102_O_PROBLEMA_DO_BULLYING_NO_BRASIL). Acesso em: 27 de mar. 2020.
- MURCIA, J. A. M. et al. (org.). **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

- NOVA ESCOLA. 2009. 21 perguntas e respostas sobre bullying. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/336/bullying-escola>. Acesso em: 5 jun. 2020.
- OLIVEIRA, S. S. Bullying nas escolas de saúde – prática de violência interpessoal durante a graduação pode levar à depressão e à desistência do curso. **Revista Pesquisa FAPESP**, ed. 287, jan. 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/bullying-nas-escolas-de-saude/>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- ROBINSON, K. **Escolas criativas: a revolução que está transformando a educação**. Porto Alegre: Penso, 2019.
- SIGNORI, G. G.; GUIMARÃES, J. C. F.; CORRÊA, S. Gamificação como método de ensino inovador. **XVI Mostra de Iniciação Científica – 2016**. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/mostraucsppga/xvimostrappga/paper/viewFile/4747/1612>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- SHARIFF, S. **Cyberbullying: questões e soluções para a escolar, a sala de aula e a família**. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- SILVA, Ana Beatriz B. **Bullying: mentes perigosas nas escolas**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010.
- SILVA, J. L. et al. Intervenção em habilidades sociais e bullying. **Revista Brasileira de Enfermagem**, 2017. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/reben/v71n3/pt\\_0034-7167-reben-71-03-1085.pdf](https://www.scielo.br/pdf/reben/v71n3/pt_0034-7167-reben-71-03-1085.pdf). Acesso em: 6 abr. 2020.
- VIANNA, Y. et al. **Gamification inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. Rio de Janeiro: MJV Press, 116p. e-book, 2013. Disponível em: <https://pt.slide.share.net/fabiopedrazzi/livro-gamification-inc-mjv>. Acesso em: 27 mar. 2020.

## Anexo 1

Questionário-suporte para reflexão e discussão sobre o *bullying*.

1. O que é <i>bullying</i> ?
2. O que não é <i>bullying</i> ?
3. O <i>bullying</i> é um fenômeno recente?
4. O que leva o autor do <i>bullying</i> a praticá-lo?
5. Como identificar o alvo do <i>bullying</i> ?
6. Quais são as consequências para o aluno que é alvo de <i>bullying</i> ?
7. O que é pior: o <i>bullying</i> com agressão física ou o <i>bullying</i> com agressão moral?
8. O espectador também participa do <i>bullying</i> ?
9. Existe diferença entre o <i>bullying</i> praticado por meninos daquele praticado por meninas?
10. O que fazer em sala de aula, quando se identifica um caso de <i>bullying</i> ?
11. Qual o papel do professor em conflitos fora da sala de aula?
12. Como lidar com o <i>bullying</i> contra alunos com deficiência?
13. O professor também é alvo de <i>bullying</i> ?
14. O que fazer para evitar o <i>bullying</i> ?
15. Como agir com os alunos envolvidos em um caso de <i>bullying</i> ?
16. Como deve ser uma conversa com os pais dos alunos envolvidos no <i>bullying</i> ?
17. O que fazer em casos extremos de <i>bullying</i> ?
18. O que é <i>bullying</i> virtual ou <i>cyberbullying</i> ?
19. Como lidar com o <i>cyberbullying</i> ?
20. <i>Bullying</i> na Educação Infantil. É possível?
21. Quais são as especificidades para lidar com o <i>bullying</i> na Educação Infantil?

Fonte: Revista Nova Escola (2009).



# DESCOBRINDO O MUNDO DOS FUNGOS E SUAS APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS

Letícia Osório da Rosa



## **Descobrimo o mundo dos fungos e suas aplicações biotecnológicas**

**Público-alvo: Ensino formal:** Ensino Fundamental, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) Ciências da Natureza – 4º ano – Unidade temática: vida e evolução; Habilidades: EF04CI06 e EF04CI07. **Ensino não formal:** as atividades podem ser adaptadas para alunos do Ensino Fundamental do 4º ano ao 9º ano.

**Conteúdo:** Fungos, macrofungos (filo Basidiomycota), decomposição e aplicações biotecnológicas (indústria de alimentos).

**Resumo:** Os fungos são organismos fundamentais para a vida, pois realizam a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas. Evidenciam-se lacunas no conhecimento da micologia e dos materiais didáticos que abordam este assunto são escassos. Dentro deste contexto, o objetivo desta proposta foi propiciar práticas para que alunos do Ensino Fundamental evidenciem a existência dos fungos, relacionando-os com seu papel ambiental e apresentar algumas das aplicações biotecnológicas dos fungos, fomentando, assim, o ensino e a aprendizagem de micologia no Ensino Fundamental. Para isso, foram propostas três etapas de atividades: pré etapa – para o professor/instrutor/facilitador, de modo a preparar sua atuação, com embasamento e fundamentação; etapa 1 – para os alunos, de forma a evidenciar a existência dos fungos e seu papel ambiental; etapa 2 – para os alunos, de maneira a demonstrar a aplicação biotecnológica dos fungos na indústria de alimentos. Com isso, busca-se que práticas de micologia direcionadas para alunos do Ensino Fundamental sejam

fomentadas no ensino formal e não formal, disseminando o conhecimento micológico.

## **1 Justificativa**

Desde 1969, com a classificação proposta por Whittaker, os fungos possuem um reino próprio: o reino Fungi (WHITTAKER, 1969). Atualmente, estima-se a existência de 1,5 a 5,1 milhões de espécies fúngicas, porém, somente de 2,35% a 8% do número das espécies estimadas de fungos são conhecidas para a ciência (HAWKSWORTH, 2001; BLACKWELL, 2011; HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017). O despertar para o conhecimento micológico pode ser iniciado ainda no Ensino Fundamental. Nesse sentido, foram propostas atividades para despertar o interesse e a curiosidade pelo estudo dos fungos nos alunos do Ensino Fundamental (EF), alinhado com Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de Ciências da Natureza do 4º ano, Unidade Temática Vida e Evolução, fomentando assim o ensino e a aprendizagem de micologia. Nas atividades propostas, os alunos podem observar locais em que os fungos são encontrados, descobrir que eles participam de processos de decomposição e identificar algumas das suas aplicações biotecnológicas.

## **2 Problema**

A proposta a seguir apresenta atividades práticas educativas, que pretendem responder às seguintes questões: Quais são os locais e ambientes onde os fungos podem ser encontrados e qual seu papel ambiental? E quais as aplicações biotecnológicas dos fungos na indústria de alimentos?

## 3 Objetivos

### 3.1 Objetivo geral

Propiciar práticas para que alunos do Ensino Fundamental percebam locais onde se pode observar a existência dos fungos, relacionando-os com seu papel ambiental e, além disso, conhecer algumas das aplicações biotecnológicas dos fungos na indústria de alimentos, para assim fomentar o ensino e a aprendizagem de micologia no Ensino Fundamental.

### 3.2 Objetivos específicos:

1. fundamentar o conhecimento micológico do professor, facilitador ou instrutor, antes da aplicação das práticas aos alunos;
2. apresentar atividades práticas sobre a existência dos fungos e os locais onde eles podem ser encontrados, relacionando-os com seu papel ambiental de decomposição;
3. demonstrar a aplicação biotecnológica dos fungos e sua importância para a indústria de alimentos.

## 4 Referencial teórico

### 4.1 O estudo dos fungos: micologia

Os fungos são organismos eucarióticos, podem ser unicelulares ou pluricelulares (formados por micélio, que é um conjunto de hifas); possuem parede celular composta por glucanos e quitina; têm glicogênio como principal substância de reserva e sua reprodução pode ser assexuada e/ou sexuada (LLAMAS; TERRÓN, 2003; ALEXOPOULOS *et al.*, 1996; KIRK *et al.*, 2008; ESPOSITO; AZEVEDO, 2010). Cabe destacar que



alguns grupos de fungos, em condições nutritivas e ambientais (umidade, temperatura) adequadas, formam estruturas macroscópicas (basidiomas ou ascomas), conhecidos popularmente como cogumelos ou orelhas-de-pau (ROSA *et al.*, 2016). Algumas características dos fungos os separam dos vegetais – são heterótrofos, nutrindo-se por absorção, e não possuem clorofila; outras os separam dos animais – como a presença de esporos. Ou seja, os fungos possuem características únicas dentre os seres vivos (LOGUERCIO-LEITE *et al.*, 2006). Apesar de por muito tempo eles terem feito parte do reino Plantae, em 1969 Whittaker propôs uma classificação estabelecendo assim o reino Fungi (WHITTAKER, 1969).

Comparado aos outros grupos: Animalia, Chromista, Plantae, Protozoa, Archaea e Bacteria, o reino Fungi é o segundo com maior número de espécies estimadas, ficando atrás somente do Animalia (MORA *et al.*, 2011). No entanto, considerando os números estimados e descritos das espécies dos grupos de eucariontes terrestres, o reino Fungi fica no último colocado. Ou seja, é o reino com menos espécies conhecidas pela ciência, uma vez que somente em torno de 2,35% a 8% do número estimado de espécies é conhecido (HAWKSWORTH, 2001; BLACKWELL, 2011; HAWKSWORTH; LÜCKING, 2017; MORA *et al.*, 2011).

Neste contexto, a formação de micólogos é imprescindível, e o despertar para o conhecimento dos fungos pode ser iniciado ainda na Educação Básica. Porém, ao se realizar uma análise, na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Brasil do Ensino Fundamental (EF), percebe-se que os fungos e micro-organismos estão inseridos explicitamente somente nas habilidades para serem desenvolvidas no 4º ano do EF (BRASIL, 2018). Além disso, percebe-se a necessidade de melhorias dos livros didáticos, com relação ao conteúdo de

micologia tanto para o EF quanto para o Ensino Médio (ROSA; MOHR, 2010; SILVA; MENOLLI JÚNIOR, 2016; ROSA; ARTUSO, 2019). Muitas vezes, as metodologias usadas no Ensino Fundamental, principalmente pela utilização do livro didático de Ciências, para a temática micologia, não são suficientes; decorrentes disso, os alunos chegam ao Ensino Médio com pouca ou nenhuma informação sobre a temática de micologia (LEHRBACH *et al.*, 2019).

#### **4.2 Os fungos aplicados na indústria de alimentos**

Os fungos são organismos utilizados em processos biotecnológicos. Hyde *et al.* (2019) apresentam cinquenta maneiras pelas quais os fungos podem ser potencialmente utilizados biotecnologicamente. As aplicações biotecnológicas para esses organismos são as mais variadas, distribuídas na pesquisa básica à aplicada de protótipos e produtos, estratégias contra doenças humanas e de plantas, melhoramento de culturas e na silvicultura, indústria de alimentos e bebidas, alternativas para salvar o Planeta e *commodities* (HYDE *et al.*, 2019). Neste trabalho será enfatizada a aplicação biotecnológica na área da indústria de alimentos.

*Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex EC Hansen é uma levedura, a espécie fúngica mais antiga e mais conhecida usada para a fabricação de vinho, cerveja e pão (LEGRAS *et al.*, 2007). Relacionadas à indústria de bebidas, para o processamento de sucos, há também as enzimas fúngicas, que são aplicadas, tais como as lacases e as pectinases (NIGHOJKAR *et al.*, 2019). Outro processo em que os fungos são utilizados é para a fabricação e maturação dos queijos Camembert e queijos azuis; para isso, empregam-se espécies do gênero *Penicillium* (FOX *et al.*, 2017).

Os macrofungos também possuem aplicação biotecnológica na área de alimentos. Os cogumelos e as orelhas-de-pau

podem ser comestíveis com grande interesse gastronômico, nutricional e de importância medicinal, porém deve-se ter cuidado com a identificação das espécies (DAI *et al.*, 2009; ROSA *et al.*, 2016). Dentre as espécies mais cultivadas comercialmente estão: *Agaricus bisporus* (JE Lange) Imbach (champignon-de-paris), *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (shiitake) e *Pleurotus* spp. (hiratake ou shimeji ou cogumelo-ostra) *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Qué. (orelha-de-madeira), *Flammulina velutipes* (Curtis), Cantora (cogumelo-de-inverno) e *Volvariella volvacea* (Bull.), Singer (cogumelo-de-palha) (AIDA *et al.*, 2009). Cabe destacar que a busca pelos macrofungos comestíveis e medicinais está em expansão no Brasil (ROSA *et al.*, 2016).

## 5 Metodologia

São propostas três etapas de atividades: pré-etapa – para o professor/instrutor/facilitador, para prepará-lo, com embasamento e fundamentação sobre os aspectos micológicos; etapa 1 – para os alunos, de forma a evidenciar a existência dos fungos e seu papel ambiental; e 2 – para os alunos, de forma a evidenciar a aplicação biotecnológica dos fungos, relacionando-os à indústria de alimentos. As etapas são apresentadas na sequência.

### **Pré-etapa: embasamento e fundamentação**

Esta etapa é destinada ao professor, instrutor ou facilitador da atividade.

**Atividade:** Antes de iniciar as etapas 1 e 2, são sugeridos alguns materiais básicos preparatórios sobre micologia, destinados para quem irá ministrar atividades com os alunos. Sendo eles:

- vídeo “A vida secreta dos fungos – vilões ou mocinhos?”, produzido pela Legião da Boa Vontade (LBV), disponível aqui;
- vídeo “A jornada da vida: conheça maior ser vivo e alimento mais caro do planeta”, produzido pela Rede Globo, Fantástico, disponível aqui;
- Material complementar ao livro *Sistemática vegetal I: fungos*, de Elisandro Ricardo Drechsler dos Santos, da UFSC, disponível aqui.

### **Etapa 1: Evidência da existência dos fungos**

Esta etapa é destinada para os alunos evidenciarem a existência dos fungos e o papel ambiental dos fungos. Ela está dividida em três atividades.

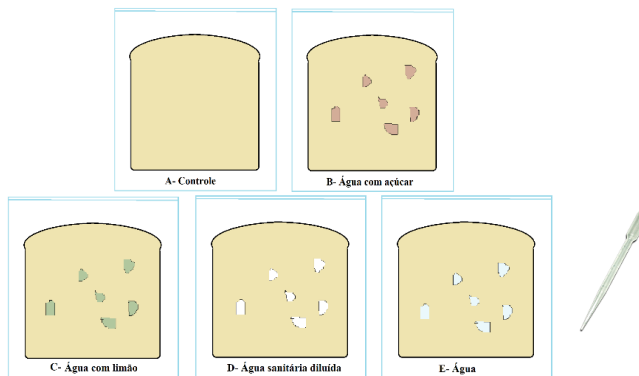
**Atividade 1:** Experimento para evidenciar os fungos que podem crescer no pão em diferentes condições.

Algumas vezes, são evidenciados fungos em alimentos, como em fatias de pão, o chamado mofo. Mas, como os fungos crescem nesses alimentos? Por que eles estão crescendo ali? Para evidenciar como os fungos podem crescer no pão, em diferentes condições, é proposto este experimento (baseado em NABT, \_ e ARDLEY, 1996).

- **Materiais:** três Pipetas Pasteur descartáveis ou conta-gotas; 20 mL de água; 20 mL de água com açúcar (dissolva 4 colheres de chá de açúcar em 20 mL de água); 20 mL de água com limão (dissolva 4 colheres de chá de suco de limão em 20 mL de água); 20 mL de água sanitária diluída (dissolva 4 colheres de chá de água sanitária em 20 mL de água); 5 fatias de pão; 5 sacos plásticos novos; 1 fita adesiva e 1 marcador (caneta de retroprojektor).

- Procedimentos:** 1 – lave bem as mãos com água e sabão; 2 – coloque em cada fatia de pão 20 gotas dos diferentes tratamentos, a – controle (sem adicionar nada), b – água com açúcar, c – água com limão, d – água sanitária diluída, e – somente água, cuidado para deixar o pão úmido, mas não com água livre (esquema na **Figura 1**); 3 – coloque cada pão em um dos sacos plásticos novos, feche com a fita adesiva e rotule cada embalagem com o tratamento correspondente; 4 – deixe os sacos em local quente e com pouca luz, durante sete dias, acompanhando todos os dias sem abrir os sacos (você poderá fazer registro fotográficos de cada dia); 5 – compare os resultados entre os tratamentos, ao final do sétimo dia.

**Figura 1** – Esquema representativo dos procedimentos do experimento



Fonte: Elaboração do autor (2020).

- Resultados esperados:** é esperado que os fungos cresçam mais nas fatias de pão com água açucarada e com água, do que no controle e naquelas que tenham suco de limão e água sanitária. Isso ocorre porque tanto a água sanitária quanto o suco de

limão impedem, ou diminuem o crescimento dos fungos e de outros micro-organismos. A partir deste experimento, outras questões podem ser levantadas, como, por exemplo: *Por que se utiliza água sanitária na limpeza?* Além disso, convém destacar o importante papel de decomposição dos fungos, o mesmo que eles exercem na natureza. Para turmas finais do Ensino Fundamental podem ser montados gráficos com os resultados. Para isso, pode ser elaborado um molde com quadrados de 1 cm x 1cm e impresso em papel transparente, após sobreposto nas fatias de pão, para contar os quadrados preenchidos por fungos, os resultados serão em cm<sup>2</sup>. A partir desta atividade, pode-se refletir também sobre a conservação dos alimentos. É importante destacar que, caso o pão tenha conservantes, o experimento pode ter resultados diferentes do esperado. Após o experimento, o material deve ser separado, sendo os resíduos orgânicos descartados no lixo comum e os resíduos plásticos devem ser encaminhados para reciclagem.

**Atividade 2:** Experimento para evidenciar a existência dos fungos no ar

Os fungos podem ser encontrados em todos os lugares, porém algumas vezes isso não fica claro. Por exemplo: eles estão presentes no ar, pelos seus esporos, mas isso não fica evidente, pois estas estruturas são visíveis somente com o auxílio de microscópio. Para ficar evidente a presença dos fungos no ar é proposto este experimento (baseado em ICH, 2012).

- **Materiais:** 1 pacote de gelatina incolor, 1 tablete de caldo de galinha, 5 potes plásticos pequenos (que servirão de formas), filme de PVC e água.
- **Procedimentos:** 1 – lave bem as mãos com água e sabão; 2 – dissolva o caldo de carne conforme a recomendação na embalagem; 3 – dissolva a gelatina como recomendado; 4 – misture o caldo de carne na gelatina e despeje nos potes até, mais ou menos, um centímetro de altura; 5 – cubra com um filme de PVC e coloque na geladeira até endurecer; 6 – retire o filme de PVC, deixando exposto cada pote em uma ambiente diferente (exemplo: sala, cozinha, quarto, banheiro, sacada); 7 – envolva novamente no filme de PVC e deixe em temperatura ambiente por quatro dias.
- **Resultados esperados:** a gelatina com caldo de galinha fornece os nutrientes necessários para que esses organismos possam crescer, servindo de meio de cultura. Faça a observação através do filme de PVC. Após os quatro dias, é possível verificar o crescimento de fungos, a partir dos seus esporos que estavam no ar e caíram no meio de cultivo (**Figura 2**). A partir do experimento, pode-se identificar qual dos ambientes apresenta maior número de colônias fúngicas, ou seja, qual dos ambientes possui mais fungos no ar. Após o experimento, o material deve ser separado, sendo os resíduos orgânicos descartados no lixo comum e os resíduos plásticos devem ser encaminhados para reciclagem.

**Figura 2** – Esquema representativo dos fungos crescidos no copo plástico



Fonte: Elaboração do autor (2020).

**Atividade 3:** Descobrimo os cogumelos e orelhas-de-pau na natureza

Alguns grupos de fungos, em determinadas condições, originam os cogumelos e orelhas-de-pau. Por estarem visíveis no ambiente, em algumas ocasiões e, em outras não, muitas pessoas associam fungos ao misticismo. Para ficar evidente a presença destes organismos na natureza, é proposta a seguinte atividade.

- **Materiais:** 3 potes plásticos, 1 folha de papel branca, e vestimentas adequadas para caminhar a campo (bota, calça confortável, camiseta de manga comprida, protetor solar e chapéu);
- **Procedimentos:** 1 – visite uma área que tenha mato e procure por macrofungos (prefira realizar a atividade após um dia de chuva); 2 – colete três exemplares de macrofungos (após coletar, cuidado para não levar as mãos aos olhos ou à boca, pois algumas pessoas têm alergia); 3 – armazene os cogumelos coletados nos potes; 4 – coloque os macrofungos coletados sobre folhas de papel por um dia (conforme **Figura 3**); 5 – após a atividade devolva os fungos coletados para as áreas de onde eles foram, inicialmente, retirados.



**Figura 3** – Posição para esporada ou impressão de esporos dos macrofungos



Fonte: Disponível em: <https://www.pngflow.com/en/free-transparent-png-szaic>, com modificações. Acesso em: 2020.

- **Resultados esperados:** apesar de os macrofungos não estarem aparentes em todas as épocas do ano, procurando, sempre se acha algum exemplar. É importante destacar que, apesar desses organismos não estarem visíveis, eles estão no ambiente, estão no solo. O que se vê, fazendo uma analogia, é a ponta de um *iceberg*. Isso é importante ficar claro: quando um macrofungo é encontrado, é somente uma parte do organismo que é encontrada e que será coletada. Após fazer a esporada é observada a impressão de esporos do fungo. Os esporos são as estruturas de reprodução dos fungos, que darão origem às novas hifas, que formarão novos micélios e que, em condições ambientais ideais, darão origem a macrofungos. A partir dessas observações, pode-se discutir com os alunos como é o ciclo de vida de um grupo de fungos. Também, pode-se destacar o papel de decomposição dos fungos na natureza. Em uma cadeia alimentar, os fungos são responsáveis pela decomposição, fazendo com que ocorra a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas. É importante que, após a atividade, os fungos coletados sejam devolvidos para a área de onde eles foram, inicialmente, retirados, permitindo, assim, que o ciclo de vida continue no ambiente natural.

## **Etapa 2: Evidência da aplicação biotecnológica dos fungos na indústria de alimentos**

Esta etapa é destinada para os alunos evidenciem a aplicação dos fungos na indústria de alimentos.

**Atividade:** O fungo está mais próximo do que se pensa.

Os fungos são aplicados na indústria de alimentos. Porém, para muitas pessoas isso não é claro. Como forma de evidenciar como os fungos são essenciais na indústria de alimentos e fazem parte da vida cotidiana, é proposta esta atividade.

- **Materiais:** 1 pão; 1 queijo Roquefort, Gorgonzola, Brie ou Camembert; cogumelos em conserva, 3 vendas para olhos.
- **Procedimentos:** 1 – pergunte para a turma quem ingeriu fungos hoje; 2 – peça para três pessoas corajosas que queiram voluntariamente participar da atividade; 3 – coloque as vendas nos olhos dos voluntários; 4 – dê uma amostra de pão para o primeiro voluntário, de queijo para o segundo e de cogumelo para o terceiro; 5 – pergunte se eles adivinham o que estão provando; 6 – peça para retirarem as vendas e mostre o que provaram; 7 – pergunte novamente para a turma quem ingeriu fungos hoje.
- **Resultados esperados:** na primeira vez que a pergunta “Quem ingeriu fungo hoje?” é feita para a turma, geralmente poucos respondem que sim. Isso ocorre pois poucos relacionam os fungos com as leveduras do pão. Com esta atividade é evidenciada a importância biotecnológica dos fungos na indústria de alimentos e evidenciado

também como eles fazem parte da vida cotidiana. Além disso, são destacados outros alimentos como os queijos, que levam fungos no seu processamento, e os cogumelos que têm elevado valor nutricional e alguns também medicinal.

Para reforçar as atividades que foram realizadas com os fungos, sugere-se que seja apresentado aos alunos o vídeo “Os fungos” da Khan Academy Brasil, disponível aqui.

## Considerações finais

A partir do trabalho apresentado, espera-se que atividades prático-educativas em micologia, direcionadas para alunos do Ensino Fundamental sejam fomentadas no ensino formal e não formal, fortalecendo, assim, o ensino da micologia. Estas atividades possibilitarão a disseminação do conhecimento micológico, de forma que os participantes do processo possam evidenciar a existência e importância dos fungos para os ecossistemas e para toda a sociedade.

## Referências

- AIDA, F. M. N. A.; SHUHAIMI, M.; YAZID, M.; MAARUF, A. G. Mushroom as a potential source of prebiotics: a review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 20, p. 567-575, 2009.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. *Introductory mycology*. 4. ed. ARDLEY, N. *Coleção jovem cientista*. São Paulo: Editora Globo S.A., 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BLACKWELL, M. The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *Am. J. Bot.*, v. 98, p. 426-438, 2011.
- DAI, Y. C.; YANG, Z. L.; CUI B. K.; YU, C-J; ZHOU, L-W. Species diversity and utilization of medicinal mushrooms and Fungi in China (Review). *Int. J. Med. Mush.* v.11, n. 3, p. 287-30, 2009.
- ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. *Fungos uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia*. 2. ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2010.

- FIDALGO, O. Rick, o pai da micologia brasileira. *Rickia*, v. 1, p. 3-11, 1962.
- FOX, P. F.; GUINEE, T. P.; COGAN, T. M.; MCSWEENEY, P. L. **Fundamentals of cheese science**. New York: Springer, 2017.
- HAWKSWORTH D. L.; LÜCKING R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. *Microbiol. Spectrum.*, v. 5, n. 4, FUNK-0052-2016. DOI 10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016, 2017.
- HAWKSWORTH, D. L. The magnitude of fungal diversity: the 1±5 million species estimate revisited. *Mycol. Res.*, v. 105, n.12, p. 1422-1432, 2001.
- HYDE, K. D.; XU, J.; RAPIOR, S.; JEEWON, R. et al. The amazing potential of fungi, 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity*, v. 97, n. 1, p. 1-136, 2019.
- INSTITUTO CIÊNCIA HOJE (ICH). Bactéria de estimação. *Revista de Divulgação Científica para Crianças*, n. 231, p. 19, 2012.
- KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J. A. **Dictionary of the fungi**. 10. ed. Europe – UK: Cabi, 2008.
- LEHRBACH, D. A.; ROSA, M. D.; DRECHSLER-SANTOS, E. R. Micologia nos livros didáticos do ensino médio: a concepção dos estudantes e a necessidade de práticas pedagógicas complementares. *Ciências em Foco*, v. 12, n. 2, p. 67-85, 2019.
- LEGRAS, J. L.; MERDINOGLU, D.; CORNUET, J. M.; KARST, F. Bread, beer and wine: *Saccharomyces cerevisiae* diversity reflects human history. *Mol Ecol.*, v. 16, n. 10, p. 2091-2102, 2007.
- LLAMAS, B. F.; TERRÓN, A. A. **Atlas fotográfico de los hongos de la Península Ibérica**. León: Celarayn, 2003.
- LOGUERCIO-LEITE, C.; GROPOSO, C.; DRESCHLER-SANTOS, E. R.; FIGUEIREDO, N. F.; GODINHO, P. S.; ABRÃO, R.L. A particularidade de ser um fungo –I. Constituintes celulares. *Biotemas*, v.19, n. 2, p.17-27, 2006.
- MORA, C.; TITENSOR, D. P.; ADL, S.; SIMPSON, A. G. B.; WORM, B. How many species are there on earth and in the ocean? *PLOS Biology*, v. 9, n. 8. e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>, 2011. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- NEWBOUND, M.; MCCARTHY, M. A.; LEBELC.T. Fungi and the urban environment: a review. *Landscape. Urban. Plan.*, v. 96, p. 138-145, 2010.
- NATIONAL ASSOCIATION OF BIOLOGY TEACHERS (NABT). **Bread bag nightmares**. Disponível em: <http://www.kaumualii.k12.hi.us/Technology/Science/pdf/Bread%20Bag%20Nightmares.pdf> . Acesso em: jul. 2019.
- NIGHOJKAR, A.; PATIDAR, M. K.; NIGHOJKAR, S. **Pectinases: production and applications for fruit juice beverages**. 10.1016/B978-0-12-815259-1.00008-2, 2019.
- ROSA, L. O.; WASUM, R. A.; DILLON, A. J. P. **Macrofungos (Filo Basidiomycota) do Sul do Brasil: levantamento e verificação da capacidade de secreção de enzimas loignolíticas**. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2016.
- ROSA, M. D.; ARTUSO, R. A. O uso do livro didático de ciências de 6º a 9º ano: um estudo com professores brasileiros. *RBPEC*, v. 19, p. 709-746, 2019.

ROSA, M. D.; MOHR, A. Os fungos na escola: análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 5, n. 3, p. 95-102, 2010.

SILVA, A. C.; MENOLLI JUNIOR, N. Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Ciências & Ideias**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 235-273, 2016.



# ECOLOGIA URBANA E BIOTECNOLOGIA: A INTERAÇÃO QUE NÃO VEMOS

Kétini Mafalda Sacon Baccin  
Paula Mulazzani Candiago



## **Ecologia urbana e biotecnologia: a interação que não vemos**

**Público-alvo:** Turmas de 6º, 7º, 8º e 9º ano do Ensino Fundamental.

**Conteúdo:** ecologia, urbanização e fermentação natural.

**Resumo:** O processo de urbanização modifica o meio ambiente natural, atuando como um dos responsáveis pela poluição atmosférica e alterações no ciclo hidrológico, assim como, ampliando sua área de influência geográfica pela demanda de recursos externos, como alimentos e energia, gerando impactos que excedem limites municipais. A cidade, muitas vezes, pode apresentar uma fisionomia fria por ser pobre em elementos naturais, mas que, por meio de olhares atentos, uma reconexão com a natureza pode acontecer. Este é um dos papéis da Ecologia Urbana: entender como as cidades funcionam e as relações entre as pessoas e esse ambiente, estimulando o pensamento crítico e maior entendimento e menor negligência dos sistemas urbanos, promovendo o desenvolvimento sustentável. Este capítulo propõe uma reaproximação entre as pessoas e suas cidades, estimulando o sentimento de pertencimento ao ambiente natural, através de estratégias de ensino voltadas para educandos do Ensino Fundamental II. São trabalhados temas como fauna e flora urbana, a relação entre a ecologia urbana e biotecnologia e para apresentar de forma lúdica os impactos ambientais causados, direta ou indiretamente, pela urbanização, elaborou-se o jogo *Por onde vou?*, que traz informações sobre animais silvestres em seus biomas de ocorrência e as principais ameaças às suas populações.



## 1 Justificativa

O aumento da urbanização fez com que 55% dos seres humanos vivessem em áreas urbanas, inclusive a maioria das crianças do mundo (UN, 2020; SARMENTO, 2018; WU, 2014). Essa mudança demográfica, que precisa de estudos para a compreensão de impactos relacionados às consequências econômicas, sociais e ambientais, faz com que as cidades se tornem agentes educacionais, a partir das relações sociais geradas por meio da sua rede de equipamentos e serviços (FERNANDES; MIRANDA; QUINTÁNS, 2018; WU, 2014).

Além disso, as cidades potencializam a cidadania infantil pela incorporação do espaço na identidade pessoal, a partir do conhecimento e da percepção do mesmo. A criança também pode se apropriar e perceber os objetos ou o contexto social, favorecendo o entendimento das relações transacionais entre o sujeito e os elementos materiais que o rodeiam, permitindo a expressão cidadã. Ao mesmo tempo em que a cidade pode impor muitas vezes formas pobres de experiência, as mesmas podem ser estimuladas por meio de serviços educativos associados aos museus, ao incentivo ao contato com a natureza, interações entre todas as idades e a circulação de pedestres pela abertura de ruas (SARMENTO, 2018).

As práticas infantis no espaço urbano estão associadas à experiência corpórea do lugar (SARMENTO, 2018) e, segundo Cohen e Ronning (2017 p. 394), a “aprendizagem baseada no lugar é uma abordagem educacional que usa atividades econômicas, culturais e sociais locais, para se engajar, mais efetivamente, com as crianças e jovens, no contexto de suas vidas”. Porém, o maior afastamento da natureza, a partir da vida nas cidades, faz com que a criança e o adolescente possam criar uma relação objetivante e utilitária, na qual o homem se separa da natureza para servir-se dela, separação

dada pelo paradigma da cultura urbano-industrial-capitalista (DOCA; BILIBIO, 2018).

Visto isso, a ecologia urbana, que busca entender como as cidades funcionam e as relações entre as pessoas e esse ambiente, pode atuar como protagonista no desenvolvimento do papel crítico para maior entendimento e menor negligência dos sistemas urbanos, além do desenvolvimento de uma sustentabilidade local e regional (WU, 2014). Com vistas a evitar ou atenuar a falta de sentido de pertencimento e interdependência com a natureza, busca-se um aumento de vivências que conectem a criança/jovem ao ambiente natural, seja por meio de práticas a campo ou em salas de aula, utilizando-se do tema ecologia urbana, aliando o potencial tecnológico com o potencial biológico das cidades.

## **2 Problema**

Quais características do ambiente urbano podem ser utilizadas como estratégias de ensino e educação ambiental? Como resgatar o sentimento de pertencimento entre o educando e a natureza? Quais aspectos naturais e biotecnológicos podem ser incorporados ao ensino de ecologia urbana?

## **3 Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Promover conhecimentos a partir de estratégias de reflexão e práticas de ensino, com o intuito de possibilitar a reconexão de educandos do Ensino Fundamental II com o ambiente e a natureza urbana, atrelando-os a conceitos básicos da biotecnologia, a fim de proporcionar uma conscientização integrada sobre o cotidiano humano e suas relações com o meio.

### **3.2 Objetivos específicos:**

1. reconhecer os elementos do ambiente urbano e os aspectos da paisagem que impactam a biodiversidade;
2. identificar as espécies de flora e fauna nativas e introduzidas, bem como os processos de adaptação às condições urbanas;
3. reconhecer processos naturais no contexto urbano;
4. caracterizar quais são os serviços prestados pela vegetação no ambiente urbano;
5. identificar processos biotecnológicos presentes no ambiente urbano;
6. desenvolver um senso de cuidado e atenção ao ambiente natural.

## **4 Referencial teórico**

O compromisso de compartilhar conhecimentos exige do professor um contínuo estado de transformação pessoal e profissional. Para desempenhar seu papel na comunidade, mune-se com vivências próprias e alheias que atribuem pluralidade à sua atuação, como nas palavras de Freire (1996, p. 16) “ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago”. Através deste pensamento holístico, o professor olha para seus educandos e enxerga além do que a aparência exhibe, mas também as interações sociais que influenciam na sua formação.

E, em meio a um cenário de incerteza, dificuldades e desafios, o papel do professor colide com a realidade da educação brasileira, possibilitando oportunidades de ensino e aprendizagem significativas, inerentes à realidade do educando.

Essas estratégias podem abranger uma gama de intenções, no entanto, este capítulo se ocupará das que buscam despertar no educando afinidade pelas ciências sociais e ambientais, fazendo uso dos elementos da paisagem, que constituem o ambiente urbano.

O ensino de ciências e biologia nas escolas tem no seu âmbito o intuito de aproximar os educandos dos ambientes naturais, ação capaz de proporcionar um vislumbre dos complexos nichos de interações aos quais estamos intimamente ligados, e somos inteiramente dependentes. Neste cenário, surge a ecologia, disciplina que, historicamente, já foi definida por diferentes conceitos, porém, pode ser caracterizada de forma mais integrativa pela definição proposta por Likens (1992, p. 8), na qual trata da ecologia como o “estudo científico dos processos que influenciam a distribuição e abundância de organismos, as interações entre organismos e as interações entre organismos e a transformação e fluxo de energia e matéria”.

Este conceito, naturalmente, remete a uma visão ambientalista sobre os organismos e sobre a ecologia, porém, esta é uma ciência abrangente, integrada em seu campo de atuação áreas que sozinhas possuem grande influência umas sobre as outras, como as ciências política, econômica e social, mas que, todavia, não coexistem em completa cooperação, devido ao desmazelo humano. Sob esta perspectiva, somos conduzidos a uma reflexão sobre a nossa distribuição e estrutura social e como a sociedade se aglomera em pequenos e grandes centros urbanos.

Em decorrência disso, o ensino de ecologia enfrenta, dentre outros obstáculos, o distanciamento das pessoas do meio ambiente natural, comumente associado ao isolamento urbano. Como reflexo, a ecologia voltou seus olhares para este

ambiente, criando uma nova área de atuação, a ecologia urbana, considerada uma disciplina vasta, que compreende diversos eixos, além de questões ambientais, como aspectos sociais, políticos, industriais e de paisagem (MIYAMOTO; COLLET BRUNA, 2020).

Com o objetivo de obter melhor compreensão do ambiente em que vivemos, a ecologia urbana promove a percepção e a consequente conscientização do sistema urbano e dos processos ecológicos que ocorrem nesse ambiente, e que estão, frequentemente, sujeitos a mudanças e interferências (CHERIF, 1989). Como uma forma de identificar os impactos causados pelos perímetros urbanos e pelas ações antrópicas ao Planeta, uma das vertentes da ecologia urbana estuda as inter-relações entre os elementos naturais, tais como: clima, substrato, água, flora e fauna e os elementos humanos (McDONNELL, 2011).

Se nos remetermos à cadeia alimentar (ciclagem de nutrientes), em um ambiente natural, encontramos os organismos produtores, consumidores e decompositores. Estes podem ser plantas, herbívoros, onívoros, carnívoros, parasitas, bactérias e fungos que, junto com o ambiente físico-químico (fatores abióticos), fornecem condições de sobrevivência aos organismos e drenam a energia e a matéria (BEGON; TOWNESEND; HAPER, 2007).

As cidades, no entanto, tornam-se sistemas abertos complexos que dependem de outros ecossistemas do seu entorno, por possuírem baixíssima produtividade. Apesar de também serem compostas pela presença de animais e áreas verdes, em formas de parques e árvores nas ruas, a espécie de mamífero dominante nas cidades (ser humano) não se alimenta dessas espécies vegetais nem da fauna sinantrópica

presente, além de que a produção orgânica gerada nesse ambiente não sustentaria suas demandas.

Os centros urbanos dependem, então, de fluxos e trocas com o ambiente natural para obter energia, alimentos, água e outros materiais. Sem a entrada de produtos naturais externos, as cidades colapsariam em pouco tempo. Além disso, quanto maior a cidade, mais dependente do ambiente exterior ela se torna e, na proporção que demanda as entradas dos sistemas naturais, terá saídas, como a liberação de gases na atmosfera por veículos automotores e indústrias, o excessivo consumo de energia e a poluição dos recursos hídricos decorrentes da má qualidade do saneamento ambiental, impactos que ultrapassam os limites urbanos (no sentido geográfico do município) (JATOBÁ, 2011; McDONNELL, 2011; DIAS, 1997).

Segundo, Kattel, Elkadi e Meikle (2013), todo esse processo altera profundamente a composição e a diversidade de espécies nas cidades, produzindo habitats fragmentados, introduzindo espécies exóticas e alterando os usos e a cobertura dos solos. E, assim, a ideia de que os recursos da natureza são inesgotáveis desestabilizam os ecossistemas terrestres e marinhos globais.

Apesar disso, em uma visão holística do ecossistema urbano, além de fatores bióticos e abióticos, haveria um terceiro componente ecossistêmico denominado cultura humana. Do ponto de vista social, o socioecossistema-cidade produz muitas informações, criatividade, cultura, tecnologia, indústria, dentre outros (DIAS, 1997). Com estudos realizados na ou sobre a cidade, as crianças criam experimentações no ambiente em que vivem e podem ser envolvidas em questões socioambientais e técnico-científicas do seu dia a dia (CHERIF, 1989).

É a partir deste contexto, que ações educacionais que explorem a subjetividade do cotidiano urbano devem ser implementadas com maior vigor, através de estratégias de ensino e aprendizagem, coerentes com a realidade na qual o educando está inserido (ASARI; ANTONELLO; TSUKAMOTOA, 2004). Segundo Freire (1967), o ser humano, em sua trajetória, passa por uma tomada de consciência a partir das vivências às quais é exposto; esta apropriação é um processo importante para a formação de uma transividade crítica, criticidade, fato que transforma sua percepção de inserção, integração e representação objetiva, na sua realidade.

A interdisciplinaridade não é uma característica restrita à ecologia urbana, é possível encontrar em áreas como a biotecnologia parcerias benéficas. Isso acontece, porque estas são disciplinas com o currículo escolar em desenvolvimento, ou seja, apresentam recursos pedagógicos escassos e, geralmente, restringidos a abordagens insuficientes (FONSECA; BOBROWSKI, 2015). Além de estarem intimamente ligadas à rotina humana, essas duas áreas trazem em si uma perspectiva juvenil, capaz de proporcionar experiências significativas, no âmbito educacional e social.

## 5 Metodologia

O pensamento de Schank: *O aprendizado ocorre quando alguém quer aprender, não quando alguém quer ensinar*, traz à tona um dos desafios da educação brasileira. Desse modo, como estimular os educandos a querer aprender?

O ensino de ciências, segundo Segura e Kahlhil (2015), “exige uma abordagem pedagógica inovadora, capaz de atender a complexidade do processo ensino-aprendizagem que vai além da memorização excessiva do conteúdo”. O

primeiro passo para criar uma experiência educacional emocionante e agradável para os educandos pode ser incluir uma metodologia de ensino ativa, que atribui ao educando o papel de protagonista do seu próprio aprendizado, tornando o professor a figura consultiva nesse processo (SCHANK, 2020; SEGURA; KAHLHIL, 2015).

Ao tornar o educando centro do seu próprio desenvolvimento, a estratégia de ensino se inicia a partir das experiências vividas por este, e na qual o professor se vale da curiosidade e do desejo de interagir com o novo, para “costurar” as significações que constituem o conhecimento particular do aprendiz, formando uma rede de associações baseadas em informações prévias e adquiridas (FAGUNDES; SATO; MAÇADA, 2006).

Essa inversão de papéis pode ser muito significativa para o educando, pois o instiga a expressar suas dúvidas, em especial, formular questões que tenham relevância para ele, que surgem de sua história de vida, de seus interesses, valores e, principalmente, condições pessoais. Essa metodologia gera no educando a capacidade de formular e solucionar problemas, item defendido pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018), como uma das competências básicas (FAGUNDES; SATO; MAÇADA, 2006; FREIRE, 1996).

A partir desta contextualização, este capítulo agrupa sugestões de práticas para o ensino de ecologia urbana, que têm o intuito de estimular no educando o sentimento de pertencimento ao ambiente natural, aproveitando-se de uma disciplina, a com a qual o aprendiz está diretamente envolvido. As etapas podem ser implementadas como uma sequência, ou como atividades isoladas, de acordo com o planejamento do professor, tendo como protagonistas educandos do Ensino Fundamental II, bem como sua comunidade.



## **Etapa 1: A cidade que nos rodeia**

Para despertar o processo de tomada de consciência e pertencimento ao meio natural, é fundamental o reconhecimento do lugar em que vivemos, através de experiências individuais e coletivas que proporcionem um pensamento sistêmico e não apenas subsidiário da natureza, de forma que essa percepção empática possa ser empregada em outras regiões e formas de vida.

Em ambientes urbanos, a presença de componentes naturais de fauna e flora é marcada por espécies que têm maior flexibilidade de adaptação, em relação à presença do ser humano. Com relação aos animais, fatores como oferta abundante de abrigo, proporcionada pela arquitetura urbana, ausência ou pouca influência de predadores naturais, e a disponibilidade de alimentos, provenientes de resíduos descartados incorretamente ou ofertados de forma eventual ou permanente por pessoas, são características que acentuam a presença de espécies sinantrópicas e, em alguns casos, da fauna silvestre (SÃO PAULO, 2013).

A maioria da flora presente nas cidades advém do plantio realizado pelo homem, em especial as localizadas em calçadas e praças. Esses espécimes enfrentam barreiras durante seu desenvolvimento, como o reduzido espaço para o crescimento de suas raízes, a impermeabilização do solo, a instável disponibilidade de nutrientes e água, além da divisão do seu espaço com tubulações e fiação, aspectos que as tornam mais suscetíveis a intempéries. No entanto, sua presença proporciona a diminuição das ilhas de calor e amenização da sensação térmica, além de propiciar áreas de lazer e alimento para a fauna urbana e silvestre, em especial para a avifauna (PINHEIRO; SOUZA, 2017; MULLER, 1998).

## **Desenvolvimento da atividade: Projeto – “O que a cidade esconde?”**

1. **DESPERTAR:** a imersão no meio urbano e o estilo de vida corrido que esse ambiente propicia, pode afastar o nosso olhar dos elementos que constituem a paisagem da nossa cidade. Como sugestão para começar a despertar a curiosidade dos educandos para os eventos (naturais, sociais, econômicos, dentre outros), que acontecem ao seu redor, esta etapa propõe a construção de um painel ou mapa de uma área, escolhida pela turma, como, por exemplo, a rua, bairro ou região na qual a escola está inserida. Esse espaço, provavelmente, conterá elementos urbanos (ex.: prédios, casas, ruas, calçadas, bancos, carros, bicicletas, lixeiras, pipas, dentre outros) e naturais (ex.: árvores, ervas, aves, insetos, cachorros, pessoas, dentre outros), que serão fundamentais para a elaboração do quadro. Para a criação do mesmo, serão necessários os registros fotográficos ou representações ilustradas pelos educandos (ou ambos, o processo criativo vai de acordo com os recursos disponíveis), documentadas através da perspectiva do educando, ou seja, irão compor o trabalho os ícones que causam maior impacto na primeira percepção do educando.

Para instigar ainda mais os alunos nessa atividade, é indicado que os mesmos façam uma entrevista com moradores locais, o que pode incluir familiares, vizinhos ou a comunidade escolar, a fim de explorar a dinâmica da área estudada e suas mudanças ao longo do tempo; como exemplo, há as transições de elementos naturais para urbanos. Ou mesmo questioná-las

sobre os aspectos da rotina urbana em sua vida e como a fluidez das cidades impacta na vida dessa pessoa.

2. **RECONHECER:** após a montagem do painel, peça para os educandos olharem para o mesmo e perceber se existem diferenças entre a quantidade de elementos urbanos e naturais. Convide os educandos para realizar uma segunda caminhada pela região, desta vez com um olhar diferente. Cada educando deverá levar um caderno, um lápis de escrever e uma borracha. Antes de sair novamente para a rua, insira os conceitos de fauna sinantrópica e fauna silvestre em uma discussão prévia à saída (Apêndice A).

Agora, peça para eles olharem mais profundamente para a natureza e desenhem no caderno o que foi visto. Existem vestígios deixados pelos animais, como, por exemplo, suas pegadas ou penas (no caso das aves)? Proponha discussões a partir das ideias: Será que conseguimos enxergar as pegadas no asfalto ou calçada? Como podem ser encontrados ou indicados os possíveis locais de abrigo e alimentação dos mesmos? Algum educando percebeu a existência de líquens e musgos? Como as plantas como árvores, arbustos e ervas estão dispostas? Elas foram plantadas ou nasceram espontaneamente?

Essas reflexões ajudam os educandos a entenderem a causa dos acidentes, quando ocorrem intempéries (ex.: queda de árvores quando ocorre um temporal ou ventos muito fortes), e mais importante, a relevância dessa vegetação no que diz respeito à diminuição dos impactos ambientais causados pelo sistema urbano, como a absorção do dióxido de carbono e a manutenção do microclima, amenizando os efeitos das ilhas de calor, além de oferecer abrigo para pequenos animais e aves.

Uma abordagem simples para que os educandos vivenciem os efeitos das ilhas de calor é promover um repouso sob a incidência do sol e, após, sob a sombra de uma árvore. A diferença na sensação térmica será notada com facilidade e, assim, o educando perceberá como essas árvores oferecem melhoria à qualidade de vida urbana. Essas áreas de calor mais acentuadas podem ser registradas no painel, assim como sua variação, em decorrência das estações do ano (ex.: perda das folhas de árvores, queda de frutos ou sementes).

1. **INVESTIGAR:** As espécies de animais encontradas já tinham sido observadas anteriormente (em outras situações) pelo educando? Existe alguma espécie que não foi observada na saída, mas que já houve relato na família de encontro, convivência, histórias com aquele animal ou planta? Existe alguma história de família relacionada ao animal que ele gostaria de relatar? (Nessa hora seria interessante desmistificar possíveis mitos familiares, em relação aos animais relatados). As espécies encontradas são consideradas sinantrópicas ou silvestres? Por que elas estão presentes ali?
2. **REPRODUZIR:** as espécies identificadas podem ser agregadas, na região que foram encontradas, ao painel através de ilustrações ou fotos dos animais. Como dificilmente podem ser identificados os rastros desses animais (ex.: pegadas), pode ser criada uma oficina onde os educandos possam replicar as pegadas dos mesmos em gesso, a partir de um molde produzido com argila. A experiência de reproduzir as características da fauna estudada, a partir de representações em forma de escultura, também irá fazer com que o educando preste atenção aos detalhes dos animais e acabe explorando outras

formas de aprendizagem, como, por exemplo, através do tato. Cuide para evidenciar bem as características específicas dos animais, como, por exemplo, o rabo do rato, além de, se for possível, através do acesso a um museu de ciências naturais, o toque em penas de animais, mudas de serpentes, dentre outros;

3. **EXPLORAR:** a saída investigativa pode ainda ser realizada em dupla, onde um dos educandos é vendado e será conduzido pelo seu parceiro. O educando sem a venda irá descrever todo o ambiente para o educando vendado, que terá como percepção ambiental, o toque (textura dos troncos e folhas de árvores), sons e cheiros. Ao fim do percurso, ambos devem desenhar o percurso separadamente. Será interessante ver as diferentes percepções, devido ao diferente compartilhamento e experimentação de informações e sensações. Esse processo oferece um exemplo de como as mesmas experiências podem ser percebidas de formas diferentes pelas pessoas e poderá fazer com que percebamos o quanto não prestamos atenção aos detalhes do dia a dia.

É interessante pesquisar como ocorreu a transformação da área escolhida ao longo do tempo até os dias atuais. Como foi a evolução do uso do solo daquela região? Como eram essa rua, o bairro ou a região, antes da construção presente, atualmente? A recuperação destes dados pode ser feita através do uso de imagens aéreas disponíveis na rede, em museus ou acervos municipais. É possível realizar o inventário das imagens aéreas em bancos de dados *on-line* e gratuitos (Quadro 1).

**Quadro 1** – Exemplo de um banco de imagens aéreas e um programa de imagens tridimensionais do globo terrestre, ambos disponibilizados gratuitamente

<p>Catálogo de imagens disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020).</p>	<p>Link: <a href="http://www.dgi.inpe.br/CDSR/">http://www.dgi.inpe.br/CDSR/</a></p>
<p>Imagens disponibilizadas pelo Google Earth (GOOGLE EARTH, 2020).</p>	<p>Link: <a href="https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/">https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/</a></p>

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

1. **APROFUNDAR:** normalmente identificamos aquilo que nos chama a atenção e é de nosso interesse. Mas, e se fossem exploradas as espécies que não enxergamos? Existe uma ampla variedade de organismos invisíveis ao olho, mas que estão presentes no ambiente em que convivemos. A partir dessa informação, pode ser criado um meio de cultura para microrganismos caseiros, que permitirá o crescimento dos mesmos a partir da exposição a diversos locais (ex.: rua, sala de aula, pátio da escola, dentre outros).

**Para a realização do meio você irá precisar de:** um pacote de gelatina incolor, uma xícara de caldo de carne, um copo de água, um recipiente transparente para verter o meio.

**Passo a passo:** higienize bem as mãos e o local de trabalho; após dissolva a gelatina incolor na água, conforme as instruções do pacote e misture o caldo de carne. Após, verta nos recipientes de vidro, que podem ser potes reutilizáveis, pratos fundos ou placas de Petri, quando disponíveis (esterilize previamente com água quente o recipiente escolhido), deixe

repousando até a mistura solidificar; durante esse momento, tampe o meio de cultura com um plástico-filme para que este não seja contaminado.

Quando o meio já estiver pronto, retire o plástico-filme e deixe exposto nos locais onde se quer realizar a investigação dos germes. Depois de expor por, aproximadamente, 15 minutos, recoloque o plástico-filme e guarde-o em um espaço ao abrigo da luz e em temperatura ambiente. Espere até três semanas para observar o que irá crescer no meio!

Também pode ser explorado com os educandos, que, para se conseguir identificar que organismos são esses (em nível de espécie), são realizados testes de PCR (reação em cadeia da polimerase) em laboratórios, devido ao fato de eles serem muito pequenos para serem diferenciados. Para aprofundar, ainda pode ser aberto um espaço para discussão sobre os organismos geneticamente modificados, suas implicações para o ambiente e para a sociedade.

**Conclusões da atividade:** essa sequência de atividades busca despertar o olhar do educando para situações e paisagens que, por vezes, passam despercebidas, ou se tornam corriqueiras, mas que podem representar uma gama de interações e conhecimentos, como exemplo, a fauna e a flora presentes no ambiente urbano, que contribuem para a diversidade e para a qualidade de vida desse ambiente. Ainda, são propostas outras formas de atividades que estimulam a aprendizagem não tradicional.

## **Etapa 2: Jogo “Por onde vou?”**

A substituição dos ambientes naturais pelos construídos causa impactos ambientais que excedem os limites das cidades. Isso ocorre, porque o perímetro urbano não é capaz de produzir, ou produz em quantidades insuficientes, os itens básicos para sua subsistência, dependendo de áreas

externas às suas demarcações para gerar alimento, energia, abastecimento público e para destinar seus resíduos, ou seja, é um sistema aberto e dependente da entrada de recursos. A partir dessa ideia, foi desenvolvido o jogo intitulado *Por onde vou?*, que auxilia os educandos a compreenderem as dificuldades de locomoção, alimentação e sobrevivência dos animais, a partir da supressão de sua área de vida original, o que pode levar a encontrarmos animais que não são, necessariamente, urbanos, nas cidades.

**Para essa atividade serão necessários:** espaço aberto, giz colorido, uma caixa para o sorteio das cartas dos animais e a impressão do bioma a ser trabalhado, disponível no material presente no Apêndice B.

As informações sobre os animais ficam na frente da carta impressa. Para terminar de compor o material, imprima e cole o lado oposto relativo ao bioma no jogo. Caso você opte em unir as duas partes, imprima o número correspondente de vezes na parte de trás, para corresponder ao número de cartas dos animais e dos ambientes, como, por exemplo, na **Figura 1**.





**Figura 1** – Representação de uma das cartas presente no jogo *Por onde vou?*, presente no Apêndice B para ilustrar que podem ser impressos e colados na frente (ave) e no verso (bioma).



Fonte: Elaboração das autoras (2020).

**Desenvolvendo a atividade:** o manual de instruções está presente nas cartas do Apêndice B.

**Facilitando a aprendizagem:** se houver interesse em receber as cartas em tamanho ampliado para pessoas com baixa visão, ou por algum outro interesse, não hesite em enviar um *e-mail* para as autoras.

**Conclusões da atividade:** com o jogo é possível perceber, de forma simples e lúdica, as principais atividades antrópicas que impactam o meio ambiente natural e os organismos que vivem nele, em especial, como a maior parte dessas atividades estão ligadas, direta ou indiretamente, à urbanização, seja para suprir suas necessidades de produção de alimentos, geração de energia e transporte, como a substituição desses

ecossistemas por ambientes construídos. Além de ações humanas como a caça e o comércio ilegal de espécies silvestres e atropelamentos, o jogo também proporciona que o educando conheça mais sobre espécies encontradas nos biomas brasileiros.

### **Etapa 3: Biotecnologia urbana**

A biotecnologia está presente no ambiente urbano, em produtos que melhoram a nossa qualidade de vida, como alimentos, medicamentos e cosméticos. Além de *designs* mais sustentáveis, capazes de reduzir a poluição atmosférica e gerar energia, pode ser aplicada, também, no desenvolvimento de biocombustíveis e nas ações de redução de contaminantes, como metais pesados na água e no solo.

**Para a atividade você vai precisar de:** balança, uma colher, um recipiente de vidro, farinha, água mineral e o material disponibilizado no Apêndice C.

**Desenvolvendo a atividade:** reúna os educandos em torno de uma mesa e inicie o primeiro passo para fazer o fermento natural, explicando que é um processo relativamente demorado, que exige cuidados diários, porém nada complexo de realizar. Essa atividade terá a duração de, no mínimo, duas semanas. Nesse processo, pode ser abordado com os educandos o que é a fermentação, quais são os alimentos gerados a partir dela, quais são os microrganismos responsáveis, dentre outras questões que possam vir a surgir.

**Incrementando a atividade:** quando o fermento estiver pronto, proponha aos educandos um lanche fácil e diferente, porém que demanda mais tempo do que o normal, levando até dois dias para ficar pronto. No primeiro momento, siga com eles, até onde for possível, a receita de pão disponibilizada no Quadro 2.

## Quadro 2 – Receita e modo de preparo de um pão com fermentação natural

<b>Pão com fermentação natural</b>
<p><b>Ingredientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>500 g de farinha de trigo</li><li>400 ml de água</li><li>10 g de sal</li><li>150 g de fermento natural</li></ul>
<p><b>Modo de Preparo:</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. misture em uma bacia todos os ingredientes até formar uma massa uniforme (cuide para aproveitar toda farinha que ficar grudada nas laterais);</li><li>2. cubra com um pano e deixe crescer por cerca de 18 horas, até dobrar de tamanho (se estiver calor é mais rápido);</li><li>3. depois desse período, a massa terá dobrado de tamanho. Coloque-a em uma bancada e modele o pão no formato de bola, puxando a massa da extremidade para o centro;</li><li>4. prepare a bacia, ou um cesto de vime, com um pano de prato para uma segunda fermentação da massa. Antes de recolocá-la, polvilhe bastante farinha sobre a superfície do pano, coloque a massa de cabeça para baixo, com a emenda para cima;</li><li>5. deixe descansar por uma ou duas horas (dependendo da temperatura-ambiente);</li><li>6. cerca de 20 minutos antes de assar, coloque uma panela de inox com tampa (não pode ser de vidro) no forno pré-aquecido a 250°C;</li><li>7. retire a assadeira aquecida do forno, polvilhe farinha no fundo e vire a massa. Com uma faca faça duas incisões longitudinais, formando um “X”, com cerca de 1 cm de profundidade, coloque a tampa na panela e devolva-a ao forno;</li><li>8. espere assar por 25 minutos, retire a tampa e deixe assar por mais 25 minutos;</li><li>9. para saber se o pão está assado, retire-o do forno e bata no fundo, o barulho deve soar oco, caso contrário recoloque-o no forno;</li><li>10. quando estiver assado, retire do forno e coloque em uma grade para esfriar por 10 minutos.</li></ol>

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

Realize o lanche alternativo com os educandos, fazendo desse momento um ambiente de troca de ideias sobre os alimentos que estão sendo ingeridos atualmente, quais são os benefícios para a saúde humana e quais estratégias de conservação apresentam potencial interesse para a biotecnologia. Pode ser incorporado ao lanche alternativo algumas receitas com plantas alimentícias não convencionais (PANC) (Quadro 3).

**Quadro 3** – Exemplos de instituições que desenvolvem materiais didáticos gratuitos sobre o consumo e a produção de plantas alimentícias não convencionais (PANC)

<p><b>Livro de receitas com PANC</b> – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP) (ZANATTA; ABRAS, 2018). Traz um apanhado de onze receitas, com as PANC e ingredientes que fazem parte da alimentação escolar.</p>	<p>Link:  <a href="http://www.fsp.usp.br/site/wp-content/uploads/2019/07/receitas.pdf">http://www.fsp.usp.br/site/wp-content/uploads/2019/07/receitas.pdf</a></p>
<p><b>Instituto Kairós</b>  Oferece uma série de conteúdos gratuitos, que dão suporte à produção e ao conhecimento sobre as PANC (INSTITUO KAIRÓS, 2020).</p>	<p>Link:  <a href="https://institutokairos.net/biblioteca/">https://institutokairos.net/biblioteca/</a></p>

Fonte: Elaboração das autoras (2020).

Essa proposta pode ser utilizada para discutir com os educandos como a biotecnologia apresenta uma relação histórica com a produção de alimentos, desde processos antigos como a fermentação, até técnicas mais recentes, como fortificação e melhoramento genético de variedades. Esta ciência volta seus olhares para a biodiversidade da natureza, através de pesquisas com cultivares silvestres de variadas

espécies, sempre buscando inovação para a alimentação humana.

Essa discussão pode ser ampliada pela participação dos profissionais e do espaço da alimentação escolar. Para momento de fala, podem ser convidadas as(os) merendeiras(os) da escola, o profissional da nutrição que elabora o cardápio dos alunos, bem como pessoas ligada ao ramo alimentício e que têm participação nas atividades escolares ou na própria comunidade da escola. É sugerido que essas pessoas acompanhem a atividade do lanche coletivo, incorporando à dinâmica assuntos sobre a rotina da alimentação na escola, como, por exemplo: De onde vêm os ingredientes da merenda escolar? Como se prepara a merenda escolar? (Faça *links* entre os processos da cozinha e os processos bioquímicos e biotecnológicos.). Há diferença da merenda e alimentação de hoje em comparação com antigamente? (Aqui podem ser abertos relatos de demais professores, sempre levando em consideração a cultura local.)

**Conclusões da atividade:** essa prática envolve o educando pelos sentidos, despertando uma reflexão sobre a presença da biotecnologia no seu cotidiano, a partir dos aromas, gostos e das texturas dos alimentos. Direciona o olhar do educando para ações corriqueiras como, por exemplo, um lanche da tarde, que pode ser formado por uma série de conteúdos de seu currículo escolar.

**Para ir além:** uma comunidade é construída a partir de seus saberes e de suas necessidades; nesse cenário, a escola pode representar o elo entre conhecimentos antigos e novos. O ambiente urbano favorece o distanciamento emocional entre as pessoas e a natureza, além de dificultar a reconexão. Para que essa aproximação se torne menos abstrata, a agroecologia – movimento já consolidado em alguns centros

urbanos e peri-urbanos – pode ser uma estratégia através da produção de alimentos e ervas medicinais no ambiente escolar, usufruindo desse espaço para a construção de hortas e feiras orgânicas.

## Considerações finais

As cidades englobam uma gama variada de cenários e experiências, propiciando desde o isolamento até a aproximação com elementos construídos e naturais. Viver nesse ambiente tem o potencial de exercer significativas mudanças no cenário original, nos fenômenos naturais, na fauna e flora e nas pessoas que dividem esse espaço conosco. Em decorrência disso, é preciso pensar e agir em comunidade, ponderar sobre padrões de consumo e atitudes diárias, que refletem na vida de todos e exerce, diariamente, o nosso poder de mudança.

As abordagens trabalhadas neste capítulo já são praticadas ou, ao menos conhecidas, porém, através do olhar da Ecologia Urbana e da Biotecnologia, elas têm o intuito de resgatar o sentimento de que o ser humano é um agente dependente das redes sistêmicas formadas pela natureza; que esta não lhe serve apenas como recurso de subsistência, mas que o bem-estar e a saúde desse ambiente dependem de sua própria sobrevivência. Em contrapartida, ao cenário agitado do ambiente urbano, este capítulo propõe uma desaceleração da nossa rotina e uma reconexão com os elementos naturais, presentes no nosso cotidiano, e que possibilitam uma série de conhecimentos e reflexões.

## Referências

ASARI, A.Y.; ANTONELLO, I.T.; TSUKAMOTO, R.Y. **Multiplicas geografias: ensino – pesquisa – reflexão**. Londrina. Edições Humanidades, 2004.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HAPER, J. L. **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518-versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf). Acesso em: 26 maio 2020.

CHERIF, A. H. Urban ecology and school education. **B. C. Catalyst**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 12-15, 1989.

COHEN, B. J.; RØNNING, W. Aprendizagem baseada no lugar: utilização da natureza na educação de crianças pequenas em áreas rurais na Noruega e na Escócia. **Cadernos Cedex**, [s. l.], v. 37, n. 103, p. 393-418, 2017.

DIAS, G. F. **Elementos de ecologia urbana e sua estrutura ecossistêmica**. (Série Meio ambiente em debate, n.18) Brasília: Ibama, 1997.

DOCA, F. N. P.; BILIBIO, M. A. A (des)conexão criança e natureza sob o olhar da gestalt-terapia e ecopsicologia. **Phenomenological Studies-revista da Abordagem Gestáltica**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 379-387, 2018.

FAGUNDES, L. da C.; SATO, L. S.; MAÇADA, D. L. **Aprendizes do futuro: as inovações começaram!** São Paulo: Agência Espacial Brasileira, 2006. Disponível em: <http://www.oei.es/tic/me003153.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

FERNANDES, R. S.; MIRANDA, A. C.; QUINTÁNS, I. A cidade como campo da educação não formal e as experiências das crianças. **Cadernos de Pesquisa**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 147-166, 2018.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia. **Revista Acta Scientiae**, [s. l.], v.17, n. 2, p. 496-509, 2015.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GOOGLE EARTH. **Google earth**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (Inpe). **Catálogo de imagens**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

INSTITUTO KAIROS. **Biblioteca virtual**. Disponível em: <https://institutokairos.net/biblioteca/>. Acesso em: 5 jul. 2020.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim regional, urbano e ambiental**, [s.l.], jun. 2011.

KATTEL, G. R.; ELKADI, H.; MEIKLE, H. Developing a complementary framework for urban ecology. **Urban forestry & urban greening**, v. 12, n. 4, p. 498-508, 2013.

LIKENS, G. E. The ecosystem approach: its use and abuse. In: KINNE, O. (ed.). **Excellence in ecology**. International Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, 1992. 1.3.

- McDONNELL, M. The history of urban ecology: an ecologist's perspective. In: NIEMELÄ, J. et al. (ed.). **Urban ecology: patterns, processes applications**. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- MIYAMOTO, J.; COLLET BRUNA, G. Ecologia urbana: conceitos, pré-conceitos e pós-conceitos. **arq.Urb**, [s. l.], v. 27, 2020.
- MULLER, J. **Orientação básica para o manejo de arborização urbana**. Edições FAMURS. Porto Alegre: Nova Prova, 1998.
- PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. de. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **R. gest. sust. ambi-ent.**, [s. l.], v. 6, n.1, p. 67-82, 2017.
- SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente. **Caderno de Educação Ambiental de Fauna Urbana**. São Paulo, 2013.
- SARMENTO, M. J. Infância e cidade: restrições e possibilidades. **Educação**, [s. l.] v. 41, n. 2, p. 232-240, 2018.
- SCHANK, R. **Teaching minds: how cognitive sciences can save our schools**. Disponível em: <https://www.rogerschank.com/teaching-minds-how-cognitive-science-can-save-our-schools>. Acesso em: 26 maio 2020.
- SEGURA, E.; KALHIL, J. B. A metodologia ativa como proposta para o ensino de ciências. **Reamec – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, [s. l.] v. 3, n. 1, p. 87-98, 2015.
- UNITED NATIONS (UN). **68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN**. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>. Acesso em: 24 maio 2020.
- WU, J. Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions. : the state-of-the-science and future directions. **Landscape And Urban Planning**, [s. l.] v. 125, p. 209-221, 2014.
- ZANATTA, F.; ABRAS, M. **Livro de receitas com PANC**. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <http://www.fsp.usp.br/site/wp-content/uploads/2019/07/receitas.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.



# Apêndice A

Material sobre a fauna urbana.



## ARTRÓPODES

### ARANHAS

Possuem hábito carnívoro e vida livre, geralmente solitárias. Sua alimentação é constituída principalmente de insetos, esse comportamento ajuda no controle populacional das espécies predadas. Alguns de seus inimigos naturais são aves, lagartixas, sapos, rãs e até mesmo outras aranhas. Algumas espécies podem causar acidentes por possuírem um veneno tóxico para o homem, como a *Loxosceles* sp. (aranha-marrom) e a *Phoneutria* sp. (armadeira), principalmente por estarem adaptadas ao ambiente intradomiciliar.



### ESCORPIÕES

Esses animais têm hábito carnívoro, alimentam-se principalmente de insetos e aranhas, o que acaba realizando o controle populacional desses animais em ambientes urbanos. Bem como, a sua predação ocorre por camundongos, quatis, sapos, gambás, lagartos, corujas, gaviões, entre outros.

Dentre as espécies de escorpiões destacam-se três que podem causar acidentes ao ser humano, *Tityus stigmurus*, *Tityus serrulatus* e *Tityus bahiensis*.

### CUPINS

São insetos sociais que pertencem à ordem Blattodea. Vivem em colônias que apresentam um sistema de castas altamente desenvolvido. Sua alimentação baseia-se em celulose encontrada na natureza. Em sua maioria, os cupins não causam nenhum prejuízo à humanidade, pelo contrário, são importante na reciclagem de nutrientes dos ecossistemas, influenciando também na aeração do solo. Cerca de 10% dos cupins interferem negativamente no ambiente, causando prejuízos nas áreas urbanas e rurais.



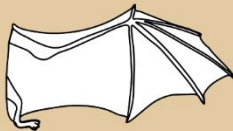
## MAMÍFEROS



### MORCEGOS

Possuem grande importância e são indispensáveis na cadeia ecológica pois, a partir de seus hábitos alimentares realizam a polinização de plantas, dispersão de sementes, controle de insetos e pequenos vertebrados. A sua presença no ambiente urbano é favorecida pela arborização e grande quantidade de insetos disponíveis, aliados das áreas vegetais originais em que essas espécies ocorrem.

ASA DE MORCEGO



Ao serem perturbados, independente do hábito alimentar, todos os morcegos podem morder e transmitir o vírus da raiva aos mamíferos, se estiverem contaminados. Um indivíduo contaminado, não significa que toda a colônia de morcegos também esteja. Animais infectados podem apresentar mudanças comportamentais, como falta de coordenação, tremores e paralisia, podendo ser encontrados em locais não convencionais, inclusive no período diurno.

## MAMÍFEROS

### RATOS



São os roedores de maior ocorrência no ambiente urbano, sendo que as espécies mais comuns são Mus musculus (camundongo), Rattus norvegicus (ratazana) e Rattus rattus (rato-de-telhado). Pela adaptação a vida com o ser humano, esses animais causam grandes prejuízos econômicos em função da sua busca por alimentos. Normalmente esses danos ocorrem em locais de armazenagem, em especial de cereais, raízes e carnes. Além de provocarem também danos a fios e cabos de eletricidade, de telefone e de fibra óptica.



PATA ANTERIOR

PATA POSTERIOR

Possuem o hábito de viver em pequenos grupos, geralmente com um macho dominante, uma ou duas fêmeas reprodutivas e suas ninhadas, podendo aumentar dependendo da disponibilidade de alimento e água. Essa proliferação favorece a transmissão de diversas doenças, como a leptospirose, causada pela bactéria Leptospira sp., presente na urina de ratos infectados e que acaba contaminando água, solo e alimentos.

## AVES

### POMBOS

São aves oportunistas de hábito onívoro, mas que se alimentam preferencialmente de grãos e sementes, podendo reaproveitar restos de alimentos ou até mesmo lixo. São muito bem adaptadas às cidades. São encontradas em todo o globo terrestre, com exceção das áreas polares. Nos centros urbanos podem viver aproximadamente de 3 a 5 anos, porém em condição de vida silvestre, 15 anos. Estabelecem seus ninhos em lugares altos, geralmente com materiais encontrados nas redondezas. Possuem um alto nível de natalidade e mortalidade.



Estão associadas à transmissão de várias doenças, como a criptococose, histoplasmose e ornitose, que são transmitidas pela inalação da poeira contendo fezes secas de pombos infectados por fungos ou rickettsia. Essas doenças podem comprometer o aparelho respiratório e também afetar o sistema nervoso central, no caso da criptococose.

PÁTAS ANTERIORES



PÁTAS POSTERIORES

### FAUNA SILVESTRE

Os animais silvestres encontrados em área urbana podem variar conforme a região de estudo. As espécies apresentadas aqui são inspiradas em registros da região sul do Brasil.

## ANFÍBIOS

### ANUROS



Os anuros são representados pelos sapos, rãs e pererecas. No geral, os anfíbios se caracterizam por ter duas formas de vida, a fase larval aquática e a fase adulta terrestre.

O processo de urbanização causa a descaracterização e a poluição de habitats, tornando esses animais suscetíveis em função das suas características fisiológicas. Possuem importância ecológica por serem bioindicadores ambientais e pela variedade de hábitos alimentares. Além disso, seus compostos bioativos são utilizados em pesquisas farmacológicas, já que apresentam potencial biotecnológico.

## AVES



### CORUJAS-BURAQUEIRAS

É uma ave de rapina que estabelece seus ninhos em áreas abertas ou semi-abertas. É uma espécie de hábito carnívoro-insetívoro, podendo consumir as presas conforme a disponibilidade, tendo preferência por roedores. Tem hábitos diurnos e noturnos, sendo mais ativa durante o crepúsculo. A sua presença em áreas urbanas ocorre devido à perda de seu habitat natural e a disponibilidade de alimentos.

### QUERO-QUEROS

Encontrados em áreas rurais e urbanas, sendo amplamente distribuído na América do Sul. Pode se alimentar de insetos, pequenos peixes e crustáceos e invertebrados aquáticos e terrestres. Ao se sentir ameaçado rapidamente emite um som de alarde, deste vem o seu nome popular. Os filhotes são geralmente predados por aves de rapina e lagartos.



### TUCANOS



Geralmente habitam matas de galeria, cerrados e capões, podendo sobrevoar frequentemente campos abertos. Pode ocupar espaços urbanos para a nidificação e alimentação, em virtude da amplitude de oferta, além da descaracterização do seu habitat natural. Pode ser visto aos pares ou em bandos de até 20 indivíduos. Alimenta-se de frutas, insetos e artrópodes, mas também costuma saquear ninhos de outras aves e devorar os ovos e filhotes.

## REFERÊNCIAS

IAP. Manual de rastros da fauna paranaense. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná – IAP. 70p. 2008.  
SÃO PAULO (ESTADO). Caderno de Educação Ambiental de Fauna Urbana. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2013.



## Apêndice B

Cartas do jogo “Por onde vou?”.

# Por onde vou?

1

### GLOSSÁRIO

#### HABITAT

**ANDINO:** que vem da região dos Andes (Chile).

**ASSOREAMENTO:** processo pelo qual o leito de um rio ou lago se eleva em função do acúmulo de sedimentos e detritos levados para dentro dele pela água das chuvas, que retira esse material por erosão de regiões desmatadas, próximas ou distantes.

**BURITIZAIS:** área de terra com predomínio da palmeira buriti.

**ENDÊMICO:** nativo de / restrito a determinada região geográfica.

**FLORESTAS PLUVIAIS:** caracterizada por receber uma grande quantidade de chuvas e apresentar elevados índices de evapotranspiração e biodiversidade.

**IGAPÓS:** são as vegetações que ocorrem ao longo dos rios de águas pretas ou claras. São periodicamente inundados e carregam baixa quantidade de sedimentos e nutrientes.

**MANGUEZAL:** é uma floresta tropical que consegue sobreviver em contato com a água do mar. É um sistema de transição entre os ambientes terrestre e marinho.

**OCO:** buracos nos troncos das árvores.

**PALMAIS:** áreas de terra com predomínio ou plantação de palmas.

**RESTINGA:** é um espaço geográfico formado por depósitos de areia, situados em áreas costeiras (praias).

**RIOS DE ÁGUA BRANCA:** rios com cor amarelada e barrenta pela considerável quantidade de argila presente na coluna d'água.

**SAVANA:** cobertura vegetal constituída, em geral, por gramíneas e árvores esparsas.

**VÁRZEA:** é um tipo de vegetação que ocorre ao longo dos rios e planícies inundáveis.

**VEGETAÇÃO RIBEIRINHA:** tipo de vegetação presente em espaços próximos a corpos d'água. Pode assumir fisionomia campestre ou florestal.

#### HÁBITO:

**ARBORÍCOLA:** vive em árvores.

**CREPÚSCULO:** período de claridade antes de se firmar o dia ou a noite.

**EMPOLEIRADO:** posição em que as aves ficam nos galhos das árvores.

**ESTRATO FLORESTAL:** porções da floresta que podem variar do chão até a copa das árvores.

**FORRAGEAR:** busca e exploração por recursos alimentares.

# Por onde vou?

2

## GLOSSÁRIO

### HÁBITO (continuação):

**GREGÁRIO:** indivíduos que se agrupam em populações mais ou menos estruturadas, permanentes ou temporárias, visando a proteção dos indivíduos que a compõem.

**MIGRATÓRIO:** espécie que sai do seu lugar de moradia por um período mais ou menos longo de tempo, para fins de reprodução e alimentação, retornando após certo período.

**PROLE:** filhote(s).

**QUADRÚPEDE:** que anda com os quatro membros.

**SAZONAL:** relativo à estação do ano; próprio de uma estação.

**SEMIQUÁTICO:** que habita tanto a terra como a água.

**TERRÍCOLA:** vive em ambiente terrestre.

**TERRITORIALISTA:** qualquer área geográfica que um animal de uma determinada espécie defende consistentemente contra outros indivíduos da mesma espécie.

### ALIMENTAÇÃO:

**EXSUDATOS:** líquidos orgânicos excretados pelas plantas, como, por exemplo, o látex.

**FOLÍVORO:** herbívoro especializado em comer folhas.

**FRUGÍVORO:** animal cuja dieta alimentar é composta principalmente de frutos.

**GENERALISTA:** animais que são pouco específicos, apresentando os mais variados hábitos alimentares.

**GRANÍVORO:** animal que tem como alimento principal ou exclusivo as sementes de plantas ou grãos.

**HERBÍVORO:** animal anatomicamente e fisiologicamente adaptado para comer material vegetal.

**NÉCTAR:** substância aquosa secretada pelos vegetais através de glândulas especializadas.

**ONÍVORO:** animal com capacidade de digerir diferentes tipos de alimentos, que incluem carner, proteína (como, por exemplo, o ovo) e plantas.

**OPORTUNISTA:** animal que escolhe os alimentos encontrados com maior facilidade.

### AMEAÇAS:

**AGRICULTURA MECANIZADA:** processo de usar máquinas agrícolas no trabalho da agricultura.

# Por onde vou?

3

## GLOSSÁRIO

### AMEAÇAS (continuação):

**CATIVEIRO:** local onde espécies de animais ficam presas.

**ESPÉCIES INVASORAS:** espécies exóticas (que vem de outro local) que se proliferam de maneira descontrolada, ameaçando o equilíbrio de um ecossistema.

**EXTENSIVO:** que é extenso, amplo.

**RETALIAÇÃO:** agressão sofrida por vingança.

### GLOSSÁRIO AMEAÇAS:

**ÁREA ORIGINAL:** ambientes naturais característicos de cada bioma.

**URBANIZAÇÃO:** substituição dos ambientes originais por cidades e polos industriais, que por sua vez podem contaminar a água, o solo e a atmosfera. Em ambiente urbano a fauna silvestre pode estar sujeita a eletrocução em cabos de energia, atropelamento em estradas, a caça e a transmissão de doenças por animais domésticos.

**ESTRADAS E RODOVIAS:** quando cortam ambientes preservados, oferecem risco de atropelamentos e podem representar uma barreira geográfica para determinadas espécies.

**CAÇA:** ocorre por diversos fatores, como, por exemplo, a retaliação pela morte de animais domésticos ou de criação e/ou após danos às lavouras. Também pode ocorrer para o comércio e o tráfico ilegal do animal vivo ou partes do seu corpo, como o couro, a gordura e o consumo de carne.

**AGRICULTURA E PECUÁRIA:** substituição de ambientes naturais por culturas ou pastagens, podem poluir o solo e a água devido ao uso de agroquímicos, mas também impactam devido ao revolvimento do solo por colheitadeira mecanizada, desmatamento, fragmentação e queima de habitats.

**MATRIZ ENERGÉTICA:** representada pela construção de hidrelétricas e barragens. Podem ocasionar o assoreamento das margens do rio e a criação de novas áreas alagadas.

**MINERAÇÃO:** provoca a poluição do solo e da água pela liberação de metais pesados e na descaracterização do ambiente natural pelo desmatamento.

## PESQUISA

Kétini Mafalda Sacon Baccin e Paula Mulazzani Candiago

## ILUSTRAÇÕES

Paula Mulazzani Candiago

Freepik / bgrfx-Freepik / rawpixel.com-Freepik / Titusurya-Freepik

## REVISÃO

Kétini Mafalda Sacon Baccin

# Por onde vou?

## MANUAL DE INSTRUÇÕES

Por onde vou? é um jogo que apresenta cartas coloridas de seis biomas com exemplos de animais que vivem nos mesmos. Os seis biomas brasileiros estão representados com animais característicos em 10 cartas por bioma (Amazônia - verde escuro; Caatinga - amarelo; Cerrado - laranja; Mata Atlântica - verde claro; Pampa - azul marinho; Pantanal - bordô). Além disso, cada bioma também possui cartas que representam os ambientes e a evolução de sua degradação. O jogo consiste em, a partir do bioma trabalhado e do animal sorteado, sobreviver aos desafios da degradação ambiental a partir da característica da espécie sorteada.

O objetivo é exemplificar de uma forma simples e lúdica, como a descaracterização de habitats interfere na vida dos animais silvestres e no equilíbrio ecológico. NÚMERO DE JOGARES: a partir de 2.

COMPOSIÇÃO: 1 MANUAL DE INSTRUÇÕES; 1 GLOSSÁRIO; 27 CARTAS, cada uma mostrando o ambiente original do bioma específico e a evolução de sua degradação; e 60 CARTAS, 10 para cada bioma, cada uma contendo um animal silvestre, nome científico, nome comum, HABITAT em que a espécie é geralmente encontrada, HÁBITOS DE VIDA, que incluem períodos de atividade, socialização e, em alguns casos, características mais específicas da espécie, ALIMENTAÇÃO, que contém elementos da dieta do animal, e as AMEAÇAS que impactam a vida e a população da espécie.

PREPARAÇÃO: escolha o bioma a ser trabalhado e separe as cartas dos animais relativos ao bioma e as cartas que representam o ambiente do mesmo. Como, por exemplo, o bioma Caatinga abaixo:



CARTAS DOS ANIMAIS PRESENTES NO BIOMA CAATINGA

CARTAS REPRESENTANDO O BIOMA CAATINGA OBSERVE A NUMERAÇÃO NA PARTE SUPERIOR DA CARTA E SUA RELAÇÃO COM A EVOLUÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO MESMO.

Após, se dirija para um espaço aberto, conforme a disponibilidade e, com um giz, represente no chão a área do bioma (representada pela carta ambiente 1).





# Por onde vou?

## MANUAL DE INSTRUÇÕES

### COMO JOGAR?

1 - Embaralhe as cartas dos animais e peça para cada jogador retirar uma (não tem problema se houver mais de dez jogadores e a mesma carta for tirada mais de uma vez).

2 - O jogador deve ver a carta e ler as características do animal que foi retirado. Ele irá se tornar aquele animal no jogo! Então irá interpretar os hábitos do animal retirado, e assim poderá, ou não, circular pelos cenários, conforme forem sendo disponibilizados.

Por exemplo, se eu retirar a carta que representa o catitu. A carta diz que eu (catitu) sobrevivo dentro de áreas desde floresta tropical úmida até regiões semi-áridas e áreas devastadas, e que minhas principais ameaças são a fragmentação e a destruição do habitat pela expansão urbana, agrícola e pela matriz energética e rodoviária, além de incêndios e caça intensa.

3 - Peça então para os jogadores se espalharem aleatoriamente dentro da área do bioma representada com o giz. Mas tome cuidado para se haver um animal aquático, o mesmo ficar presente na área que apresenta água nas cartas do ambiente. Essa posição inicial escolhida dentro do espaço, será sua área de vida inicial (Carta Ambiente 1 - Área Original).

4 - Agora avance o cenário. Começaram as modificações do ambiente! Seguindo ainda o exemplo do bioma Caatinga, casas começaram a ser construídas no ambiente (urbanização), estradas foram abertas para diversos fins (estradas) e algumas pessoas começaram a caçar pela região (caça).

Algumas dessas características me afetam (catitu)? Segundo as ameaças presentes na carta do animal, que sim! Ocorreu a fragmentação do meu habitat pela construção das casas e das estradas e há pessoas me caçando! Será que consigo sobreviver?

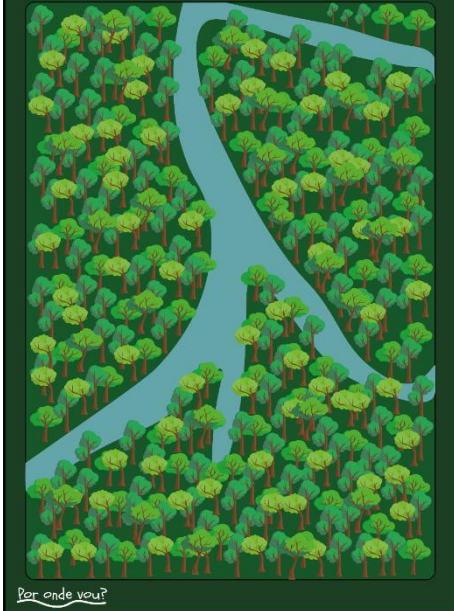
5 - Para saber se o jogador avança ou não para o próximo cenário, veja onde ele se encontra em relação a carta cenário. Se ele estiver posicionado no local das casas, das estradas ou da caça, pode ser que não tenha chance de escapar! Se o jogador não conseguir se movimentar para outra região do ambiente (dentro do espaço de giz) ele "morre" automaticamente. Sempre seguindo as características e pensando como o animal retirado (nesse caso o catitu!).

6 - Os animais (jogadores) sobreviventes, passam para o próximo cenário de modificação do habitat, que inclui o fogo e a pecuária (bioma Caatinga). Será que o lugar que estou (catitu) está, por exemplo, pegando fogo? Se sim, é muito difícil dos animais escaparem e assim, sou eliminado do jogo (ocorreu a morte do animal).

7 - O final do jogo se dá ao fim das cartas ambientes. Não há jogador ganhador ou perdedor, mas sim animais sobreviventes. A partir das análises do comportamento do animal, interpretação em qual ambiente conseguiria sobreviver, crie um momento de reflexão por ter se colocado no lugar do animais silvestres.



1 - AMAZÔNIA - AMBIENTE ORIGINAL



2 - AMAZÔNIA - DESMATAMENTO, URBANIZAÇÃO E ESTRADAS



Por onde vou?

3 - AMAZÔNIA - FRAGMENTAÇÃO, GADO E MINERAÇÃO



Por onde vou?

4 - AMAZÔNIA - FOGO E AGRICULTURA



Por onde vou?

5 - AMAZÔNIA - CAÇA E CAPTURA ILEGAL DE ANIMAIS



Por onde vou?



Imagem: Mathias Appel/flickr



aNaMbE-aZul

*Cotinga cayana*

**HABITAT** - pode ser observado na copa e nas bordas de florestas úmidas. **HÁBITOS** - repousa solitário por longos períodos no alto de ramos expostos, no início da manhã. Porém, é visto com mais frequência voando, ou em árvores com frutos, onde muitos indivíduos podem se reunir. **ALIMENTAÇÃO** - frutos, cupins e formigas.

**AMEAÇAS** - o desmatamento é a principal ameaça às populações.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Agnes Pozenato



jAcArÉ-aÇu

*Melanosuchus niger*

**HABITAT** - corpos de água influenciados pelos rios de água branca, com origem andina e rica em sedimentos. Pode ser encontrado também em áreas alagáveis, incluindo grandes rios e suas lagoas marginais, várzeas e igapós. **HÁBITOS** - noturnos. **ALIMENTAÇÃO** - juvenis alimentam-se de insetos, aranhas, caranguejos e caramujos, e conforme aumentam em peso e tamanho, podem comer peixes e mamíferos.

**AMEAÇAS** - criação de represas, desmatamento e caça.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Agnes Pozenato



lOnTrA

*Lontra longicaudis*

**HABITAT** - encontrada próxima a corpos de água, estando presente em rios, córregos e lagos e também associada a florestas úmidas, com boas condições de vegetação ribeirinha. **HÁBITOS** - solitárias, embora possam ser observados pequenos grupos. Utilizam qualquer cavidade disponível na margem do corpo de água como refúgio. **ALIMENTAÇÃO** - peixes e crustáceos.

**AMEAÇAS** - fragmentação de habitat, poluição da água e redução dos estoques pesqueiros, além da caça.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Luc Vatour/WikimediaCommons



mIcO-dE-cHeIRO

*Saimiri sciureus*

**HABITAT** - florestas sazonalmente inundadas, florestas secundárias, restingas e manguezais. **HÁBITOS** - são animais diurnos e arborícolas, possuem o hábito de passar urina pelo corpo para comunicação olfatória, a fim de demarcar seu território. **ALIMENTAÇÃO** - sementes, frutos ou insetos, dependendo da época do ano.

**AMEAÇAS** - perda de habitat, principalmente devido ao desmatamento, mineração e o aumento da matriz energética.

Por onde vou?

AMAZÔNIA



Imagem: Agnes Povenato



**pEiXe-BoI-dA-aMAZônia**  
*Trichechus inunguis*

**HABITAT** - Na estação chuvosa e águas altas, ocupa áreas de floresta alagada, como várzeas e igapós. Migra para lagos de terra firme e canais profundos dos rios principais na época de águas baixas.  
**HÁBITOS** - solitários, cuja relação mais duradoura é entre mãe e filhote. **ALIMENTAÇÃO** - herbívoro, se alimenta de grande variedade de plantas aquáticas e semi-aquáticas.  
**AMEAÇAS** - degradação do habitat em vistude do desmatamento, assoreamento nas margens dos rios e construções de hidrelétricas.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Agnes Povenato



**pReGuIça-comum**  
*Bradypus variegatus*

**HABITAT** - floresta tropical, com baixa altitude e com pouca variação de temperatura. **HÁBITOS** - arborícolas com atividade diurna ou noturna, podendo estar ativa numa dada manhã e, em poucos dias, ativa em plena madrugada. **ALIMENTAÇÃO** - herbívoras e folívoras, ou seja, se alimentam de folhas, ramos e brotos de várias plantas.  
**AMEAÇAS** - quedas, perda e fragmentação dos habitats naturais dos quais a espécie depende, o aumento de estradas e postes de luz (choques).

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Hector Botlai/WikimediaCommons



**sArIpOca-dE-gould**  
*Selenidera gouldii*

**HABITAT** - vive em matas de terra firme, matas de galeria, áreas de borda, buritizais, palmais.  
**HÁBITOS** - observado em casais, mas também sozinho ou em grupos de até 10 indivíduos. É uma ave barulhenta, e mostra-se bastante amigável. **ALIMENTAÇÃO** - frutos de embaúba (*Cecropia* sp.) e eventualmente insetos.  
**AMEAÇAS** - sofre impacto com a perda de seu habitat natural, em especial a supressão de grandes áreas e também com o tráfico ilegal de espécies.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Agnes Povenato



**sUçUaRaNa**  
*Puma concolor*

**HABITAT** - florestas úmidas tropicais e subtropicais, até florestas temperadas. Também está adaptada a ambientes abertos de pouca cobertura vegetal e áreas com algum grau de perturbação. **HÁBITOS** - é uma espécie solitária e territorialista, formando pares somente durante a época do acasalamento.  
**ALIMENTAÇÃO** - oportunista, podendo caçar pacas, tatus, coatis, aves e répteis em geral.  
**AMEAÇAS** - supressão e fragmentação de habitats, a retaliação por predação de animais domésticos e os atropelamentos.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Bernard Dupont/Wikimedia/Commons



+AQuARé

*Plica plica*

**HABITAT** - florestas primárias e secundárias de terra firme e várzea e em manchas florestais isoladas em áreas de savana. **HÁBITOS** - é uma espécie arbórea, raramente descendo ao solo. Seu período de atividade é diurno. **ALIMENTAÇÃO** - artrópodes. **AMEAÇAS** - destruição dos habitats.

Por onde vou?

AMAZÔNIA

Imagem: Allan Corral Anjos



+ATU-peBA

*Euphractus sexcinctus*

**HABITAT** - encontrado em áreas abertas, florestas secas e bordas de florestas. Pode também ser encontrado em florestas secundárias e até mesmo em lavouras. **HÁBITOS** - solitário, exceto na época reprodutiva e nos casos em que a mãe está acompanhada de filhote(s). **ALIMENTAÇÃO** - generalista, o que inclui insetos, vegetais (ex. bromélias, palmeiras e tubérculos, etc) e pequenos mamíferos.

**AMEAÇAS** - incêndios, caça e aumento do número de estradas, principalmente devido a atropelamentos.

Por onde vou?

AMAZÔNIA



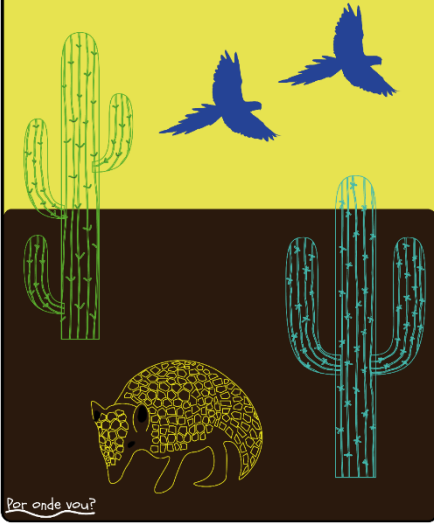
Por onde vou?



Por onde vou?



# CAATINGA



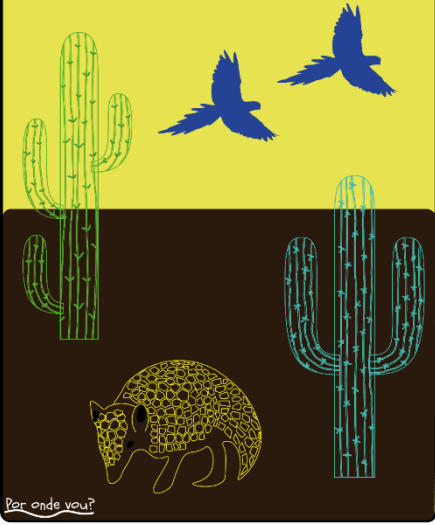
Por onde vou?

1 - CAATINGA - AMBIENTE ORIGINAL



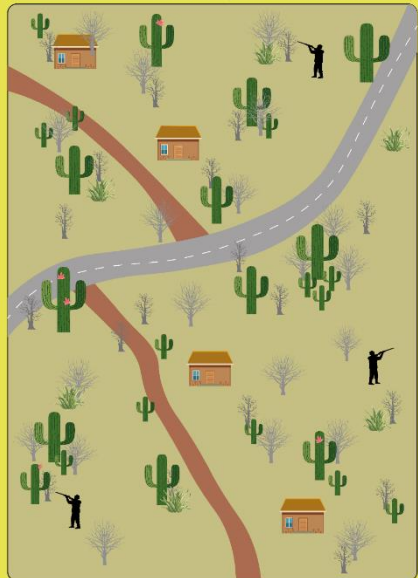
Por onde vou?

# CAATINGA

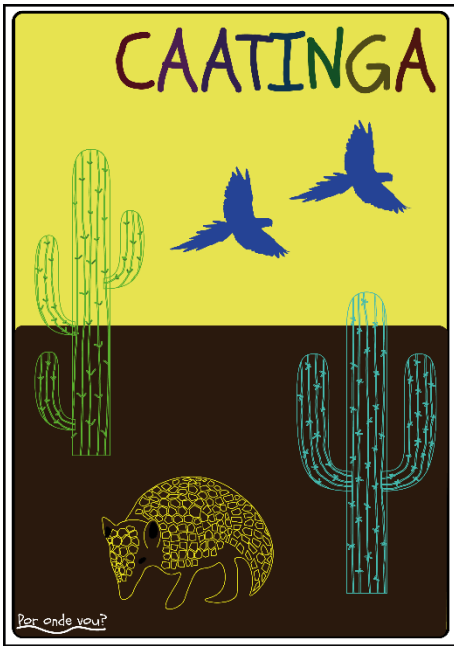
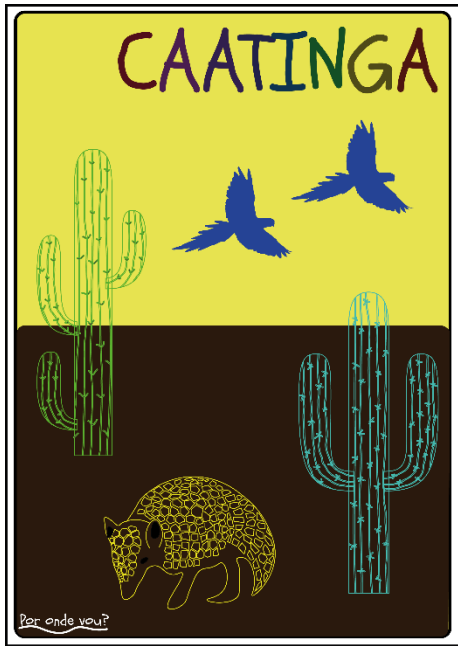
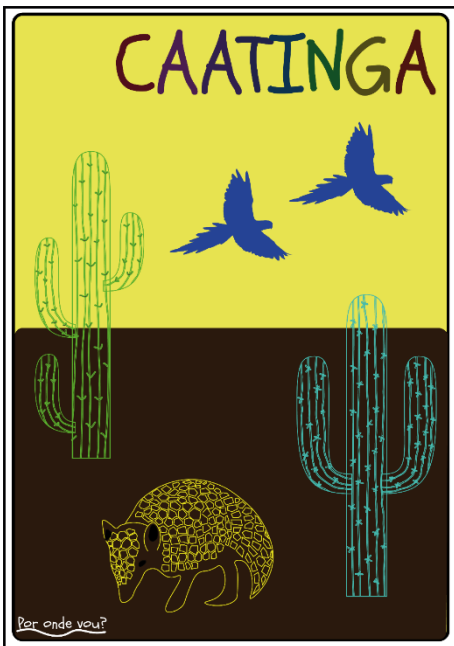
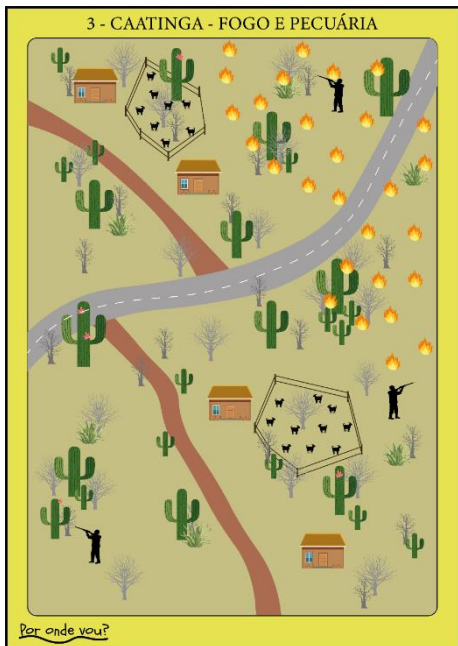


Por onde vou?

2 - CAATINGA - URBANIZAÇÃO, ESTRADAS E CAÇA



Por onde vou?



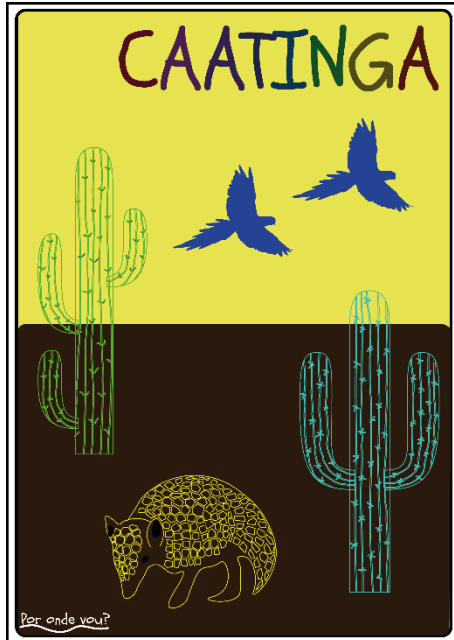
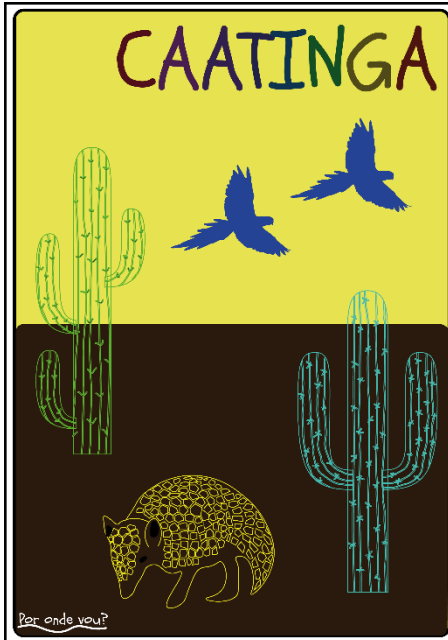


Imagem: Allan Corral Anjos



CAITU

*Pecari tajacu*

**HABITAT** - desde regiões de floresta tropical úmida a regiões semiáridas, conseguindo sobreviver mesmo em áreas devastadas. **HÁBITOS** - formam grupos de 5 a 15 indivíduos de diferentes faixas etárias, com um ou mais machos e várias fêmeas adultas.

**ALIMENTAÇÃO** - frutas, folhas, raízes, cactos e tubérculos.

**AMEAÇAS** - fragmentação e destruição do habitat pela expansão urbana, agrícola e pela matriz energética e rodoviária, além de incêndios e caça intensa.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: New Santos/Wikimedia/Commons



CORUPIÃO

*Icterus jamacaii*

**HABITAT** - áreas da caatinga e zonas secas abertas associadas a cactos. Também em bordas de florestas e clareiras. **HÁBITOS** - vive aos pares. É ávido na procura por água, tanto para matar a sede como para tomar banho. **ALIMENTAÇÃO** - onívoro. Se alimenta de frutos, sementes, insetos, aranhas e outros pequenos invertebrados.

**AMEAÇAS** - caça, tráfico de animais silvestres e destruição do habitat.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: Allan Corral Anjos



gAMBÁ De ORElHA BrAnCa

*Didelphis albiventris*

**HABITAT** - florestas, formações arbustivas, campos, zona rural e zona urbana. **HÁBITOS** - arborícolas, noturnos e solitários. **ALIMENTAÇÃO** - onívoros, consomem invertebrados, pássaros, pequenos mamíferos, cobras, lagartos, anfíbios, frutas e cereais.

**AMEAÇAS** - a destruição do seu habitat ameaça sua sobrevivência. No entanto, é um dos poucos mamíferos que consegue viver nas áreas ocupadas pelo homem, sendo muito comum em propriedades rurais, onde é morto. Também é atropelado.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: Yman Chen/Wikimedia/Commons



JARARACA DA SECA

*Bothrops erythromelas*

**HABITAT** - endêmica da Caatinga. Prefere viver em áreas naturais florestadas ou não, mas consegue se adaptar a áreas urbanas. **HÁBITOS** - apresenta comportamento agressivo, em especial durante a noite, quando costuma sair para caçar, mas pode ser encontrada de dia também. **ALIMENTAÇÃO** - roedores.

**AMEAÇAS** - perda do habitat natural pela expansão da agricultura e urbanização.

Por onde vou?

CAATINGA



Imagem: Renato Augusto Martins/Wikimedia/Commons



PERERECÁ DE CAPACETE  
*Aparasphenodon brunoi*

**HABITAT** - desde regiões costeiras até áreas de mata em altitudes mais elevadas. **HÁBITOS** - escondem-se em bromélias durante o dia, saindo a noite para forrageio. As fêmeas depositam seus ovos principalmente em poças formadas em buracos no solo durante a estação chuvosa. A espécie apresenta veneno. **ALIMENTAÇÃO** - pequenos invertebrados. **AMEAÇAS** - perda do seu habitat pelo desmatamento.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: Gildasio Oliveira/Wikimedia/Commons



PREÁ DA CAATINGA  
*Cavia aperea*

**HABITAT** - campos, bordas de florestas, banhados e áreas rochosas. **HÁBITOS** - são basicamente noturnos e possuem hábitos sociais bem marcados. Abandona sua toca a noite, em pequenos bandos, por trilhas que já conhece. **ALIMENTAÇÃO** - herbívoros, se alimentando de ervas, folhas secas, casca de árvores, frutas e sementes. **AMEAÇAS** - alteração do seu habitat natural pela expansão agrícola e mecanizada, além da urbanização.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: Allan Corral Antjos



SAGUI-DE-TUFOS-NEGROS  
*Callithrix penicillata*

**HABITAT** - florestas úmidas, cerrado e cerradões. **HÁBITOS** - vive em grupos de 2 a 13 indivíduos. Todo os membros do grupo ajudam a cuidar dos filhotes. **ALIMENTAÇÃO** - frutas, insetos, ovos, pequenos vertebrados, néctar e exsudados de plantas (ex. resinas, látex). **AMEAÇAS** - fogo, expansão de áreas pela agricultura e pecuária, desmatamento, aumento da matriz rodoviária e perda, fragmentação e desconexão de habitat.

Por onde vou?

CAATINGA

Imagem: Miguelrangeljr/wikimediacommons



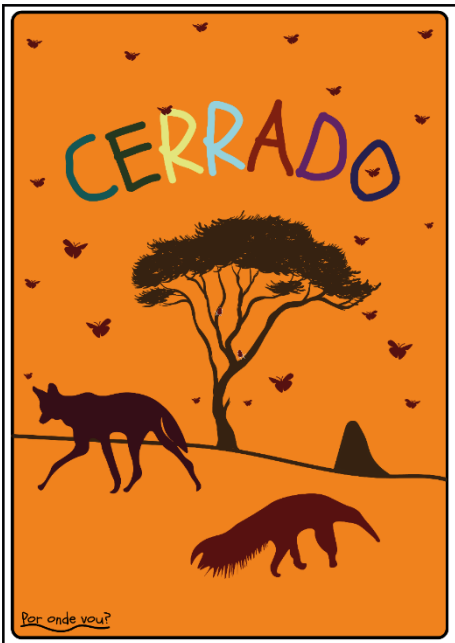
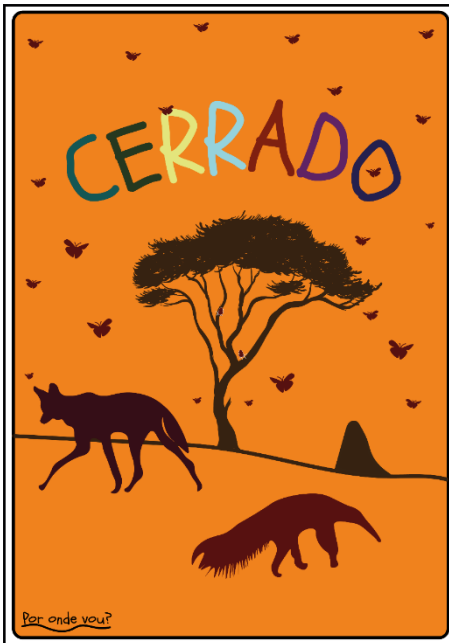
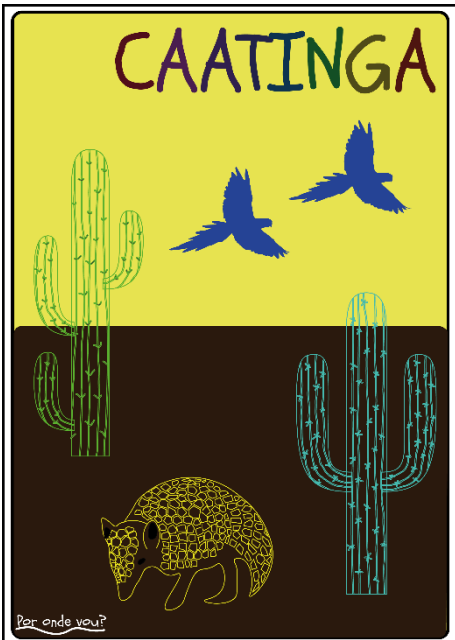
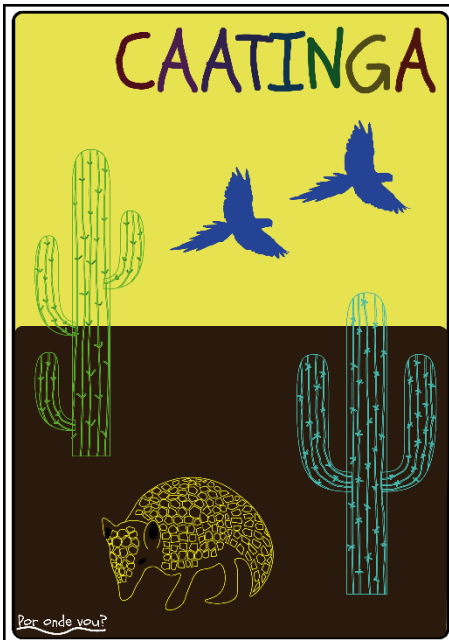
VEADO-CATINGUEIRO  
*Mazama gouazoubira*

**HABITAT** - ocorre desde florestas densas contínuas a savanas abertas com pequenas e poucas manchas de mata, mas sempre associados a florestas para abrigo e alimentação, se adapta a terras cultivadas. **HÁBITOS** - diurno e solitário, embora indivíduos possam ser vistos se alimentando muito próximos em época de pouca disponibilidade de alimento ou época de acasalamento. **ALIMENTAÇÃO** - frutas, flores e folhas. **AMEAÇAS** - caça, doenças transmitidas por animais domésticos, avanço da agricultura e destruição do seu habitat.

Por onde vou?

CAATINGA

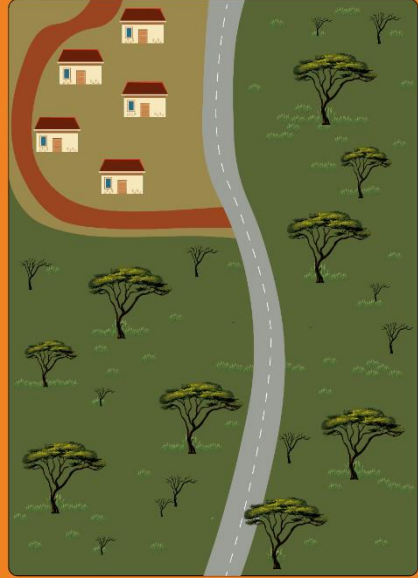
Imagem: Allan Corral Antjos



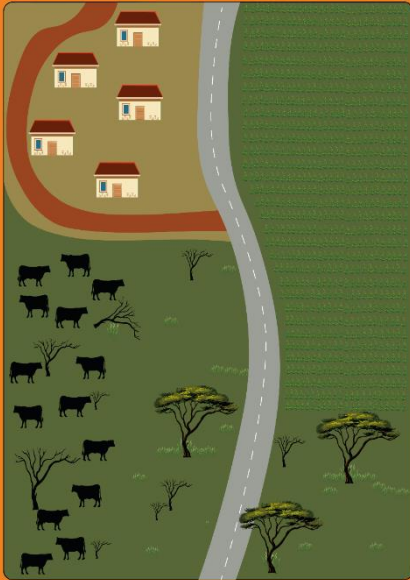
1 - CERRADO - AMBIENTE ORIGINAL



2 - CERRADO - URBANIZAÇÃO E ESTRADAS

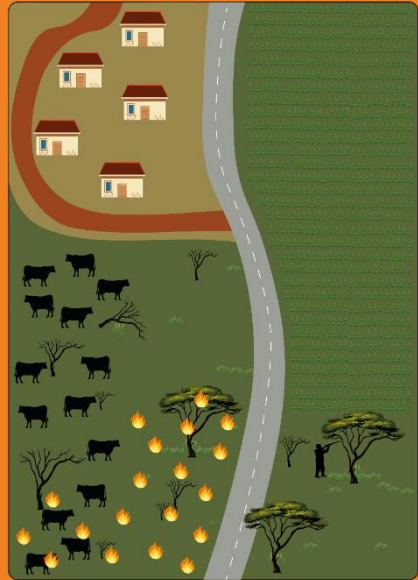


3 - CERRADO - DESMATAMENTO, AGRICULTURA E PECUÁRIA



Por onde vou?

4 - CERRADO - FOGO E CAÇA



Por onde vou?

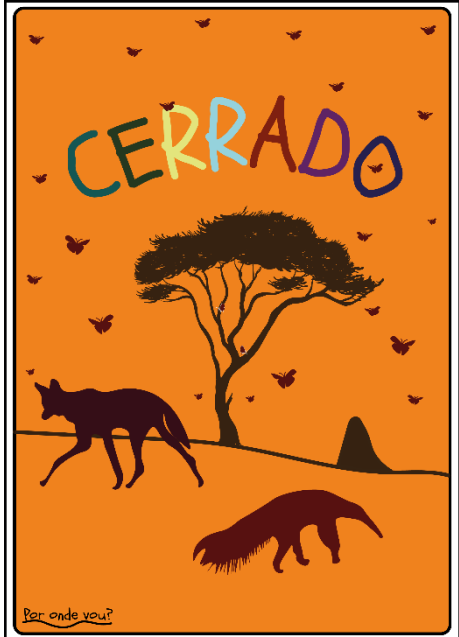
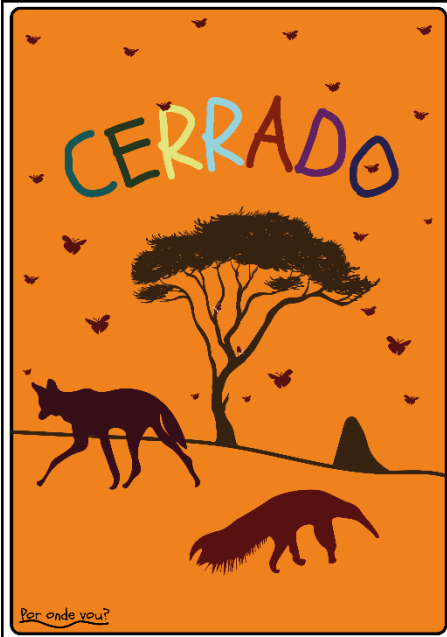
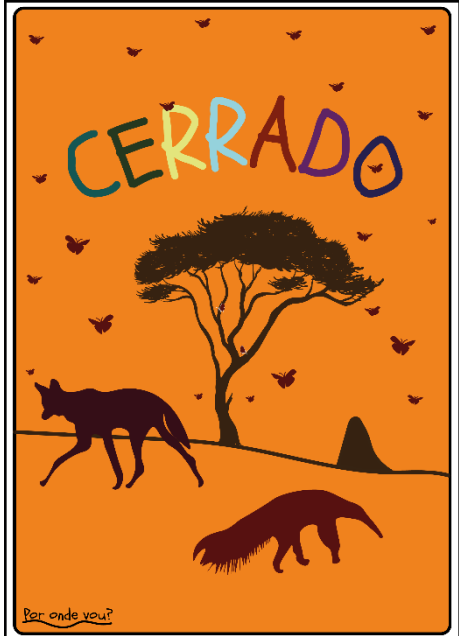
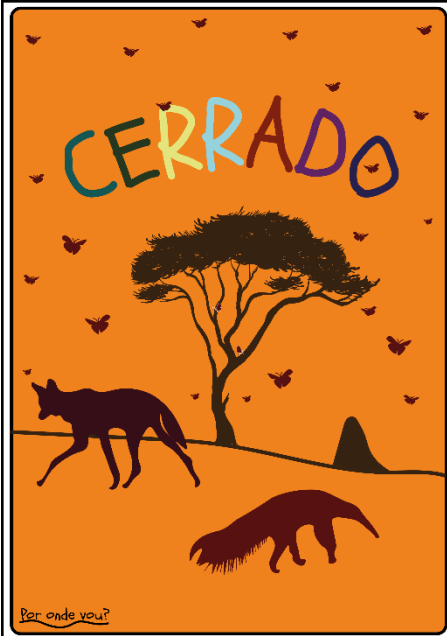




Imagem: Allan Corral Anjos



aNTA

*Tapirus terrestris*

HABITAT - ambientes florestais associados a fontes de água permanentes. HÁBITOS - permanecem inativas e descansam durante o dia. No período da noite saem para se alimentar. ALIMENTAÇÃO - folhas e fibras, mas frutos também são um importante recurso alimentar.

AMEAÇAS - desmatamento e/ou alteração do habitat, agricultura e pecuária extensiva, caça, fogo e atropelamento em estradas.

Por onde vou?

CERRADO

Imagem: Allan Corral Anjos



aRaçaRi-CaSTAnHo

*Pteroglossus castanotis*

HABITAT - mata alta, sobretudo as copas das árvores. Frequentemente ainda buritizais, matas secas e plantações como, por exemplo, as de embaúba, mamão e banana. HÁBITOS - Vive em bandos e costuma beber água e tomar banho em bromélias no topo das árvores. ALIMENTAÇÃO - baseada em frutos, mas podem consumir flores, insetos e ovos e filhotes de outras aves.

AMEAÇAS - alteração do habitat, caça e comércio ilegal para criação em cativeiro.

Por onde vou?

CERRADO

Imagem: Agnes Pozenato



cAlAnGo

*Tropidurus torquatus*

HABITAT - áreas abertas, campos rochosos, restingas, áreas antropizadas e urbanas. HÁBITOS - são animais diurnos, apresentam o costume de se esconder em pequenas tocas principalmente nas horas quentes e também à noite. ALIMENTAÇÃO - onívoro, consumindo principalmente invertebrados. AMEAÇAS - extração de areia e vegetação das dunas, que causa a retirada e desestabilização do seu habitat.

Por onde vou?

CERRADO

Imagem: Agnes Pozenato



jAgUaTiRiCa

*Leopardus pardalis*

HABITAT - grande variedade de ambientes, que vão desde áreas florestadas e pluviais até formações abertas e secas, porém desaparecendo de locais que não possuem vegetação natural. HÁBITOS - é ativa durante o crepúsculo-noite. São geralmente solitárias. ALIMENTAÇÃO - pequenos mamíferos a mamíferos de grande porte, dando destaque para roedores. AMEAÇAS - perda e fragmentação de habitats naturais, caça e atropelamentos.

Por onde vou?

CERRADO

Imagem: Agnes Pózenato



**João-bobo**  
*Nystalus chacuru*

**HABITAT** - mata de galerias e bordas, cerrado, campos de cultura (como cafezais), ruas arborizadas, beira de estradas e parques. **HÁBITOS** - vive em pequenos grupos familiares. Quando assustado fica imóvel e quando apanhado vivo, finge-se de morto para depois fugir inesperadamente.

**ALIMENTAÇÃO** - insetos e pequenos vertebrados, como lagartos e pererecas.

**AMEAÇAS** - descaracterização do seu habitat natural, caça e comércio ilegal para criação em cativeiro.

Por onde vou? CERRADO

Imagem: Agnes Pózenato



**lobo-guará**  
*Chrysocyon brachyurus*


**HABITAT** - áreas de campos e matas de capoeira. Também estão associados a baixadas alagadas que servem de abrigo e amenizam o calor. **HÁBITOS** - solitário, podendo ser observado em pares na época reprodutiva e durante os primeiros meses da prole.

**ALIMENTAÇÃO** - onívoro generalista cuja dieta varia conforme a estação do ano, consumindo grande diversidade de frutos e pequenos vertebrados.

**AMEAÇAS** - crescimento desordenado de centros urbanos e áreas de agropecuária, atropelamentos e perda e alteração do habitat natural.

Por onde vou? CERRADO

Imagem: Allan Corral Anjos



**pApAgAio-galego**  
*Alipiopsitta xanthops*

**HABITAT** - cerrado e centro-oeste brasileiro. **HÁBITOS** - vivem em bando, que podem variar de 40 indivíduos para busca de alimento e cerca de 90 no dormitório. No período de reprodução, o casal se afasta do bando e procura um oco, geralmente em um cerradão, para reproduzir. **ALIMENTAÇÃO** - sementes e frutos, tendo uma grande atração por mangas maduras.

**AMEAÇAS** - captura pelo tráfico, comércio ilegal e desmatamento do Cerrado.

Por onde vou? CERRADO

Imagem: Agnes Pózenato



**sErIeMa**  
*Cariama cristata*

**HABITAT** - áreas de cerrado, campos sujos e planaltos descampados. **HÁBITOS** - andam em casais ou em pequenos grupos. Quando perseguida, pode chegar a atingir de 40 até 70 Km/h, dando preferência para a corrida do que para o voo. À noite empoleira-se no alto das árvores. **ALIMENTAÇÃO** - gafanhotos e outros artrópodes, roedores, calangos, lagartixas e outros animais pequenos, incluindo cobras.

**AMEAÇAS** - caça e destruição e fragmentação de seu habitat.

Por onde vou? CERRADO

Imagem: Agnes Pozziato



# AmAnDuÁ-bAnDeIra

*Myrmecophaga tridactyla*

**HABITAT** - florestas a campos com plantações a diferentes altitudes, preferindo cerrados, campos limpos e ambientes florestais, que usam para se proteger do calor. **HÁBITOS** - terrestres e solitários, menos quando estão no período de reprodução e cuidando de seu filhote. **ALIMENTAÇÃO** - formigas e cupins, larvas e adultos de besouros e abelhas e provavelmente, mel.

**AMEAÇAS** - fogo, agricultura e pecuária, desmatamento, atropelamentos, fragmentação e redução do habitat.

Por onde vou?

CERRADO

Imagem: Luiz Carlos Rocha/Flicker



# vEaDo-MaTeIro

*Mazama americana*

**HABITAT** - de florestas densas contínuas a savanas abertas com pequenas manchas de mata, mas sempre associado a florestas para abrigo e alimentação.

**HÁBITOS** - territorialistas, diurnos e solitários, embora sejam vistos se alimentando muito próximos em épocas com pouco alimento ou na época de reprodução. **ALIMENTAÇÃO** - frutas, flores e folhas.

**AMEAÇAS** - caça, doenças transmitidas por animais domésticos e destruição e fragmentação do seu habitat.

Por onde vou?

CERRADO

# CERRADO



Por onde vou?

# CERRADO



Por onde vou?



1 - MATA ATLÂNTICA - AMBIENTE ORIGINAL



2 - MATA ATLÂNTICA - URBANIZAÇÃO





3 - MATA ATLÂNTICA - ESTRADAS, DESMATAMENTO



4 - MATA ATLÂNTICA - EXTRAÇÃO SELETIVA DE ÁRVORES, FOGO



5 - MATA ATLÂNTICA - PECUÁRIA, CAÇA E BARRAGENS



Por onde vou?



Por onde vou?

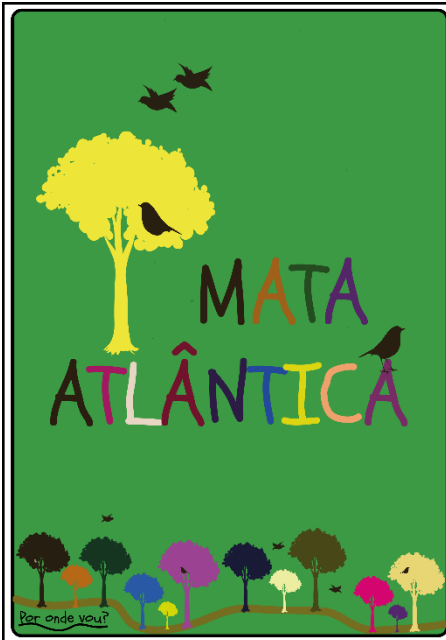


Imagem: Renato Augusto Martins/Wikimedia Commons



aRaçaRi-BaNana  
*Pteroglossus bailloni*

**HABITAT** - florestas densas de regiões montanhosas, pula de galho em galho nas copas das árvores altas. **HÁBITOS** - vivem em bando com 5 a 7 indivíduos, não tem o hábito de sobrevoar rios e lagos, mas pode se locomover de um fragmento de mata a outro.

**ALIMENTAÇÃO** - frutos, especialmente de embaúba e palmito, insetos e ovos e filhotes de outras aves.

**AMEAÇAS** - desmatamento e extração seletiva de árvores grandes, pois os buracos ocios dessas árvores fornecem abrigo à espécie.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Allan Corral Anjos



aChorro-do-Mato  
*Cerdocyon thous*

**HABITAT** - áreas abertas, campos e cerrados. Tolerante a perturbações antrópicas, utilizando lavouras, habitats em regeneração e paisagens suburbanas. **HÁBITOS** - territorialista, podem ser encontrados em grupos compreendendo um casal de adultos e 1 a 5 filhotes. Normalmente caça sozinho. **ALIMENTAÇÃO** - onívoro e oportunista. Consome frutos, insetos, pequenos mamíferos, aves, répteis, anfíbios e ovos de diversas espécies.

**AMEAÇAS** - atropelamento e morte por "vingança" devido a predação de animais domésticos.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Agnes Poyzenato



bugio-Ruivo  
*Alouatta guariba*

**HABITAT** - áreas de floresta, podendo ser ombrófila densa e mista (com araucárias), porém adaptados ao ambiente antropizado. **HÁBITOS** - arborícolas, raramente descem ao chão. Vivem em grupos e são ativos durante o dia e apresentam vários tipos de vocalizações. **ALIMENTAÇÃO** - folhas, frutos e flores.

**AMEAÇAS** - expansão urbana, atropelamentos, choques elétricos, expansão agropecuária, ataques de cães vulnerabilidade a epidemias e fragmentação florestal.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Agnes Poyzenato



coati  
*Nasua nasua*

**HABITAT** - florestal, mas são adaptáveis a áreas alteradas. **HÁBITOS** - diurno, forma bandos de até 30 indivíduos, habilidosos escaladores, utilizam as árvores para alimentação, abrigo e defesa.

**ALIMENTAÇÃO** - pequenos vertebrados, como roedores, aves, anfíbios, répteis. Podem revirar ninhos de aves em busca de ovos e filhotes.

**AMEAÇAS** - caça para consumo e vingança, perda do habitat natural e atropelamentos.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Kenny Ross/wikimedia commons

Imagem: Malene Thyssen/WikimediaCommons



**gato-maracajá**  
*Leopardus wiedii*

**HABITAT** - florestas, desde formações densas contínuas a pequenos fragmentos e ambientes alterados. **HÁBITOS** - solitário, arborícola, passa a maior parte de seu tempo caçando e descansando sobre as árvores. **ALIMENTAÇÃO** - pequenos mamíferos, aves arborícolas e répteis.

**AMEAÇAS** - perda e fragmentação das florestas, atropelamento e caça.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Marco Mello/flickr



**iPaRa**  
*Eira barbara*

**HABITAT** - vegetação florestal densa. **HÁBITOS** - ativa durante o dia, as vezes com atividade durante a noite. Usa os troncos das árvores para descansar. Solitária, mas as vezes vista em pares.

**ALIMENTAÇÃO** - dieta mista de vertebrados (incluindo macacos, preguiças juvenis, pequenos roedores, aves e lagartos), insetos, frutos e mel.

**AMEAÇAS** - perda e fragmentação da floresta e atropelamento.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Agnes Poyemato



**jacutinga**  
*Aburria jacutinga*

**HABITAT** - florestas primárias úmidas densas. **HÁBITOS** - podem viver em bandos de até 15 indivíduos, principalmente no pico da frutificação. Atualmente são encontradas sozinhas ou aos pares, provavelmente resultado da sobre-caça.

**ALIMENTAÇÃO** - polpa de frutos carnosos, em especial o palmito-juçara (*Euterpe edulis*).

**AMEAÇAS** - a espécie é altamente dependente de florestas conservadas e a perda, fragmentação ou degradação dos habitats pela urbanização e polos industriais é sua maior ameaça, além da caça.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: Jeroen Kraensen/WikimediaCommons



**mico-leão-dourado**  
*Leontopithecus rosalia*

**HABITAT** - espécie endêmica que ocorre em florestas de baixada com chuva sazonal. Pode sobreviver em florestas secundárias desde que estas tenham ocos de árvores para servir de dormitório ao grupo.

**HÁBITOS** - vive em grupos com média de 4 a 5 indivíduos, são territorialistas. **ALIMENTAÇÃO** - frutas, néctar de flores. Usam seus longos dedos para procurar pequenas presas escondidas em locais como, por exemplo, madeira morta.

**AMEAÇAS** - fragmentação da mata, expansão urbana, infraestrutura e contato com primatas invasores.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA



Imagem: Bill Bouton/Wikimedia Commons



**MURIQUE-DO-NORTE**  
*Brachyteles hypoxanthus*

**HABITAT** - espécie endêmica que ocorre em florestas densas e úmidas, com árvores que mantêm as folhas o ano inteiro, porém pode ser visto também em florestas de regeneração. **HÁBITOS** - arborícola diurno, vive em grupos, é nômade e pode se deslocar a grandes distâncias a procura de alimento. **ALIMENTAÇÃO** - folhas novas ou maduras, brotos, cascas de árvores e flores.

**AMEAÇAS** - fogo, caça, desmatamento e a substituição da floresta por áreas agrícolas.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA

Imagem: senhor fulano/wikimedia commons



**SAPO-CURURU**  
*Rhinella icterica*

**HABITAT** - áreas pantanosas e lagos, porém está adaptado a áreas urbanas. **HÁBITOS** - quando adultos são mais terrestres se comparado a outros anfíbios, recorrendo a ambientes aquáticos em época de reprodução e desova. **ALIMENTAÇÃO** - generalistas e oportunistas. Capturam invertebrados, como, insetos, escorpiões e lesmas.

**AMEAÇAS** - atropelamentos, diminuição do habitat natural.

Por onde vou?

MATA ATLÂNTICA



Por onde vou?



Por onde vou?

Imagem: Allan Corral Anjos



1 - PAMPA - AMBIENTE ORIGINAL



2 - PAMPA - URBANIZAÇÃO E GADO



3 - PAMPA - ESTRADAS, CAÇA, DESMATAMENTO



Por onde vou?

4 - PAMPA - FOGO E AGRICULTURA



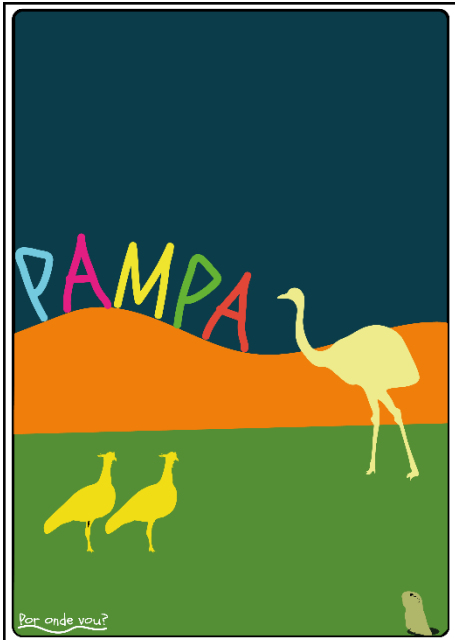
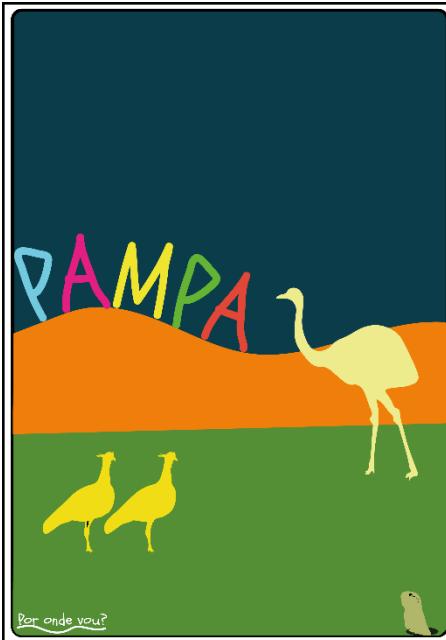
Por onde vou?



Por onde vou?



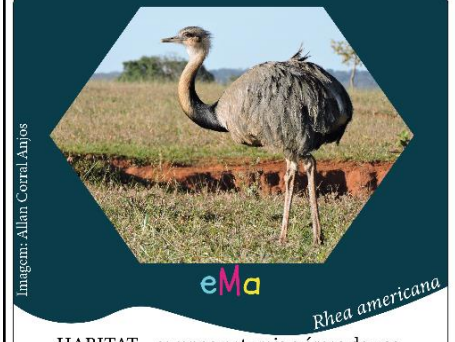
Por onde vou?



**HABITAT** - florestas secas, matas de galeria, plantações e áreas urbanas, de até 1.000 m de altitude.  
**HÁBITOS** - ave gregária, ou seja, vive em bandos de 15 a 50 indivíduos em “condomínios” construídos no topo das árvores. Espécie não migratória.  
**ALIMENTAÇÃO** - frutos, verduras, legumes, sementes de arbustos e capins, flores e brotos.  
**AMEAÇAS** - descaracterização do seu habitat natural e captura e comércio ilegal.

Por onde vou?

PAMPA



**HABITAT** - campos naturais e áreas de uso agropecuário (em especial pastos e plantios de soja), mas apenas onde não é alvo de perseguição.  
**HÁBITOS** - ave terrestre e corredora, não consegue voar. Ao se sentir ameaçada, foge em grande velocidade. **ALIMENTAÇÃO** - onívora, consome sementes, folhas, frutos, insetos, roedores, moluscos terrestres e outros pequenos animais.  
**AMEAÇAS** - substituição do habitat natural pela agropecuária, caça, abatimentos para “proteção das plantações” e atropelamentos.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: jairmoreira/fotografia/Wikimedia Commons



gATO-pAIHeIRO

*Leopardus colocolo*

**HABITAT** - áreas abertas, florestas, áreas de cultivos agrícolas, campos e pastos. **HÁBITOS** - variam as atividades entre os períodos noturnos e crepusculares.

**ALIMENTAÇÃO** - carnívora, composta de pequenos mamíferos.

**AMEAÇAS** - perda de habitat provocada principalmente pela expansão agrícola e pela silvicultura, além do fogo.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Nortondeles/Wikimedia Commons



pERDiZ

*Nothura maculosa*

**HABITAT** - áreas abertas, como os campos naturais, lavouras e pastos. **HÁBITOS** - vive solitária ou em casal. Acostuma-se facilmente a presença do homem e ao se sentir ameaçada se esconde em buracos ou se finge de morta. **ALIMENTAÇÃO** - onívora, constituída de frutos caídos no chão, sementes, moluscos, insetos, e outros artrópodes.

**AMEAÇAS** - descaracterização do seu habitat natural pela agricultura e a contaminação por agrotóxicos utilizados nas culturas.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Agnes Povenato



gRaXaIm-Do-CaMPo

*Lycalopex gymnocercus*

**HABITAT** - ambientes abertos, como campos limpos e pastos, mas podem ser encontrados em áreas de florestas e lavouras. **HÁBITOS** - ativos durante o dia e a noite. **ALIMENTAÇÃO** - onívoros, sua dieta varia geograficamente e pode conter roedores, aves, frutas nativas e exóticas, insetos e até carniça.

**AMEAÇAS** - transformação do seu habitat em áreas agrícolas, predação por animais domésticos e caça por “vigança”.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Ricardo Ghisi Tobaldini/diester



queRO-QuERo

*Vanellus chilensis*

**HABITAT** - banhados e pastagens, porém é frequentemente visto em áreas urbanas como estradas, campos de futebol e parques. **HÁBITOS** - é territorialista e emite sons característicos quando se sente ameaçado, embora esteja acostumado com a presença do homem. **ALIMENTAÇÃO** - insetos, crustáceos, moluscos e pequenos peixes.

**AMEAÇAS** - expansão do ambiente urbano e atropelamentos.

Por onde vou?

PAMPA



Imagem: Andrié Ganzanelli Martins/Wikimedia/Commons



**TATU-MUITA**  
*Dasypus hybridus*

**HABITAT** - campos nativos e pampas. Tende a evitar pastagens cultivadas e com menos frequência é visto em áreas florestais. **HÁBITOS** - escava tocas geralmente em solos arenosos, com uma única entrada. Desempenham suas atividades durante o período diurno.

**ALIMENTAÇÃO** - cupins, formigas e outros invertebrados.

**AMEAÇAS** - perda do habitat para a agricultura, pecuária e urbanização, predação por espécies exóticas, caça e atropelamentos.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Cláudio Dias Timm



**TUCO-TUCO-DE-COÍAR**  
*Ctenomys torquatus*

**HABITAT** - espécie endêmica no Estado do Rio Grande do Sul, ocorrendo em uma estreita faixa de campo. **HÁBITOS** - solitários. Permanecem grande parte de sua vida no interior de tocas escavadas sob o solo. **ALIMENTAÇÃO** - herbívoros, alimentando-se de gramíneas e folhas e raízes que nascem junto às saídas de sua toca.

**AMEAÇAS** - perda de seu habitat para a urbanização e agricultura, em especial as com colheita mecanizadas, e exploração de carvão mineral.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Fedaro/Wikimedia/Commons



**VEADO-CAMPEIRO**  
*Ozotoceros bezoarticus*

**HABITAT** - ambientes abertos, como campos e pastagens naturais. **HÁBITOS** - desempenha suas atividades principalmente no período noturno. Vive em pequenos grupos de no máximo 6 indivíduos.

**ALIMENTAÇÃO** - itens suculentos e leves com alto teor energético e de fácil digestão, como flores, folhas novas, gomos e arbustos.

**AMEAÇAS** - perda de habitat devido a urbanização e exploração agropecuária, caça e transmissão de doenças por animais domésticos.

Por onde vou?

PAMPA

Imagem: Shiraz Ferraz/flickr

Imagem: Inao/flickr



**ZORILHO**  
*Conepatus chinga*

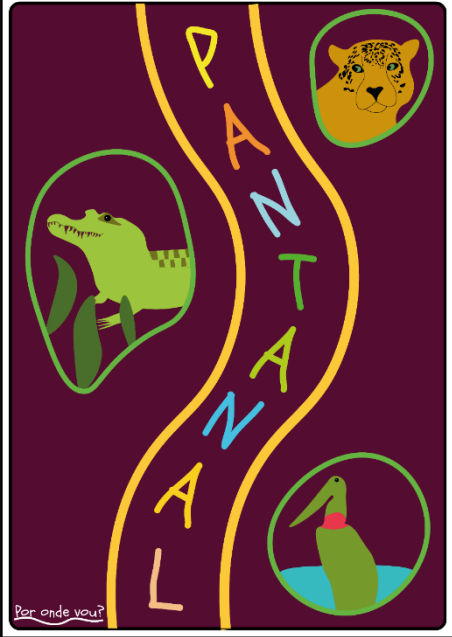
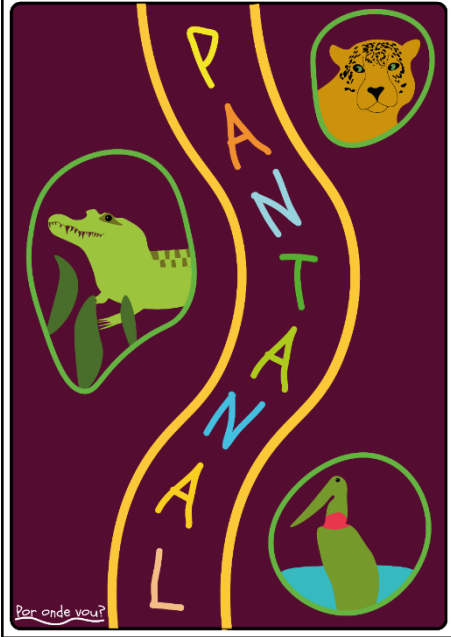
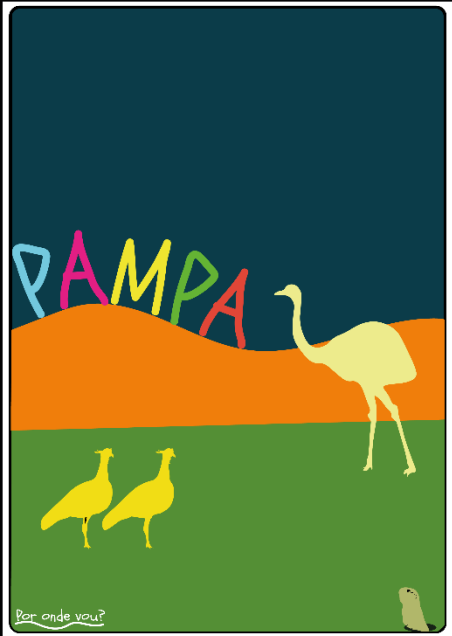
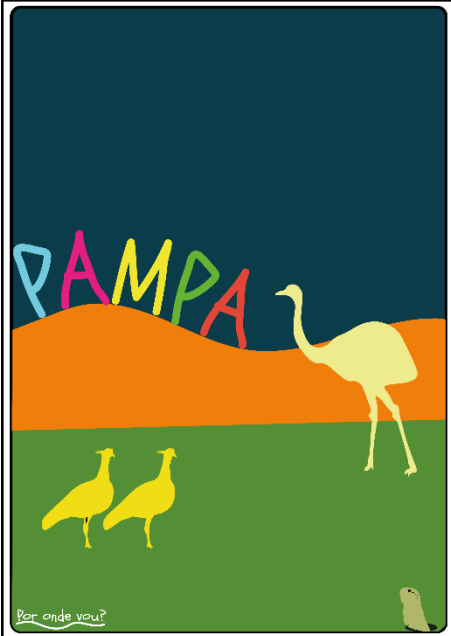
**HABITAT** - áreas abertas e formações campestres. Áreas de floresta podem representar barreiras para o deslocamento da espécie, porém pode ser encontrado em áreas de fragmentação de matas. **HÁBITOS** - terrestre, desempenha suas atividades durante o período crepuscular-noturno.

**ALIMENTAÇÃO** - insetos e pequenos vertebrados.

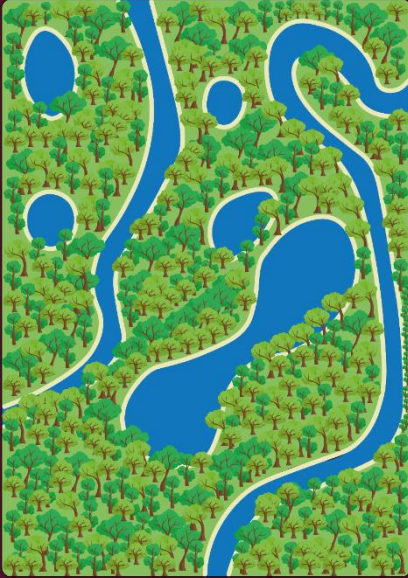
**AMEAÇAS** - caça, presença de animais domésticos, fogo em áreas adjacentes e também na área de ocorrência da espécie, alteração e fragmentação do habitat e atropelamentos.

Por onde vou?

PAMPA



1 - PANTANAL - AMBIENTE ORIGINAL



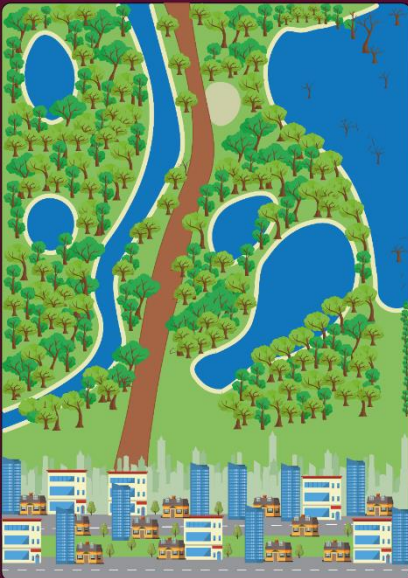
Por onde vou?

2 - PANTANAL - EXPANSÃO URBANA E BARRAGENS



Por onde vou?

3 - PANTANAL - ESTRADAS



Por onde vou?

4 - PANTANAL - PECUÁRIA



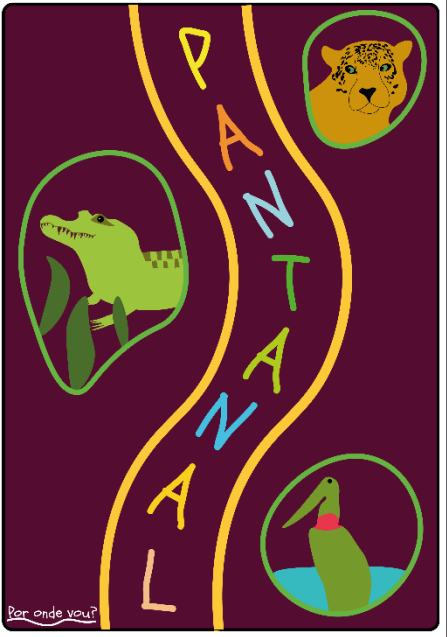
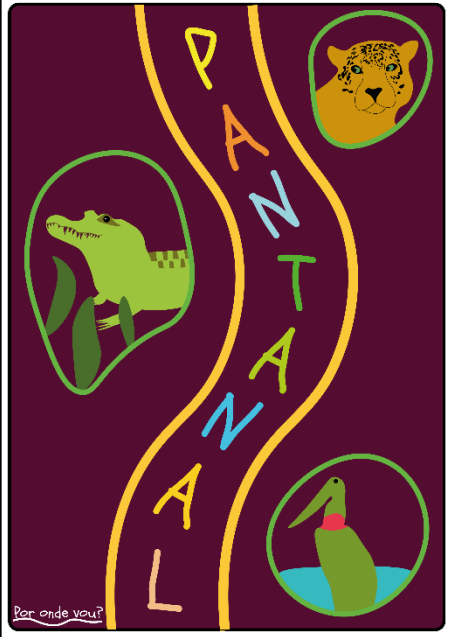
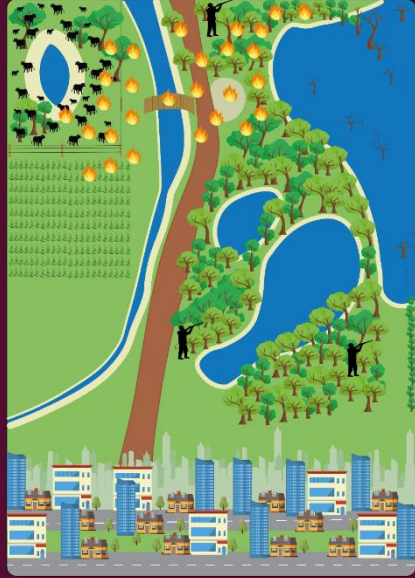
Por onde vou?

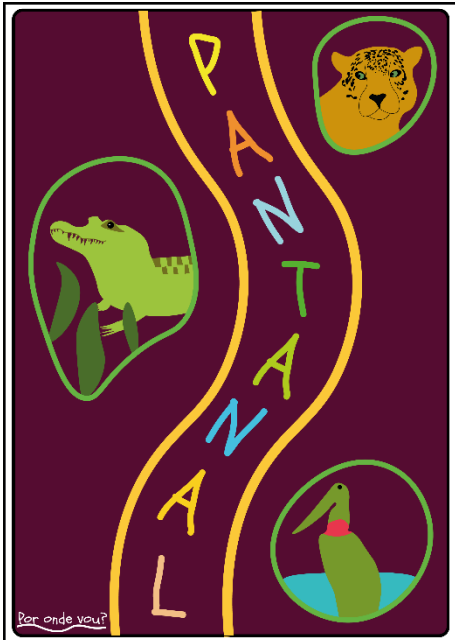
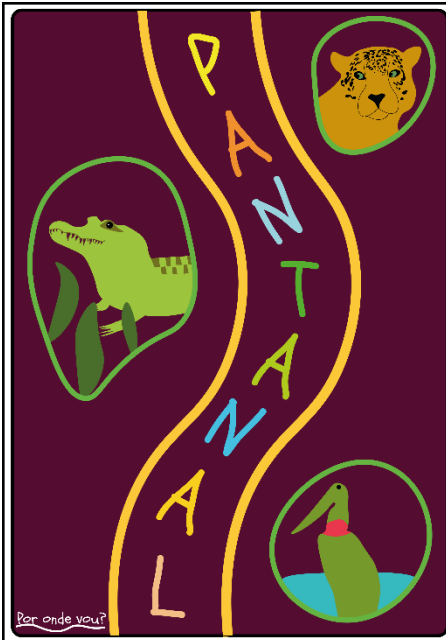


5 - PANTANAL - AGRICULTURA, CAÇA, CAPTURA ILEGAL DE ANIMAIS



6 - PANTANAL - DESMATAMENTO E FOGO





**HABITAT** - matas ciliares, matas de galeria, palmares, capoeiras e matas secundárias. **HÁBITOS** - vive tanto no solo, quanto nas árvores. É observado em bandos de até 30 indivíduos que ficam empoleirados nos galhos a procura de frutos. **ALIMENTAÇÃO** - folhas, frutos, sementes e flores, além de lagartas.

**AMEAÇAS** - caça, fogo, desflorestamento, substituição da floresta por áreas agrícolas e de mineração.

Por onde vou?

PANTANAL



**HABITAT** - áreas abertas, em matas que possuem palmeiras. Seus ninhos estão localizados na borda ou interior de cordilheiras e capões, bem como em áreas abertas para o pasto. **HÁBITOS** - sociais. Vivem em família, bandos ou grupos. São fieis aos locais de alimentação e reprodução. **ALIMENTAÇÃO** - sementes, em especial as de palmeiras.

**AMEAÇAS** - captura ilegal para o comércio nacional e internacional, fogo, destruição do habitat para agricultura.

Por onde vou?

PANTANAL



Imagem: Miguel Rangel/flickr

Imagem: Allan Corral Anjos

**bugIo-Do-PaNTAnAI**  
*Alouatta caraya*

**HABITAT** - florestas tropicais secas e inundadas, florestas contínuas, matas de galerias e remanescentes florestais. **HÁBITOS** - arborícola, que raramente descem ao chão. Vive em grupos, é ativo durante o dia e apresenta vários tipos de vocalizações. **ALIMENTAÇÃO** - folhas, frutos e flores.

**AMEAÇAS** - perda, fragmentação do habitat, aumento da matriz rodoviária e energética, agricultura, pecuária, fogo, caça e vulnerabilidade a epidemias.

Por onde vou? PANTANAL



Imagem: Allan Corral Anjos

**CaPIvARa**  
*Hydrochoerus hydrochaeris*

**HABITAT** - banhados e margens de rios ou lagoas, porém é semiaquática e conhecida por ocupar e se beneficiar de ambientes antropizados. **HÁBITOS** - ativa durante o dia. Pode viver em grupos de até 20 indivíduos. **ALIMENTAÇÃO** - gramíneas e vegetação aquática, incluindo o alface-da-água (*Pistia* sp.).

**AMEAÇAS** - caça - em razão da sua carne e couro, atropelamentos e poluição do ambiente por agrotóxicos.

Por onde vou? PANTANAL



Imagem: Allan Corral Anjos

Imagem: Agnes Pozzento

**cErVo-Do-PaNTAnAI**  
*Blastocerus dichotomus*

**HABITAT** - matas de várzea e também ao longo de rios e planícies inundáveis. **HÁBITOS** - diurno, mas pode ser tornar noturno em locais onde ocorre caça ou perseguição. **ALIMENTAÇÃO** - brotos de várias espécies arbustivas e plantas aquáticas de folhas largas.

**AMEAÇAS** - fogo, fragmentação das populações pela intensa perda de habitat, caça e disseminação de doenças por animais exóticos e domésticos.

Por onde vou? PANTANAL



Imagem: Bernard Dupont/flickr

**JaCARE-DO-PANTANAL**  
*Caiman yacare*

**HABITAT** - ambientes aquáticos na região pantaneira. **HÁBITOS** - semiaquático, vivendo principalmente em áreas alagadas. **ALIMENTAÇÃO** - grande variedade de invertebrados e vertebrados.

**AMEAÇAS** - redução e modificação do habitat devido a ocupação humana, desmatamento, atividades agropecuárias, industriais, poluição de ambientes, usinas hidrelétricas e caça.

Por onde vou? PANTANAL

Imagem: Agnes Povenato



**ONÇA-PINTADA**  
*Panthera onca*

**HABITAT** - floresta amazônica, mata atlântica, pantanal e cerrado. **HÁBITOS** - territorialista e solitária. É mais ativa no entardecer e durante a noite, mas também pode ser ativa durante o dia.

**ALIMENTAÇÃO** - dieta variada, composta de vertebrados de médio e grande porte, como, queixadas, catetos, preguiças, capivaras, veados, tatus e jacarés.

**AMEAÇAS** - destruição e fragmentação do habitat, fogo, caça predatória devido principalmente ao prejuízo econômico causado à criação de animais.

Por onde vou? PANTANAL

Imagem: Allan Corral Anjos



**RA**  
*Pseudis platensis*

**HABITAT** - lagoas de áreas abertas.

**HÁBITOS** - semiaquática e noturna. Os machos vocalizam mais do que as fêmeas, especialmente em dias de chuva. **ALIMENTAÇÃO** - insetos aquáticos e pequenos anfíbios.

**AMEAÇAS** - fogo, agricultura e pecuária extensiva e poluição do seu habitat.

Por onde vou? PANTANAL

Imagem: Bernard Dupont/flickr



**SUCURI-AMARELA**  
*Eunectes notaeus*

**HABITAT** - áreas que inundam anualmente.

**HÁBITOS** - não é uma serpente peçonhenta, ou seja, não produz toxinas capaz de matar. Utiliza a constrição, que consiste em envolver a presa com seu corpo, para capturar o alimento.

**ALIMENTAÇÃO** - peixes, tartarugas, jacarés, serpentes aquáticas, aves aquáticas, roedores e carniça.

**AMEAÇAS** - caça para comércio da pele e degradação e poluição do seu habitat natural.

Por onde vou? PANTANAL

Imagem: Allan Corral Anjos



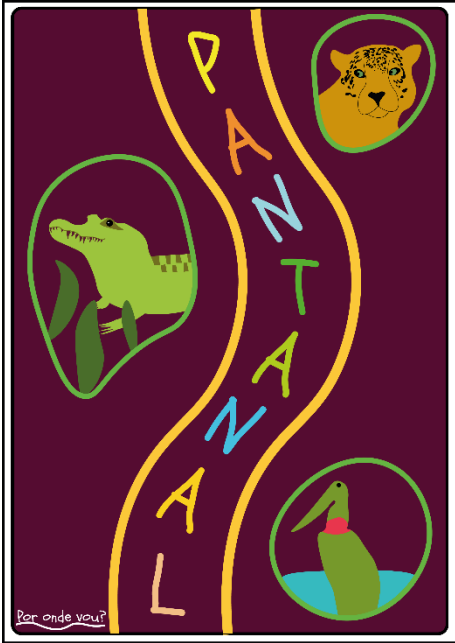
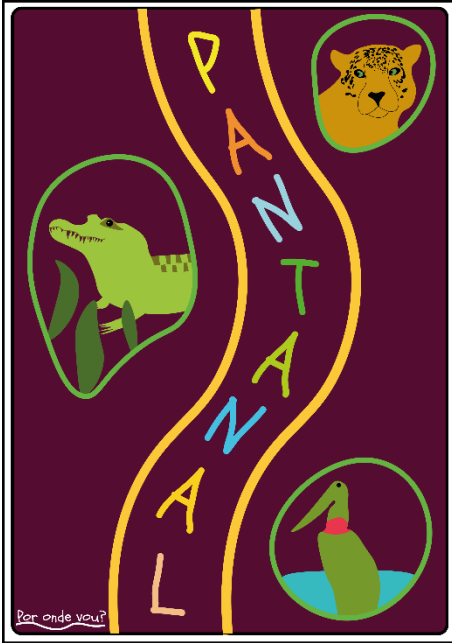
**TUIUIÚ**  
*Ibira mycteria*

**HABITAT** - corpos de água doce, como, brejos, pântanos, rios e lagos, principalmente em ambientes com árvores esparsas pelas margens ou por áreas abertas. **HÁBITOS** - ave migratória.

**ALIMENTAÇÃO** - animais aquáticos, como, peixes, sapos, cobras, filhotes de jacarés e tartarugas, moluscos e insetos.

**AMEAÇAS** - fogo, desmatamento, expansão da agricultura em áreas próximas a rios e uso de agroquímicos, agricultura e pecuária não sustentáveis, multiplicação de projetos de infraestrutura.

Por onde vou? PANTANAL





# Apêndice C

## Panfleto “Como fazer fermento natural”.

# COMO FAZER FERMENTO NATURAL..

O fermento natural consiste em uma cultura de leveduras selvagens, que estão naturalmente presentes no ambiente em que vivemos e são incorporadas ao fermento durante o preparo.

## O QUE VOCÊ VAI PRECISAR PARA COMEÇAR:

### BALANÇA



É importante medir corretamente as quantidades de cada ingrediente, para reduzir as chances de erro.

### UTENSÍLIOS



Higienize com água e sabão, após enxágue bem e finalize com água quente, para que fique o mais limpo possível.

### ÁGUA



Dê preferência para água mineral, reduz a chance de incorporar microrganismos indesejados ao fermento.

### FARINHA



Podê ser utilizada farinha de trigo branca ou integral, dando preferência para produtos orgânicos.

**IMPORTANTE: LAVE BEM AS MÃOS ANTES DE COMEÇAR O PROCESSO, ELAS SÃO FONTES NATURAIS DE MICRORGANISMOS.**



## PRIMEIRO PASSO



Com os seus utensílios devidamente higienizados, você vai colocar o seu recipiente sobre a balança e apertar o botão de tara, para que o peso do pote seja descontado. Após adicione 10g (ml) de água mineral e 15g de farinha (conforme a sua escolha), misture tudo com o auxílio de uma colher, cuide para que a cultura fique bem aerada.

Depois é só cobrir o recipiente com um papel toalha e prender com um elástico, assim o seu fermento poderá respirar durante o seu processo de crescimento, coloque-o em um lugar abrigado da luz e em temperatura ambiente.

Dica: é importante não fazer uma quantidade de fermento muito grande nesse primeiro momento, pois parte dele será descartada no dia seguinte.

## SEGUNDO PASSO

Dia de alimentar o seu fermento! Para isso você vai precisar de um segundo recipiente (que passou pelos mesmos processos de higienização que o do dia anterior), transfira 5g de fermento do dia anterior, adicione 10g (ml) de água mineral e 15g de farinha (mantendo a farinha que você utilizou no dia anterior). Cubra com papel toalha e prenda com um elástico, recoloque-o no mesmo lugar.

O fermento demora cerca de duas semanas pra ficar pronto, podendo variar dependendo do clima da sua região, em épocas mais frias a fermentação é mais lenta, já em épocas mais quentes o processo é mais rápido e exige maior observação.

**DURANTE OS PRIMEIROS DIAS O COMPORTAMENTO DO SEU FERMENTO VAI VARIAR MUITO, ESPECIALMENTE EM RELAÇÃO AO CHEIRO. PODENDO LEMBRAR ÁLCOOL, VINAGRE, LEITE, BANANA OU ATÉ MESMO APRESENTAR UM MAU ODO.**



### Como sei que o meu fermento está pronto?



Você vai saber que está pronto quando o comportamento do fermento permanecer igual por alguns dias, o odor estiver levemente alcoólico (mas não muito), e quando o crescimento diário for de 2 a 3 vezes o volume inicial.

Após isso armazene o recipiente na geladeira, lembre de retirar 1 dia antes do uso, realimentar e separar uma porção para manter como “fermento mãe”.



## Biografia dos revisores

### **Cátia dos Santos Branco**

*csbranc1@ucs.br*

Bacharel e licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Possui mestrado e doutorado em Biotecnologia pela UCS, tendo realizado doutorado sanduíche no Departamento de Farmacologia e Toxicologia da Universidade de Toronto, Canadá. Possui experiência em ensaios bioquímicos, moleculares, cultivo de células e desenvolvimento de novas propostas terapêuticas.

### **Felipe Gonzatti**

*fgonzatti@ucs.br*

Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas pela UCS. Mestre e doutor em Botânica pelo Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atua como professor adjunto da UCS e curador do Herbário HUCS, da mesma instituição. Possui experiência nas áreas de gestão de acervos, ensino de botânica, inventários florísticos, taxonomia e sistemática de plantas vasculares, em especial de samambaias e licófitas neotropicais.

### **Fábio Moura da Costa**

*fabiomoura.bio@gmail.com*

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria, mestrando no Programa de Pós-Graduação em Sistemática e Conservação da Diversidade Biológica da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS) e Museu de Ciências Naturais/SEMA. Técnico responsável pelo setor de zoologia do Museu de Ciências Naturais da UCS. Atuação e experiência em zoologia, ecologia de populações, biologia e



conservação de mamíferos, curadoria de acervos zoológicos e educação ambiental.

**Gustavo Sganzerla Martinez**

*gsmartinez@ucs.br*

Graduado em sistemas de informação pela UCS. Possui mestrado em biotecnologia no departamento de biotecnologia pela UCS. Especializado na biologia de arqueias, e possui experiência em desenvolvimento de sistemas de cunho biológico.

**Heloísa Theodoro**

*htheodor@ucs.br*

Graduada em Nutrição pela UCS, onde atualmente é professora adjunta e pesquisadora. Doutora e mestre em Saúde Coletiva pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos). Doutorado sanduíche pela University of Toronto, Canadá. Consultora clínica na franchising HAUX Company (clínica especializada na prevenção e tratamento da obesidade e doenças associadas).

**Johnatan Vilasboa**

*johnatan.vilasboa@gmail.com*

Graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura) pela UCS, é aluno de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular da UFRGS. Possui experiência em Bioprocessos de conversão de biomassa lignocelulósica, Controle alternativo de fitopatógenos e em Biotecnologia, Bioquímica e Fisiologia de plantas, com foco na propagação clonal de espécies arbóreas por estaquia.

**Marcos Vinicius Rossetto**

*mvrossetto@ucs.br*

Graduado em sistemas de informação pela UCS, é doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da

UCS e possui mestrado em biotecnologia pelo mesmo programa. A experiência acadêmica está relacionada com pesquisas de desenvolvimento de softwares aplicados à análise de dados biológicos.

**Nicole Anne Modena**

*modena.nicole@gmail.com*

Graduada em Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas pela UCS e mestrado em Biotecnologia pela mesma instituição. Tem experiência em biologia molecular, bioinformática, informática educativa e docência das disciplinas de ciências da natureza, matemática e ensino religioso nos anos finais do ensino fundamental. Atualmente, atua como servidora pública da rede municipal de ensino de Caxias do Sul.



## Biografia dos autores

### A importância do letramento científico

#### **Simone Côrte Real Barbieri**

*scrbarbi@ucs.br*

Doutora em Educação pela UCS. Mestre em Ética e Filosofia Política pela Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre. Docente na área de Humanidades da UCS. Coordenadora da Editora da Universidade de Caxias do Sul (EDUCS). Pós-Doutoranda em Educação na UCS, com interesse em pesquisa na formação docente e em biopolítica.

#### **Bruno Rossato**

*brossato@ucs.br*

Graduado em Ciências Biológicas pela UCS. Foi bolsista de Iniciação Científica no Laboratório de Limnologia e Toxicologia da UCS. Possui experiência em análises ambientais biológicas, com ênfase em análises ecotoxicológicas e em taxonomia de cianobactérias.

#### **Júlia Gabriele Dani**

*jgdani@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas – Licenciatura Plena pela UCS, é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Botânica da UFRGS. A experiência acadêmica está relacionada com identificação de plantas, manutenção de herbários, educação ambiental, divulgação científica e ensino de ciências.

#### **Fernanda Pessi de Abreu**

*fpabreu1@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas pela UCS, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular da UFRGS. Possui experiência em mineração e aplicação de

técnicas de inteligência artificial em dados biológicos, genética de fungos e expressão gênica diferencial em neoplasias.

**Scheila de Avila e Silva**

*sasilva6@ucs.br*

Graduada em Gestão da Tecnologia da Informação pela Unisinos e em Ciências Biológicas pela UCS. Possui mestrado em Computação Aplicada pela Unisinos e doutorado em Biotecnologia pela UCS. Possui experiência em análise de dados, integração de bases de dados biológicas e aplicação de técnicas de inteligência artificial em dados genômicos.

**A ciência como um processo – pensamento crítico e científico a partir da biotecnologia**

**Gabriel Dall’Alba**

*gdalba@phas.ubc.ca*

Graduado em Ciências Biológicas, mestrando no programa Genome Science and Technology pela University of British Columbia. Possui experiência em Bioinformática, Filosofia da Ciência e Filosofia da Educação. Atualmente, investiga as origens da multicelularidade através de modelos de diferenciação celular em ctenóforos.

**As cores da biotecnologia: o jogo da memória como facilitador para o ensino de biotecnologia**

**Beatriz Rosa de Azevedo**

*beatrizrdeazevedo@gmail.com*

Graduanda em Biotecnologia pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Possui experiência em Biotecnologia, Patologia

e Bioinformática, com foco em Genômica, predição de toxicidade e reposicionamento de fármacos.

**Michel Mendes**

*michel.mendes@ufg.br*

Professor do Departamento de Educação em Ciências do Instituto de Ciências Biológicas da UFG. Graduado em Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas; Especialista em Gestão do Ensino Superior; Mestrado e Doutorado em Educação pela UCS. Possui experiência na área de ensino de ciências e biologia, formação inicial e continuada de professores; em pesquisas sobre educação ambiental em ambientes formais e não formais e em aspectos ligados às discussões acerca da condição humana no Antropoceno.

**Thiago Lopes Rocha**

*thiagorochabio20@ufg.br*

Professor do Departamento de Biociências e Tecnologias, setor de Biotecnologia, do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública da UFG. Graduado em Licenciatura em Ciências Biológicas pela UFG; Mestrado em Biologia Celular e Molecular pela UFG; Doutorado em Ciências do Mar, da Terra e do Ambiente, especialidade Ecotoxicologia, na Universidade do Algarve – Portugal; Pós-doutorado em Biodiversidade Animal pela UFG; bolsista de produtividade em pesquisa CNPq. Possui experiência em ensino de Biotecnologia e pesquisas sobre Biotecnologia Ambiental, Ecotoxicologia, Toxicologia e Ciências Ambientais.



## **Aplicação de tecnologias digitais sobre o sono na aprendizagem de crianças**

**Cristina Oliveira de Araújo**

*crisoliverprado@hotmail.com*

Graduada em Letras Português/Espanhol pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e em Farmácia pela União Dinâmica Cataratas. Especialista em Atendimento Educacional Especializado. Mestranda em Ensino pela UNIOESTE. Possui experiência em docência no Ensino Fundamental, Coordenação Pedagógica e Gerência de Farmácia.

**Marines Andreazza de Oliveira**

*marines73andreazza@hotmail.com*

Graduada em Ciências Contábeis pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e em Matemática pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET). Especializações em Psicopedagogia, Saúde para Professores, Gestão Escolar, Atendimento Educacional Especializado. Mestrado em Ensino pela UNIOESTE. Professora de Educação Infantil da Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu desde 1998, atualmente desempenhando a função de Coordenadora Pedagógica junto ao Departamento de Educação Infantil na Secretaria Municipal de Educação.

**Silvana Telma de Lima Fritoli**

*silvana.fritoli@outlook.com*

Graduada em Pedagogia com ênfase em gestão, coordenação e orientação pela UNASP. Especialista em Neuropsicopedagogia pelo IAP e MBA em Gestão em EAD e Tutoria On-line pelo UNASP. Mestranda em Ensino pela UNIOESTE. Possui experiência em docência no Ensino Fundamental, orientação educacional e coordenação pedagógica.

**Rosane Meire Munhak da Silva**

*zanem2010@hotmail.com*

Graduada em Ciências Contábeis pela UNIOESTE e em Matemática pelo CEFET. Especialização em Psicopedagogia, Saúde para Professores, Gestão Escolar, Atendimento Educacional Especializado. Mestrado em Ensino pela UNIOESTE. Professora de Educação Infantil da Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu desde 1998, atualmente desempenhando a função de Coordenadora Pedagógica junto ao Departamento de Educação Infantil na Secretaria Municipal de Educação.

**Clodis Boscarioli**

*clodis.boscarioli@unioeste.br*

Graduado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Possui mestrado em Informática pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (USP). Possui experiência em análise de dados, interação humano-computador e tecnologias digitais na educação.

**Reinaldo Antonio Silva-Sobrinho**

*reinaldo.sobrinho@unioeste.br*

Graduado em Enfermagem pela Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR). Possui mestrado em Enfermagem pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e Doutorado e Pós-Doutorado na área da Saúde Pública pela USP. Possui experiência em Epidemiologia e Ensino.

**Adriana Zilly**

*aazilly@hotmail.com*

Graduada em Ciências Biológicas pela UNIOESTE. Possui mestrado e doutorado em Biologia pela UEM. Possui experiência em tecnologias digitais na educação com ênfase em vulnerabilidades de saúde e educação infantil.



## **Para que servem as enzimas produzidas pelos fungos?**

### **Júlia Gabriele Dani**

*jgdani@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas pela UCS (2020). Possui experiência em identificação de plantas, manutenção de herbários, educação ambiental, divulgação científica e ensino de ciências.

### **Fernanda Pessi de Abreu**

*fpabreu1@ucs.br*

Graduanda em Ciências Biológicas pela UCS. Atua como bolsista de iniciação científica no Laboratório de Bioinformática e Biologia Computacional da UCS. Possui experiência em mineração e aplicação de técnicas de inteligência artificial em dados biológicos, genética de fungos e expressão gênica diferencial em neoplasias

### **Nikael Souza de Oliveira**

*nsoliveira4@ucs.br*

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Técnico em enfermagem pela faculdade Fátima. Mestrando em Biotecnologia pela Universidade de Caxias do Sul. Possui experiência na área clínica de atendimento ao paciente como técnico em enfermagem. Além disso, possui experiência na área de pesquisa com triagem de enzimas e análises de Bioinformática com genômica e transcriptômica.

### **Scheila de Avila e Silva**

*sasilva6@ucs.br*

Graduada em Gestão da Tecnologia da Informação pela Unisinos e em Ciências Biológicas pela UCS. Possui mestrado em Computação Aplicada pela Unisinos e doutorado em Biotecnologia pela UCS. Possui experiência em análise de

dados, integração de bases de dados biológicas e aplicação de técnicas de inteligência artificial em dados genômicos.

## **Microrganismos: mocinhos ou vilões? Desmitificando a biotecnologia para crianças por meio do método científico**

**Willian Daniel Hahn Schneider**

*willianschneiderwhs@yahoo.com.br*

Graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela UCS (2012), mestre (2014) e doutor em Biotecnologia (2019) pela mesma universidade, com período de doutorado sanduíche no Centro de Investigações Biológicas de Madri, Espanha. Pós-doutor em Biotecnologia (2020) também pela UCS. É professor estatutário do município de Caxias do Sul, desde 2012, atuando principalmente nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, nas funções de professor, coordenador pedagógico e vice-diretor. Possui experiência em bioprocessos, bioengenharia, biocombustíveis, enzimologia, microbiologia e nanotecnologia.

## **Biotecnologia azul para uma cultura oceânica**

**Paula Mulazzani Candiago**

*pmcandiago@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas (Bacharelado) pela UCS. Possui experiência em ecologia aplicada, ecotoxicologia e educação ambiental. Atuou como bolsista no Laboratório de Toxicologia e Limnologia da UCS participando do Projeto Lagoas Costeiras.

**Kétini Mafalda Sacon Baccin**

*kmsbaccin@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado pela UCS. Possui experiência em métodos e estratégias de aprendizagem ativa em ciências e biologia, pela atuação como bolsista do PIBID – Ciências Biológicas e voluntária do Projeto LABIC UCS-CARVI. Atuou também como bolsista no laboratório de melhoramento genético da EMBRAPA Uva e Vinho, no qual desenvolveu atividades referentes a biologia molecular com ênfase no Banco Ativo de Germoplasma – Uva (BAG-UVA). Atuou ainda como bolsista BIC-UCS no Instituto de Saneamento Ambiental, participando dos projetos SI – Ambiental e Concentração de Metais em Tubarões e Peixes.

**Detetive Científico: desbravando mistérios através do DNA****Gladis Franck da Cunha**

*pmcandiago@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas com ênfase em genética pela UFRGS. Possui doutorado em Educação e mestrado em Genética e Biologia Molecular, ambos pela UFRGS. Atuou como docente do curso de Biologia na UCS.

**Raquel Cristina Balestrin**

*rcbalest@ucs.br*

Bacharel em Ciências Biológicas pela UFRGS. Possui mestrado em Genética e Biologia Molecular pela UFRGS. Tem experiência na área de Genética e Biologia Molecular, atuando principalmente nos seguintes temas: genética humana e de micro-organismos, terapia gênica, PCR, diagnóstico molecular.

## **Microrganismos na biotecnologia**

### **Nikael Souza de Oliveira**

*nsoliveira4@ucs.br*

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Técnico em enfermagem pela faculdade Fátima. Mestrando em Biotecnologia pela Universidade de Caxias do Sul. Possui experiência na área clínica de atendimento ao paciente como técnico em enfermagem. Além disso, possui experiência na área de pesquisa com triagem de enzimas e análises de Bioinformática com genômica e transcriptômica.

### **Scheila de Avila e Silva**

*sasilva6@ucs.br*

Graduada em Gestão da Tecnologia da Informação pela Unisinos e em Ciências Biológicas pela UCS. Possui mestrado em Computação Aplicada pela Unisinos e doutorado em Biotecnologia pela UCS. Possui experiência em análise de dados, integração de bases de dados biológicas e aplicação de técnicas de inteligência artificial em dados genômicos.

## **Genômica no cotidiano**

### **Gabriele Zenato Lazzari**

*gabriele.Lazzari@edu.pucrs.br*

Graduanda em Ciências Biológicas na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). Possui experiência com educação ambiental, genética evolutiva e biologia molecular. Atualmente é estagiária no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Centro Estadual de Vigilância em Saúde.

**William Lautert-Dutra**

*william.lautert@acad.pucrs.br*

Graduado em Licenciatura pela PUCRS (2020). Possui experiência como professor de educação básica e em toxicologia. Atualmente é aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP.

**Henrique Vieira Figueiró**

*henriquevf@gmail.com*

Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas pela PUCRS (2007/2009). Possui mestrado e doutorado em Zoologia pela mesma instituição (2010/2016). Possui experiência na aplicação de ferramentas de bioinformática na análise de dados genômicos de mamíferos. Suas linhas de pesquisa envolvem genômica evolutiva, com especial enfoque em estudos de seleção natural bem como genômica da conservação, com enfoque em espécies Neotropicais.

**Homossexualidade e genética: correlações e quebra de tabus no ambiente escolar****Micael Montemezzo**

*micael.montemezzo@hotmail.com*

Graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) pela UCS. Possui mestrado em Engenharia de Processos e Tecnologias pela UCS. Experiência em microbiologia industrial (mutagênese e fusão de protoplastos de fungos celulolíticos), ambiental (degradação biótica de polímeros sintéticos) e médica (desenvolvimento de biomateriais com propriedades antimicrobiana, e antibiofilme) e no ensino de Ciências e Biologia na educação básica.

## **Podemos trazê-los de volta? Se sim, deveríamos? – Discutindo as técnicas e as implicações éticas dos processos de desextinção de animais**

**Guilherme Brambatti Guzzo**

*gbguzzo@ucs.br*

Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela UCS, mestre em Zoologia pela PUCRS e doutor em Educação em Ciências e Matemática pela PUCRS. Atualmente, é professor da área do conhecimento da Vida da UCS e membro do quadro docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da mesma universidade. Possui experiência em ensino de ciências, história e filosofia da ciência, e pensamento crítico.

## **Solo e seus microrganismos: observação da biodegradação de celulose**

**André Luiz Montes**

*andreilm05@hotmail.com*

Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Mato Grosso. Possui mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e doutorando em Biotecnologia na UCS. Possui experiência em Microbiologia e Fitopatologia, micro-organismos endofíticos, controle biológico, extração de compostos químicos e caracterização de micro-organismos. Docente do Instituto Federal do Rio Grande do Sul.



**Joséli Schwambach**

*jschwambach@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas pela UFRGS. Possui mestrado em Biologia Celular e Molecular pela UFRGS e doutorado em Biologia Celular e Molecular pela UFRGS. Possui experiência com os seguintes temas: lenhosas, nutrição mineral, propagação vegetal, controle biológico e alternativo. Docente da UCS.

**Gamificação como método de prevenção do bullying no ambiente escolar****Daniele Higashi**

*daniele\_higashi@hotmail.com*

Graduada em Psicologia pela Faculdade Anglo Americano e Turismo pela UNIOESTE. Especialista em comportamento de grupo pela Sociedade Brasileira de Dinâmicas de Grupos, especialista em Ecoturismo, Psicóloga na Polícia Militar de Foz do Iguaçu pela SESP – Secretaria da Segurança Pública Paraná – Saúde Mental.

**Greice de Lima Cardoso**

*greice.cardoso@escola.pr.gov.br*

Graduada em Letras Português – Inglês na Universidade Paranaense. Especialista em Metodologia de Ensino à Língua Inglesa pela Universidade Pan-Americana e Educação de Jovens e Adultos pelo Instituto Brasileiro de Pós-Graduação e Extensão. Técnica responsável pelo Setor de Educação Profissional do Núcleo Regional de Educação de Foz do Iguaçu com experiência em docência no Ensino Fundamental e Médio.

**Josiane Custódio Jorge Ganja**

*josiane.ganja@escola.pr.gov.br*

Graduada em Ciências e Química pela UNOESTE. Possui Pós Graduação em Metodologia do Ensino de Química pelo CEFET e em Gestão Escolar pela Faculdade do Centro do Paraná. Participou do Programa de Desenvolvimento Educacional ofertado pela Secretaria de Educação do Estado do Paraná. Possui experiência como professora da Rede Pública Estadual do Paraná.

**Clodis Boscarioli**

*clodis.boscarioli@unioeste.br*

Graduado em Informática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Possui mestrado em Informática pela UFPR e doutorado em Engenharia Elétrica pela USP. Possui experiência em análise de dados, interação humano-computador e tecnologias digitais na educação.

**Rosane Meire Munhak da Silva**

*zanem2010@hotmail.com*

Graduada em Enfermagem pela UNIOESTE. Possui mestrado em Biociências e Saúde pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná e doutorado em Enfermagem em Saúde Pública pela Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da USP. Possui experiência em saúde materno-infantil com ênfase em enfermagem neonatal e obstétrica.

**Reinaldo Antonio Silva-Sobrinho**

*reinaldo.sobrinho@unioeste.br*

Graduado em Enfermagem pela UNESPAR. Possui mestrado em Enfermagem pela UEM e Doutorado e Pós-Doutorado na área da Saúde Pública pela USP. Possui experiência em Epidemiologia e Ensino.



**Adriana Zilly**

*aazilly@hotmail.com*

Graduada em Ciências Biológicas pela UNIOESTE. Possui mestrado e doutorado em Biologia pela UEM. Possui experiência em tecnologias digitais na educação com ênfase em vulnerabilidades de saúde e educação infantil.

**Descobrimdo o mundo dos fungos e suas aplicações biotecnológicas****Letícia Osório da Rosa**

*ticiaor@gmail.com*

Graduada em Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas pela UCS. Especialista em Educação para Sustentabilidade pela UERGS. Mestra e Doutora em Biotecnologia pela UCS. Possui experiência nas áreas de micologia, biotecnologia e educação.

**Ecologia urbana e biotecnologia: a interação que não vemos****Kétini Mafalda Sacon Baccin**

*kmsbaccin@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado pela UCS. Possui experiência em métodos e estratégias de aprendizagem ativa em ciências e biologia, pela atuação como bolsista do PIBID – Ciências Biológicas e voluntária do Projeto LABIC UCS-CARVI. Atuou também como bolsista no laboratório de melhoramento genético da EMBRAPA Uva e Vinho, no qual desenvolveu atividades referentes à biologia molecular com

ênfase no Banco Ativo de Germoplasma - Uva (BAG-UVA). Atuou ainda como bolsista BIC-UCS no Instituto de Saneamento Ambiental, participando dos projetos SI - Ambiental e Concentração de Metais em Tubarões e Peixes.

**Paula Mulazzani Candiago**

*pmcandiago@ucs.br*

Graduada em Ciências Biológicas (Bacharelado) pela UCS. Possui experiência em ecologia aplicada, ecotoxicologia e educação ambiental. Atuou como bolsista no Laboratório de Toxicologia e Limnologia da UCS participando do Projeto Lagoas Costeiras.



A Universidade de Caxias do Sul é uma Instituição Comunitária de Educação Superior (ICES), com atuação direta na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Tem como mantenedora a Fundação Universidade de Caxias do Sul, entidade jurídica de Direito Privado. É afiliada ao Consórcio das Universidades Comunitárias Gaúchas - COMUNG; à Associação Brasileira das Universidades Comunitárias - ABRUC; ao Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras - CRUB; e ao Fórum das Instituições de Ensino Superior Gaúchas.

Criada em 1967, a UCS é a mais antiga Instituição de Ensino Superior da região e foi construída pelo esforço coletivo da comunidade.

### *Uma história de tradição*

Em meio século de atividades, a UCS marcou a vida de mais de 100 mil pessoas, que contribuem com o seu conhecimento para o progresso da região e do país.

### *A universidade de hoje*

A atuação da Universidade na atualidade também pode ser traduzida em números que ratificam uma trajetória comprometida com o desenvolvimento social.

Localizada na região nordeste do Rio Grande do Sul, a Universidade de Caxias do Sul faz parte da vida de uma região com mais de 1,2 milhão de pessoas.

Com ênfase no ensino de graduação e pós-graduação, a UCS responde pela formação de milhares de profissionais, que têm a possibilidade de aperfeiçoar sua formação nos programas de Pós-Graduação, Especializações, MBAs, Mestrados e Doutorados. Comprometida com excelência acadêmica, a UCS é uma instituição sintonizada com o seu tempo e projetada para além dele.

Como agente de promoção do desenvolvimento a UCS procura fomentar a cultura da inovação científica e tecnológica e do empreendedorismo, articulando as ações entre a academia e a sociedade.

### *A Editora da Universidade de Caxias do Sul*

O papel da EDUCS, por tratar-se de uma editora acadêmica, é o compromisso com a produção e a difusão do conhecimento oriundo da pesquisa, do ensino e da extensão. Nos mais de 1000 títulos publicados é possível verificar a qualidade do conhecimento produzido e sua relevância para o desenvolvimento regional.



Conheça as possibilidades de formação e aperfeiçoamento vinculadas às áreas de conhecimento desta publicação acessando o QR Code:





ISBN 978-65-5807-144-0



9 786558 107144 0

