

Avaliação crítica do conhecimento na escola

propostas pedagógicas
em contextos de pós-verdade

Organizador

Luiz Gustavo Franco

Financiamento:



Avaliação crítica do conhecimento na escola: propostas pedagógicas em contextos de pós- verdade

Organizador

Luiz Gustavo Franco

1. ed.

EduCAPES

Sumário

Apresentação

Capítulo 1 - Investigar e avaliar o conhecimento na escola: a qualidade da água no córrego de nossa comunidade

Capítulo 2 - O conhecimento na escola em tempos de pós-verdade: a análise de desinformação sobre o aquecimento global

Capítulo 3 - Ciência e evolução: como o raciocínio científico pode contribuir para a desconstrução do negacionismo no campo das ciências evolutivas

Capítulo 4 - O Fim da Picada: a jararaca-ilhoa como instrumento de investigação e engajamento na avaliação do conhecimento

Capítulo 5 - Desvendando o papel da genética no mundo da evolução: uma sequência investigativa para avaliar o conhecimento sobre ciências

Capítulo 6 - Avaliando o saneamento básico e condições socioambientais

Apresentação

Luiz Gustavo Franco

No ensino de ciências, práticas epistêmicas de avaliação significam examinar como uma ideia é construída, que evidências a sustentam, que argumentos são mobilizados e de que modo uma explicação pode ser considerada mais ou menos confiável. Quando os estudantes participam desse tipo de prática, começam a compreender que o conhecimento científico não se resume a um conjunto de informações prontas, mas envolve formas específicas de justificar afirmações, analisar dados, comparar explicações e reconhecer a força das evidências disponíveis.

Em um contexto marcado pela circulação acelerada de informações, não basta apresentar aos estudantes as explicações científicas consolidadas. É necessário criar situações em que eles possam discutir essas explicações, questionar como foram produzidas, avaliar sua plausibilidade e compreender por que determinadas interpretações são mais bem sustentadas do que outras. Assim, o ensino de ciências pode contribuir para formar estudantes capazes de acompanhar o próprio processo de aprendizagem, reconhecer limites em seus conhecimentos e revisar suas ideias à luz de novas evidências.

Essa preocupação ganha ainda mais relevância diante dos cenários recentes de desinformação, desconfiança pública em relação à ciência e disseminação de discursos negacionistas. Vivemos em um tempo no qual explicações frágeis, opiniões pessoais, boatos e teorias conspiratórias muitas vezes passam a circular como se tivessem o mesmo valor que conhecimentos construídos por meio de investigação sistemática. Esse fenômeno, frequentemente associado à chamada pós-verdade, desafia diretamente a escola e, de modo particular, o ensino de ciências.

As Ciências da Natureza estão entre as áreas mais afetadas por esse cenário. Temas como vacinação, mudanças climáticas, saúde pública, alimentação, medicamentos, tecnologias e meio ambiente são constantemente atravessados por informações falsas ou distorcidas. Por isso, o trabalho do professor de ciências torna-se ainda mais decisivo. Ensinar ciências hoje envolve não apenas explicar conceitos, mas também ajudar os estudantes a avaliar fontes, reconhecer evidências confiáveis, identificar argumentos frágeis e compreender por que a ciência, embora sempre aberta à revisão, possui critérios próprios para produzir conhecimentos mais seguros sobre o mundo.

Neste e-book apresentamos um material produzido no âmbito do projeto “Avaliação crítica do conhecimento na escola: análise de interações em sala de aula em contextos de pós-verdade”, financiado pelo CNPq. Disponibilizamos seis recursos com um objetivo comum: compartilhar propostas e experiências pedagógicas que favoreçam a emergência de práticas epistêmicas de avaliação em sala de aula. Os dois primeiros capítulos discutem experiências pedagógicas desenvolvidas com turmas do Ensino Médio, tratando de duas questões centrais: a qualidade da água a partir de uma análise dos próprios estudantes e o trabalho de análise da desinformação sobre aquecimento global. Os outros quatro capítulos apresentam sequências didáticas propostas também para estudantes do Ensino Médio sobre conteúdos do campo da Evolução, nem sempre fácil de ser trabalhado nesse contexto. O material é não apenas um convite à leitura, mas a um diálogo sobre iniciativas que visam um ensino de ciências mais produtivo e alinhado aos desafios impostos pelos cenários de pós-verdade.

Capítulo 1

Investigar e avaliar o conhecimento na escola: a qualidade da água no córrego de nossa comunidade

Paloma Venancio Andrade Dune de Carvalho

Daniel Marchetti Maroneze

Luiz Gustavo Franco

Apresentamos uma sequência didática que teve como foco a investigação de um córrego urbano próximo a uma escola pública situada em uma grande metrópole brasileira, promovendo o engajamento dos estudantes em práticas científicas que dialogam com o conceito de **Uma Só Saúde**. Este texto é uma versão traduzida do artigo que publicamos na revista espanhola *Alambique*, com o objetivo de divulgá-lo entre professores no contexto brasileiro¹.

A abordagem “Uma Só Saúde” reconhece a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, destacando a necessidade de ações integradas para enfrentar os desafios da saúde pública e da sustentabilidade (Puig et al., 2022). A alfabetização em saúde a partir dessa abordagem tem o potencial de ajudar os estudantes a se posicionarem diante de problemas complexos, colocando em prática o pensamento sistêmico (Martínez-Pena et al., 2024). Alguns exemplos desses problemas são as questões socioambientais, como a contaminação da água e a degradação dos ecossistemas (Barrett et al., 2010), cuja compreensão requer a aplicação da abordagem “Uma Só Saúde”.

Por meio da observação, formulação de perguntas, experimentação, análise de dados e debate coletivo, os estudantes exploraram as relações entre qualidade da água, saúde pública e impactos na biodiversidade local. O processo culminou na produção de peças de divulgação científica, direcionadas à comunidade escolar, reforçando o papel do conhecimento científico como um dos caminhos para resolução de problemas socioambientais e na promoção de práticas sustentáveis e saudáveis.

¹ CARVALHO, P. V. A. D.; MARONEZE, D. M.; FRANCO, L. G. Investigar el curso de un río para conocer nuestra salud ambiental. *ALAMBIQUE* (Barcelona), v. 3, p. 41-47, 2025.

Vale destacar que os córregos urbanos constituem uma excelente área de estudo para abordar problemas dessa natureza. Especialmente em grandes cidades brasileiras, muitos são submetidos a múltiplos impactos tais como poluição, desmatamento das margens, modificação do leito e se encontram com vários trechos invisibilizados na paisagem. Na presente sequência didática, além de estar situado ao lado de uma escola, o córrego alvo da investigação apresenta uma água relativamente transparente na maior parte do ano. A princípio, essa condição pode induzir as pessoas a classificarem tal corpo d'água como integro. No entanto, trata-se de um ambiente inserido em uma bacia hidrográfica modificada pelo homem apresentado odor levemente desagradável e alto teor de nutrientes e coliformes fecais na água. Esse contraste (ex., água relativamente transparente X odor desagradável) pode gerar questionamentos nos alunos e motivarem eles a se engajarem na investigação.

PROPOSTA DIDÁTICA: Investigação do córrego

Atividade 1. Observação do córrego e elaboração de perguntas

Esta atividade teve como objetivo principal promover a visita ao córrego, reconhecimento inicial da área e o registro das características gerais observadas desse curso d'água. A intenção é que os alunos se sintam estimulados a pensar e refletir sobre a situação dos corpos d'água nas cidades onde moram.

Os estudantes foram organizados em pequenos grupos e a observação foi orientada por perguntas propostas pelo professor, como:

- 1) O curso do rio foi alterado ao longo do tempo?
- 2) A água está apropriada para ser diretamente usada pelos seres humanos?
- 3) Qual o aspecto visual/características perceptíveis da água? (ex., cor, turbidez e cheiro)
- 4) Existe seres vivos presentes nesse córrego? São diversos?
- 5) Quais são as características da área ao redor do trecho de córrego observado (margens, área acima e abaixo do ponto principal de observação)?
- 6) Existem pistas de qual é o percurso do córrego?

7) Vocês conhecem outros córregos que estão em situação semelhante?



Figura 1. Professor e estudantes na margem do córrego

Para auxiliar o registro das observações, foi disponibilizado um protocolo simplificado para a caracterização de habitats físicos, com o objetivo de identificar o nível de perturbação do ambiente². Com a aplicação desse protocolo, os pequenos grupos podem avaliar, de forma geral, a presença (ou não) de vegetação natural, de lixo, de erosão, de organismos, dentre outros aspectos, na área alvo da investigação.

Ao final da atividade, o professor pode sugerir um momento de socialização, no qual os estudantes compartilhem suas impressões, apresentem os dados do protocolo de avaliação, contrastem sua avaliação preliminar sobre a situação do córrego com os demais estudantes e indiquem possíveis aspectos/questões que desejam investigar mais detalhadamente sobre o córrego.

Atividade 2. Desenho da pesquisa

A segunda atividade buscou orientar/direcionar as questões propostas pelos grupos na atividade anterior e viabilizar sua investigação. Para isso, foi disponibilizada uma tabela impressa para os estudantes registrarem a pergunta que queriam investigar e detalhassem o desenho da pesquisa que executariam para respondê-la. Essa tabela continha as seguintes categorias/seções:

Pergunta (o que queremos investigar)	Hipótese (o que achamos que vamos encontrar)	Métodos (como vamos pesquisar/ quais materiais usamos)	Resultados (o que encontramos)
---	---	--	-----------------------------------

² O modelo do protocolo pode ser consultado na página 131 do livro:

https://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2019/Livro_monitoramento/LivroCompleto.pdf

Assim que a pergunta e a hipótese foram definidas, cada grupo escolheu, com mediação do professor, formas adequadas para testar suas ideias. No contexto da escola em que ocorreu essa sequência didática, os alunos tiveram acesso a um kit (EcoKit técnico água doce) para avaliar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da qualidade da água.

Além disso, os estudantes foram estimulados a pensar em outras possibilidades para investigar as questões sobre a situação do córrego além do uso do kit de análise, tais como: uso de organismos bioindicadores para avaliar a qualidade da água (ex., teste de germinação com sementes de alface), entrevista com a comunidade local para compreender eventuais mudanças que ocorreram ao longo do tempo no corpo d'água, pesquisa na internet sobre o histórico e os problemas socioambientais do rio, etc. Essa atividade tem potencial para promover discussões sobre bioética e sobre recursos necessários para viabilizar a pesquisa.

Atividade 3. Experimentos e análise dos resultados

Os focos dessa atividade foram a obtenção de dados para responder à pergunta definida bem como a análise e interpretação desses resultados. Cada grupo seguiu as etapas do desenho experimental selecionado na aula anterior. A seguir, ilustramos dois exemplos.

A interpretação dos resultados pode ser feita comparando os valores obtidos nos testes com aqueles indicados nas tabelas de referência presentes no protocolo, mas também incentivamos o uso de documentos oficiais governamentais sobre a qualidade de água para ampliar a reflexão e análise dos dados obtidos. A consulta aos documentos também pode ser usada como suporte pelos grupos que não realizaram testes experimentais.

Essa etapa foi essencial para que os estudantes, ao se depararem com resultados divergentes das hipóteses iniciais, avaliassem suas ideias e repensassem, com a mediação do professor, alguns aspectos do desenho da pesquisa originalmente delineado. Adicionalmente, foi uma oportunidade para repetir algumas medições caso julgassem que isso era pertinente.

Figura 2. Estudantes realizando teste microbiológico. Figura 3. Grupo testando a concentração de nitrato da água.



Atividade 4. Comunicação dos resultados

A comunicação dos resultados obtidos por cada grupo proporcionou a síntese do processo investigativo e a socialização do conhecimento produzido. Cada grupo preparou uma apresentação para expor seu trabalho para os demais colegas da turma. Dentre os aspectos contemplados na apresentação, estavam:

- A pergunta de pesquisa e a hipótese inicial;
- A metodologia utilizada;
- Os resultados obtidos e a análise comparativa com documentos oficiais;
- As conclusões e possíveis desdobramentos da investigação.

Nessa ocasião, os estudantes tiveram a oportunidade de comparar suas descobertas com as dos demais colegas, discutir semelhanças e divergências nos resultados e metodologias e refletir sobre novas questões que surgiram a partir das pesquisas realizadas.

Essa atividade reforçou o papel da comunicação científica na partilha de saberes e na construção do conhecimento.

Atividade 5. Divulgação científica para a comunidade escolar

A última atividade teve como objetivo a produção de peças de divulgação científica, para compartilhar o processo das investigações realizadas. O professor orientou que o formato e o público-alvo eram de escolha de cada grupo, mas destacou a necessidade de adequação da linguagem conforme o público escolhido.

Os estudantes optaram por diferentes formatos para suas produções, como panfletos, vídeos curtos, infográficos, *memes* para publicar na rede social e entrevista. Todos definiram a comunidade escolar como público-alvo, por entenderem que as informações de suas pesquisas teriam maior impacto e relevância para as pessoas que convivem no ambiente próximo ao córrego.

Destacamos o infográfico produzido por um grupo de estudantes que investigou a eutrofização do córrego e apresentou os resultados obtidos comparando com os valores permitidos pelo Ministério da Saúde do Brasil (Figura 4). Além disso, o grupo apontou os impactos da alta concentração de substâncias químicas na saúde humana e na de outras espécies.

Figura 4. Panfleto produzido por estudantes.



Implicações educativas

O problema da contaminação da água do rio e da degradação dos ecossistemas ganhou significado para os estudantes após a saída de campo e a investigação realizada. Os alunos foram capazes de aplicar uma visão de “Uma Só Saúde” ao explicar os impactos da contaminação do rio, fazendo referência em suas

respostas não apenas aos efeitos sobre a saúde humana, mas também sobre o ecossistema e sobre a fauna e a flora que dele fazem parte. Além disso, mencionaram os impactos sociais na comunidade ao redor.

A abordagem “Uma Só Saúde”, embora não tenha sido tratada de forma explícita no desenvolvimento da pesquisa, pôde ser observada nas respostas dos estudantes, distantes de uma visão antropocêntrica. Os autores continuam trabalhando com essa abordagem, com o objetivo de oferecer novas ferramentas didáticas que ajudem a evidenciar a interdependência existente entre a saúde humana, animal e ambiental, e sua importância para a compreensão e o desenvolvimento de investigações escolares sobre problemáticas socioambientais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETT, M. A., BOULEY, T. A., STOERTZ, A. H. y STOERTZ, R. W. (2010). Integrating a One Health approach in education to address global health and sustainability challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 239-245. <https://doi.org/10.1890/090159>
- MARTÍNEZ PENA, I., USKOLA IBARLUZEA, A. y PUIG, B. (2024). ¿Cuál es la noción de Resistencia a Antibióticos del profesorado en formación desde el enfoque “One Health”? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 21(2), 2603. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2603
- PUIG, B.; USKOLA, A. y MARTÍNEZ PENA, I. (2022). Si la salud es una sola, ¿por qué la enseñamos por partes? *The Conversation* <https://theconversation.com/si-la-salud-es-una-sola-por-que-la-enseñamos-por-partes-185054>

Capítulo 2

O conhecimento na escola em tempos de pós-verdade: a análise de desinformação sobre o aquecimento global

Luiz Gustavo Franco
Ludmila Fernandes Kelles
Daniel Marchetti Maroneze
Nathan Willig Lima

Introdução

Neste artigo, apresenta-se uma proposta didática na qual os alunos do 1º ano do Ensino Médio analisaram a desinformação sobre as mudanças climáticas. Para isso, o tema foi abordado a partir do contexto social e da linguagem cotidiana dos jovens: vídeos do YouTube e memes das redes sociais. Além disso, foram apresentados dados em dois formatos distintos: por um lado, informações provenientes de pesquisas científicas sobre o aquecimento global; por outro, dados distorcidos por negacionistas climáticos. Este texto é uma versão traduzida e adaptada do artigo que publicamos na revista espanhola Alambique, com o objetivo de divulgá-lo entre professores no contexto brasileiro³.

Proposta didática: “A desinformação sobre as mudanças climáticas”

A proposta integra três atividades que fazem parte de um projeto anual realizado pelos alunos do 1º ano do Ensino Médio nas aulas de Biologia. Nesse projeto, o professor abordou temas de Ecologia e Educação Ambiental, incorporando de forma constante questões sociocientíficas para promover o debate e a reflexão crítica em sala de aula.

A sequência didática apresentada ocorreu no contexto do estudo dos ciclos biogeoquímicos, especificamente durante o aprendizado sobre o ciclo do carbono.

³ KELLES, L. F.; FRANCO, L. G.; MARONEZE, D. M.; LIMA, N. W. Vacuna CTS para combatir la desinformación sobre cambio climático. ALAMBIQUE (Barcelona), v. 123, p. 30-36, 2026.

Atividade 1. Um problema, diferentes propostas de solução

Na primeira atividade, os alunos deveriam assistir a vídeos do TED Talks®, cada um apresentando possíveis soluções para as mudanças climáticas. O objetivo da atividade foi sensibilizar os estudantes para o debate sobre a interferência humana na natureza e as diversas perspectivas sobre como a humanidade pode enfrentar esse problema.

Cada estudante deveria escolher um dos vídeos e discutir: **“Você considera que a solução apresentada no vídeo é interessante e viável?”**. A partir dessa discussão, cada aluno elaborou um pequeno comentário sobre suas percepções.

Quem fala	Link de acesso
Greta Thunberg (jovem ativista)	Greta Thunberg: The disarming case to act right now on climate change TED Talk
Tim Flannery (profesor universitario e paleontólogo)	Tim Flannery: Can seaweed help curb global warming? TED Talk
Katharine Hayhoe (científica climática cristã)	Katharine Hayhoe: The most important thing you can do to fight climate change: talk about it
Fred Krupp (advogado e ambientalista)	Fred Krupp: Let's launch a satellite to track a threatening greenhouse gas TED Talk

Na aula que observamos, foi interessante notar que a maioria dos estudantes escolheu dois vídeos: o **Vídeo 1**, de *Greta Thunberg*, e o **Vídeo 3**, de *Katharine Hayhoe*.

O vídeo de Greta Thunberg estabeleceu uma conexão mais direta com a realidade dos jovens, mostrando uma jovem ativista falando sobre o seu futuro. Por sua vez, o vídeo de Katharine Hayhoe destacava um tema recorrente nessas aulas: a influência dos aspectos políticos e ideológicos sobre os problemas ambientais. Esse tipo de discussão foi retomado de forma reiterada pelo professor ao longo do ano letivo.

Atividade 2. Mudança climática e desinformação

A segunda atividade foi a análise de uma mensagem hipotética recebida em um grupo de *Whatsapp*® (Figura 3).

O professor propôs a seguinte pergunta: *“Suponha que você tenha recebido esta mensagem no seu grupo da família. O que você responderia no grupo?”*. Esta atividade proporcionou uma aproximação do alunado por meio de uma situação cotidiana e familiar: a interpretação de *memes*.

Antes elaborarem respostas, o professor discutiu com os estudantes uma série de dados publicados em estudos científicos ao longo das últimas décadas, publicados no site da NASA⁴.



Figura 3. Mensagem hipotética recebida no Whatsapp®.

Tais dados compilam um conjunto de evidências que, interpretados de forma articulada, indicam a influência antropogênica do aquecimento global, por exemplo: ciclos solares ao longo das últimas décadas, irradiação solar, temperatura global, ciclos de Milankovitch, aquecimento dos oceanos, redução do manto de gelo que cobre terrenos, retração glacial e redução de áreas verdes cobertas por neve, redução do gelo do Ártico, acidificação dos oceanos, emissão de metano, gases estufa e queima de combustíveis fósseis.

Como exemplo, o professor projetou um gráfico sobre o nível de carbono na atmosfera ao longo de milhares de anos (Figura 4). O professor também apresentou uma imagem da representação do ciclo do carbono. Ele explicou o ciclo do carbono não apenas a partir de sua dimensão biológica, que envolve a respiração e fotossíntese, mas incluindo a interferência da emissão de gases estufa.

O professor também discutiu com os estudantes formas de se verificar a confiabilidade em certas informações que, nem sempre, é possível checar por meio de uma nova coleta. Isso acontece com as pesquisas sobre aquecimento global, pois é necessário recorrer a dados secundários, isto é, dados coletados

⁴ Ver aba *Earth indicators*: <https://science.nasa.gov/climate-change/>

por outras pessoas com ferramentas de coleta e formas de representação muito específicas (e.g. temperatura global, emissão de gases na atmosfera etc.). Nesses casos, é necessário um certo nível de confiança naquelas instituições reconhecidamente credenciadas no que diz respeito ao tema de estudo. Quando se fala em mudanças climáticas, o IPCC – *Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas* – é um bom exemplo⁵. O IPCC é uma entidade da ONU criada em 1988 para compilar e avaliar dados sobre mudanças climáticas. O órgão conta com 195 países membros e reúne o conhecimento científico, técnico e socioeconômico sobre o tema, fornecendo relatórios capazes de auxiliar na formulação de políticas climáticas.

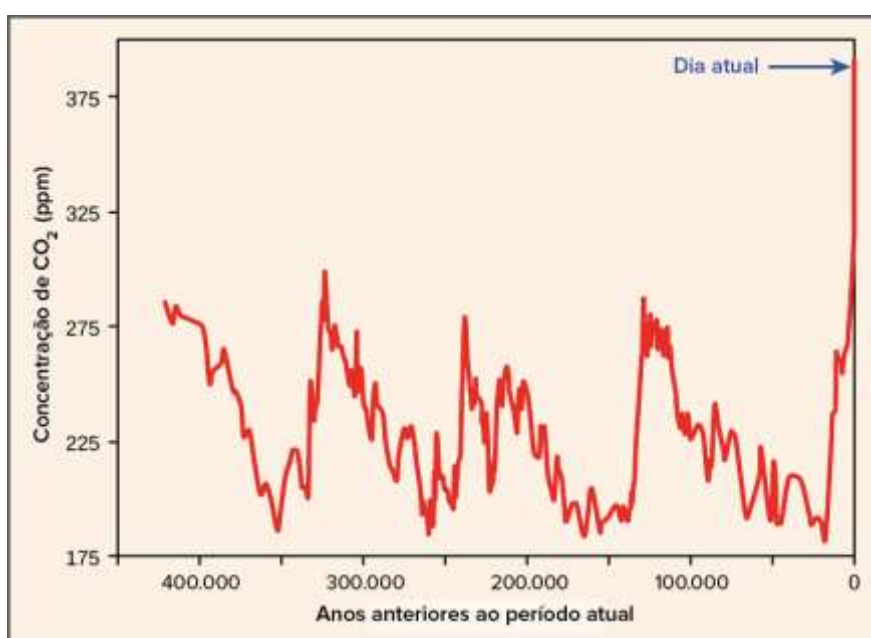


Figura 4. Um dos gráficos projetados pelo professor.

Para responder à mensagem de *Whatsapp*®, os estudantes foram organizados em seis pequenos grupos. Cada grupo deveria discutir como iriam se posicionar e pesquisar formas de elaborar uma resposta. A atividade gerou bastante engajamento e o professor orientou os grupos sobre a necessidade de se interpretar uma informação com base em dados complementares e não de modo isolado, como apenas uma foto.

Em suas pesquisas, os grupos encontraram dados do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) indicando um aumento de 19 centímetros no nível médio dos oceanos entre o ano de 1900 e 2010. Discutiram que seria necessário ter outros dados, por exemplo, a estação do ano e a fase da lua em que a foto

⁵ <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>

foi tirada, para mensurar a influência das marés no momento da foto. Também seria importante ter mais informações sobre o horário, bem como a distância da estátua em cada foto e o ângulo.

Um relevante objetivo desta atividade é discutir formas de se posicionar diante de uma desinformação. A princípio, os estudantes assumiram diferentes posturas diante da situação. Alguns alunos alegavam que se recusariam a responder algo ou debater com esse tipo de “pessoa”. Outros diziam que preferiam sair do grupo a ter que explicar ou conversar. Outros, por sua vez, alegavam que o melhor seria elaborar uma resposta baseada em fontes científicas.

Isso gerou oportunidades para que o professor discutisse com a turma sobre formas de se posicionar diante da discordância como aquela. Assim, além de discutir como os dados científicos poderiam ser apresentados de maneira mais acessível; a atividade também permitiu debater como a desinformação poderia ser combatida de modo mais dialógico.

Atividade 3. Posicionamento crítico diante do negacionismo climático

A última atividade da sequência implicou a leitura e análise de três textos negacionistas da mudança climática. Os estudantes foram organizados nos mesmos grupos da atividade anterior e estavam responsáveis por ler um dos textos. A partir da leitura em grupo, deveriam discutir: *que critérios iremos utilizar para analisar este texto?* Ao final, deveriam apresentar suas conclusões a toda turma.

Esses textos (Tabela 2) foram cuidadosamente selecionados pelo professor com o objetivo de visibilizar uma série de questões que perpassam a desinformação sobre o aquecimento global, como o uso de dados oficiais de forma distorcida, linguagem técnica, representações e inscrições científicas para dar respaldo a argumentos pouco fundamentados, teorias da conspiração envolvendo a NASA e governos.

Com relação ao texto 1, os estudantes identificaram alguns problemas: o uso de uma autoridade (NASA) sem o respaldo da mesma; menção a dados de pesquisas antigas e já ultrapassadas; o uso de muitos termos técnicos ao longo do texto, com gráficos e números que faziam com que o texto parecesse ter mais credibilidade científica. Esse aspecto se vincula à necessidade de considerar o uso da autoridade científica e a linguagem científica como critério de análise.

Tabela 1. Textos lidos durante a atividade.

Texto	Quién escribe	Mensaje principal del texto	Link de acceso
1 NASA admite que a mudança climática é causada pelo Sol.	Renato Cunha (estilista e blogueiro)	Defende que uma teoria da conspiração de que a NASA sabe a verdade sobre o aquecimento global, mas que por motivos ‘escusos’, mente para a população alegando o “aquecimento feito pelo homem”.	https://www.stylourbano.com.br/nasa-admite-que-a-mudanca-climatica-e-natural-e-causada-pelo-sol/
2 O aumento do nível do mar é a maior mentira já contada.	Sem autor	Apesar de não ter autor definido pelo site, o texto cita pesquisadores que defendem que o nível dos oceanos não está subindo. Pelo contrário, estaria diminuindo.	https://ecologia-clima-aquecimento.blogspot.com/p/a-maior-mentira-ja-contada.html#21050601
3 Não existe aquecimento global, existe governança global.	Flavio Morgenstern (escritor, analista político)	Defende que não há consenso científico em torno do aquecimento global. O suposto consenso seria resultado de uma ação coordenada entre grande mídia e governos.	https://sensoincomum.org/2017/06/15/guten-morgen-39-aquecimento-global/

Com relação ao texto 2, os estudantes identificaram outro problema: as fontes citadas no texto. Os estudantes perceberam que as fontes não se tratavam de pesquisa científica, mas eram respostagens de jornais ou artigos de opinião. Esse aspecto se vincula à necessidade de checar as fontes na análise de uma informação.

Com relação ao texto 3, os estudantes mencionaram um problema: o uso político-ideológico da desinformação científica. Esse aspecto se vincula à necessidade de considerar possíveis conflitos de interesse como critério de análise.

Na discussão com toda a turma, o professor resumizou os critérios:

- i) Uso da autoridade científica de forma inapropriada;
- ii) Presença de elementos da linguagem científica como estratégia de maior prestígio à informação veiculada;

- iii) Uso de fontes não científicas para sustentar a informação veiculada;
- iv) Conflitos de interesse do autor.

Ao final da sequência de atividades, o professor ainda levantou outro critério que não havia sido mencionado pelos grupos: refletir se haveria consenso científico em torno do tema. Após a discussão, a turma chegou à conclusão de que os dissensos sobre aquecimento global não se referiam à comunidade científica que estuda o tema, que tem como consenso a origem antropogênica do fenômeno.

Implicações educativas

A mudança climática como uma vacina CTS envolve não apenas introduzir uma questão sociocientífica (QSC), mas situá-la como uma questão que envolve a desinformação e os modos de produção de fatos alternativos tipicamente vinculados ao fenômeno da pós-verdade. Assim, o trabalho pedagógico com vacinas CTS envolve a introdução de práticas que demandam analisar formas de manipulação de dados científicos, equilibrar a confiança na ciência, diante daquilo que é consenso dentro de uma comunidade científica; ponderar possíveis conflitos de interesses e avaliar a credibilidade de fontes.

Na sequência didática apresentada, os estudantes tiveram que pensar em formas de diálogo indivíduos que pensam de forma diferente da ciência e defendem pensamentos negacionistas. O professor pode utilizar atividades similares para outros contextos que envolvem a desinformação, como vacinas e saúde pública. Um elemento central que pode ser utilizado em outras propostas é o uso de diferentes tipos de mídia: vídeos em mídias sociais, memes, textos em blogs. Essas mídias foram usadas não apenas para que o alunado as consumisse, mas as interpretasse e se posicionassem de maneira crítica. La propuesta apresentada responde à competencia científica 3 del nuevo marco PISA 2025 e segue as orientações do documento sobre media literacy, especially digital media literacy.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEINSTEIN, N. W.; WADDINGTON, D. I. (2020): Individual truth judgments or purposeful, collective sensemaking? Rethinking science education's response to the post-truth era. *Educational Psychologist*, vol.55(3), pp. 155-166. [10.1080/00461520.2020.1780130](https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1780130).

VALLADARES, L. (2022): Post-Truth and Education: STS Vaccines to Re-establish Science in the Public Sphere. *Sci Educ (Dordr)*, vol.31(5), pp.1311-1337. [10.1007/s11191-021-00293-0](https://doi.org/10.1007/s11191-021-00293-0).

Capítulo 3

Ciência e evolução: como o raciocínio científico pode contribuir para a desconstrução do negacionismo no campo das ciências evolutivas

Ayla Secio
Bruna Resende
Guiherme Marinho
Isabela Meira
Isabela Nunes
Luiz Gustavo Franco

Fundamentação teórica da sequência

“Nada em Biologia faz sentido a não ser à luz da evolução”. Essa célebre afirmação foi feita em 1973 por Theodosius Dobzhansky, cientista ucraniano naturalizado estadunidense e um dos principais expoentes da Síntese Evolutiva Moderna. Entretanto, ela é pouco considerada na formulação das aulas e, consequentemente, essa frase possui pouco significado para a maior parte da população.

Dados de 2019 da Gallup, uma empresa independente de pesquisa especializada, revelam que 40% dos americanos acreditam fielmente no criacionismo, que postula que os seres humanos foram criados por uma entidade divina há apenas 10 mil anos. Segundo o Datafolha, a taxa de brasileiros que compartilhavam dessa mesma perspectiva foi de 59% em 2010. Por se tratarem de crenças pessoais, esses resultados não revelam, necessariamente, um problema. Entretanto, não assimilar ou desconsiderar a Teoria da Evolução diante de situações que demandam validade científica é, sim, uma questão preocupante visto que pode interferir na tomada de decisões relacionadas com a saúde da população, por exemplo.

A percepção e o ensino em ciências também podem se mascarar. O filósofo francês Bruno Latour propôs, em 2017, o termo “fatische”, ao considerar que verdades (fatos) e crenças (fetiches) se misturam: uma sentença só se torna lei porque um dia ela partiu de uma crença (Lima et al., 2019). A diferença reside justamente no fato de que a verdade se mantém verdadeira quando consegue manter os princípios de transparência e reprodutibilidade, mesmo após sofrer sucessivas tentativas de refuta e ser colocada à prova, passando por testes e desafios, a exemplo do que acontece com Teoria da Evolução.

Trazendo as perspectivas desse autor para o âmbito da Educação em Ciências, ao sermos ensinados sobre um fato sem que se construa, por trás desse ensinamento, a ideia e o aprendizado dos percalços científicos que levaram à proposição dessa verdade, tendemos a aceitar ou a normalizar quaisquer outros fetiches que, de certa forma, nos agradem, mesmo que esses não tenham passado pelo tal processo de falseabilidade. Ou seja, há um apagamento do que Latour chama de rede da ciência.

Nesse sentido, a presente sequência de atividades se propõe a trabalhar com os estudantes conceitos científicos para a compreensão da Teoria da Evolução Natural, sem que haja conflitos com as crenças

religiosas individuais. Para isso, foi utilizada uma abordagem focada no socioconstrutivismo, no qual o professor desempenha o papel de guiar o aluno no pensamento científico, até que ele se aproprie desse aprendizado e o atribua significado individual. Com o objetivo de fazer com que os discentes se apropriem da linguagem ontológica e epistemológica do conhecimento científico, o significado e o aprendizado devem se pautar em um processo dialógico, baseado na interação social e construção conjunta, resultando na apropriação desse conhecimento.

Paralelamente, o diálogo e interação social se fazem extremamente necessários, ainda, para a construção de uma sociedade bem estruturada e capaz de utilizar o conhecimento disponível de maneira consciente. A população precisa ter a oportunidade de interagir com o discurso de especialistas de forma coerente. Para que possa tomar decisões responsáveis, o cidadão precisa não apenas ouvir o que está sendo noticiado, mas também saber como avaliar de forma crítica tais notícias. Apesar das tentativas da ciência de ser imparcial, isso não é possível e as descobertas possuem um viés social, assim como a interpretação e reinterpretação dos resultados.

Cientes disso, o enfoque CTS (Ciência no contexto social) permite que os alunos se tornem capazes de analisar as informações a que têm acesso, mantendo sempre em mente que frequentemente existem contradições, portanto, tomada de decisões precisam avaliar o contexto e possuir certa flexibilidade para se adequar a cada situação. Essa abordagem contempla, como foi muito bem explicado em Santos e Mortimer (2000),

(i) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; (ii) a inclusão de conhecimentos e habilidades tecnológicos; (iii) a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão e (iv) a implementação de projetos de CTS no sistema escolar.

Dessa forma, os alunos, além de adquirirem o conhecimento (o que já está incluso nos currículos tradicionais), podem colocá-los em prática na tomada de decisões e se tornarem, então, cidadãos melhor preparados para lidar com a complexidade do dia a dia. Ademais, essa contextualização do conhecimento aumenta o engajamento durante as aulas, que possuem então uma utilidade mais clara para eles. Uma população formada com a abordagem CTS tem também a oportunidade de desenvolver seus valores de forma melhor estruturada, clara e responsável. As aulas envolvem discussões sobre diversos temas, portanto, no dia a dia, quando essas questões são levantadas, a probabilidade do cidadão de possuir uma posição melhor estruturada é muito maior. Vivemos em uma democracia, o que torna a habilidade de tomar decisões de forma consciente ainda mais essencial para o bem-estar da população.

As discussões geradas giram em torno do desenvolvimento de valores relacionados às necessidades humanas. O pensamento crítico é voltado não para qualquer assunto, mas para questões que envolvam respeito, solidariedade e compromisso social, por exemplo. No caso desta sequência didática, as discussões giram em torno da construção do próprio conhecimento científico, assim como a interação entre ele e as crenças populares. Envolve a participação da evolução em assuntos discutidos no dia a dia.

Objetivo da sequência

De acordo com Zabala (2006), os conhecimentos a serem adquiridos durante uma proposta didática podem estar envolvidos em três dimensões diferentes, sendo elas a dimensão conceitual, a procedimental e/ou a atitudinal. A dimensão conceitual abrange a aprendizagem de conceitos, princípios, a integração desses aos conhecimentos prévios e discussões atualizadas e dinâmicas desses conceitos. A dimensão procedimental engloba aspectos técnicos da aprendizagem, sendo focada no “como fazer”, integrada à execução compreensiva, e não meramente mecânica, dos procedimentos a serem aprendidos. Por fim, a dimensão atitudinal se refere ao aprendizado dos valores e de seu caráter afetivo. As três dimensões são complementares durante a construção de um ensino integrativo e significativo, e devem considerar tanto os conhecimentos prévios dos estudantes, quanto a função social do ensino em ciências e o caráter libertador da educação.

Portanto, a proposta desta sequência didática é integrar conhecimentos cotidianos dos alunos aos conceitos e princípios científicos sobre a evolução da biodiversidade e sobre a ciência. Além disso, os alunos serão expostos a atividades de caráter procedimental, para que aprendam a aplicar métodos científicos para distinguir conhecimentos científicos de falácias e crenças, sendo esta uma das possíveis formas de combater a propagação de *fake news* e do negacionismo.

Ao final desta sequência didática, os alunos deverão ser capazes de:

- Aprender e apropriarem-se do raciocínio científico.
- Compreender a distinção lógica entre ciência, pseudociência e crença.
- Entender, utilizando o método científico, o pensamento evolutivo.
- Discutir os processos biológicos com uma visão evolutiva.
- Compreender, sob uma perspectiva histórica, a ciência como objeto dinâmico e inacabado.
- Compreender conceitos fundamentais sobre processos evolutivos e seleção natural.

Atividade 1: Método Científico no Cotidiano

A primeira atividade da sequência didática é destinada ao ensino do método científico, passando por suas etapas através de discussões com os alunos. Dessa forma, é esperado que eles apliquem esse método a diversos âmbitos de suas vidas cotidianas, fazendo perguntas, formulando hipóteses, sugerindo formas de testá-las e analisando seus resultados antes de chegarem a uma conclusão. Os alunos poderão entender e se apropriar do método científico, seus alcances e limitações. Além disso, deverão usá-lo para encontrar possíveis explicações para o mundo que os cerca.

Objetivos: Estimular o raciocínio lógico durante o aprendizado do método científico, sua apropriação teórica, prática e subsequente aplicação para a compreensão do cotidiano.

Metodologia: No começo da aula, deverá ser apresentado aos alunos um slide com a animação de duas mãos sujas de tinta e, ao lado, um sabonete, com a pergunta: “Se eu lavar as mãos com o sabonete, elas ficarão limpas?”. O professor deverá pedir que os alunos respondam. Após um breve período em que se espera que os alunos digam que sim, o professor deverá pedir que eles elaborem formas de testar se o sabonete realmente é eficaz para a limpeza das mãos mostradas na figura. Nessa etapa, o professor dividirá os alunos em grupos e instruirá que testem as hipóteses levantadas previamente. Cada grupo deverá apresentar sua linha de raciocínio e conclusões obtidas após seu teste para o restante da turma. O professor é encorajado a levantar provocações sobre o uso do método científico no cotidiano, buscando fomentar uma discussão entre os alunos. Finalmente, os grupos serão instruídos a pensar em uma pergunta que gostariam de responder, formular hipóteses e formas de testá-las, de modo a exercitar o raciocínio por trás do que fora aprendido. A seguir apresentamos exemplos de três possíveis situações/hipóteses que possam surgir durante esse debate.

Um grupo afirma que as mãos ficarão limpas quando lavadas com o sabonete. Outro grupo afirma ser preciso que as mãos sejam bastante friccionadas uma contra a outra para que fiquem limpas. Já um terceiro grupo afirma que isso só aconteceria se fosse utilizada uma bucha.

Diante dessas afirmações, é importante que o professor discuta e esclareça com a turma que nenhuma delas é certeza. Partindo da pergunta proposta (“Se eu lavar as mãos com o sabonete, elas ficarão limpas?”), os alunos devem entender que essas afirmações deles próprios tratam-se, agora, de hipóteses. E para que sejam confirmadas, devem ser postas à prova, ou seja, testadas. Para isso, sugere-se, caso haja voluntários (professor ou alunos), que alguém suje as mãos de tinta e teste cada uma das três hipóteses propostas. Ao final, os alunos devem chegar a uma conclusão.

Atividade 2: Testando Hipóteses

A atividade proposta é baseada no resumo de Martell et al. (2017). Os alunos participarão de uma dinâmica que consiste no estudo de um objeto oculto.

Objetivo: Gerar hipóteses baseadas em evidências fornecidas ao longo de três etapas.

Metodologia: Na primeira etapa, o professor deverá apresentar aos alunos uma caixa embrulhada e posicionada sobre sua mão, evidenciando o tamanho do objeto. Posteriormente, os alunos poderão formular hipóteses e explicar as evidências que os

levaram a elas. Na segunda etapa, o professor balançará a caixa, permitindo a identificação dos sons emanados pelo que estiver dentro dela. Novamente, os alunos deverão propor suas hipóteses com base nas evidências apresentadas. Na terceira etapa, além de balançar a caixa, será passado um ímã pelas suas paredes, com o objetivo de demonstrar se o conteúdo dentro dela é metálico. Ao fim, novamente as hipóteses e evidências dos alunos serão colocadas. O objeto na caixa não deverá ser revelado, fazendo uma analogia ao processo da ciência, baseado em evidências, hipóteses, testes e conclusões. A confiança nessas conclusões são fortalecidas à medida que mais testes são realizados. Nesse momento, é encorajada uma discussão sobre as limitações do método científico, suas vantagens e desvantagens, para contribuir para a desconstrução da ciência como apolítica, a-histórica e livre de subjetividades (discussão abordada em Lima et al., 2019).

Atividade 3: Ciência e Pseudociência

Essa atividade se propõe a distinguir ciência e pseudociência, apresentando exemplos de práticas e crenças comumente difundidas na sociedade, mas que carecem de embasamento científico. Além disso, uma discussão interessante que pode ser colocada é a de que crenças religiosas têm importância na vida das pessoas e que assim deve ser, justamente pelo fato de que elas não se fantasiam, em momento algum, de ciência.

Objetivo: Compreender, a partir da consolidação do método científico da atividade anterior, as diferenças entre ciência e pseudociência.

Metodologia: Antes dessa atividade ser desenvolvida em sala de aula, o professor deve solicitar aos alunos que façam um dever de casa, que consiste em um levantamento de assuntos que eles julguem que podem ou não ser enquadrados sob a perspectiva do método científico. Essa pesquisa pode abranger reportagens de jornais, revistas ou televisão; assuntos tratados em filmes, séries ou novelas; vídeos e/ou mensagens de texto ou de áudio vinculadas com frequência em aplicativos de conversa; publicações em redes sociais. Já em sala, esses temas serão apresentados à turma e os próprios alunos devem discutir as abordagens por trás dos conceitos encontrados e decidir se eles resistem ou não ao método científico. O professor deve orientar a construção de argumentos para justificar os motivos

pelos quais determinados conceitos não podem ser considerados científicos e, se cabível, como a credibilidade em informações como essa pode impactar a sociedade.

Alguns exemplos de temas que podem surgir: homeopatia, astrologia, ufologia, terraplanismo, movimento antivacina. Caso alguns dos temas seja relacionado à crença religiosa, é fundamental que se esclareçam os propósitos de cada esfera (ciência, pseudociência e religião), dando enfoque ao fato de que a pseudociência parte da enganação, diferente da religião, que, no que lhe concerne, não se disfarça de ciência e possui métodos e finalidades próprios.

Atividade 4: Entrevista

Essa atividade é voltada para a percepção da Teoria da Evolução fora do ambiente escolar.

Objetivo: Coletar explicações, através de entrevistas, a respeito das alterações das espécies ao longo dos anos por parte das pessoas próximas aos discentes.

Metodologia: Os discentes devem conduzir uma entrevista com parentes, amigos ou até mesmo desconhecidos, que não sejam alunos do ensino básico, a respeito do tema Evolução. As perguntas podem ser propostas por eles próprios, individual ou coletivamente, ou sugeridas pelo professor. Os alunos devem trazer as respostas obtidas por eles para debate com toda a turma, de modo a discutir o que são crenças, conhecimentos científicos ou pseudo científicos. É importante que os alunos ressaltem aos entrevistados que não há resposta certa ou errada e que eles têm o direito de pular a pergunta caso não saibam respondê-la. Sugestões de perguntas que podem ser feitas aos entrevistados:

- Você acredita que espécies de animais e plantas mudam ao longo do tempo ou são iguais desde que surgiram?
- Você acredita que o homem veio do macaco?
- Você acredita que todos os seres vivos foram criados por uma força divina?
- O ser humano é mais evoluído do que outros seres vivos? Por quê?
- Uma aranha que vive numa caverna escura pode perder os olhos ao longo do tempo por falta de uso deles?
- Baleias são peixes ou mamíferos? Por quê você acha isso?
- Quem veio primeiro: o ovo ou a galinha?
- Por que você acha que as girafas possuem o pescoço tão longo?
- O que você entende por Seleção Natural?
- O que você entende por Evolução?

Atividade 5: Discussão na Comunidade Científica

Após serem expostos à história do pensamento evolutivo, os alunos deverão simular uma discussão entre representantes da comunidade científica de modo a validar uma teoria a partir das propostas de Darwin, Wallace e Lamarck e os conhecimentos da genética moderna. O intuito é que os estudantes organizem argumentos, evidenciando as principais diferenças entre as proposições, aqueles pontos que possuem grande sustentação empírica e outros que carecem de tal aspecto.

Objetivos: Organizar e apresentar argumentos a partir dos seguintes critérios: lógica e sustentação argumentativa e teórica para a conclusão do grupo; capacidade de organização do debate; capacidade de reestruturação de ideias a partir de novas provocações; compressão dos conceitos de hereditariedade e evolução biológica.

Metodologia: Em um primeiro momento o professor apresentará os conceitos básicos de lógica e construção de argumento e para isso sugerimos o convite ao professor de filosofia. Após breve explicação teórica, os alunos deverão se organizar em grupos: aquele responsável por analisar de forma comparativa as proposições de Darwin e os conhecimentos de genética sobre hereditariedade; aquele responsável por analisar de forma comparativa as proposições de Lamarck e os conhecimentos de genética sobre hereditariedade; aqueles responsáveis por analisar de forma comparativa as proposições de Wallace e os conhecimentos de genética sobre hereditariedade. Inicialmente os alunos devem se dividir por afinidade. Caso essa divisão não resulte em grupos com o mesmo número de participantes, os integrantes de cada grupo serão sorteados. Ao fim das discussões internas, os grupos devem compartilhar suas discussões para os demais colegas. A turma deverá apresentar uma decisão a respeito da problemática, decisão essa tomada de forma democrática. A discussão será conduzida pelos alunos, com intervenção e provocações do professor quando necessário.

Atividade 6: Pega-pega Ecológico/Evolutivo

Objetivo: Fazer com que os alunos enxerguem o processo evolutivo como um processo com consequências lógicas, mais do que algo definido por regras arbitrárias. Além disso,

permitir a discussão da complexidade das interações entre as espécies, fazendo uma conexão com a própria ecologia.

Metodologia: Os alunos são divididos em dois grupos de mesmo tamanho. Cada aluno pode usar um lenço, em uma parte bem visível do corpo, com a cor representativa de seu grupo. O grupo 1 representa os predadores e deve ter como objetivo eliminar os integrantes do grupo 2 ao tocar em seus ombros esquerdos. O grupo 2 representa as presas e seu objetivo é não ser eliminado.

Possuindo um número igual ou próximo de alunos nos dois grupos, é esperado que o grupo 2 seja completamente eliminado rapidamente. A partir desse momento, o grupo 1 pode eliminar integrantes do próprio grupo. Isso representa a extinção da fonte de alimento e a extinção da própria espécie como consequência. Com essa etapa é possível discutir, após a atividade, a teoria malthusiana e como ela pode ter influenciado a teoria evolutiva.

Uma segunda etapa representa outra possibilidade, na qual há variabilidade antes que o grupo seja extinto. O grupo 2 é dividido em dois, gerando o grupo 3, que representa outra espécie de presa. Cinco alunos, do grupo 1, são capazes de eliminar tanto integrantes do grupo 2 quanto do grupo 3, enquanto o restante do grupo 1 pode eliminar apenas integrantes do grupo 2 e a si mesmos quando não houver integrantes do grupo 2 disponíveis.

É esperado que os alunos do grupo 1 que podem eliminar apenas um grupo sejam novamente extintos, enquanto os alunos que possuem opção sobrevivam. É possível, porém, que os últimos sejam também eliminados pela própria espécie, de forma que sua adaptação tenha sido ineficiente. O jogo se encerra quando todos os “predadores” forem eliminados ou quando sobra apenas os “adaptados”.

A conclusão que pode ser discutida é que uma possível sobrevivência dos predadores ocorrerá apenas com os mais bem adaptados. E entre as novas espécies, as que sobra representam também as mais bem adaptadas (a contar com as capacidades dos próprios alunos de se manterem no jogo).

Atividade 7: Evolução - O Jogo da Vida

Objetivo: Mostrar que a Seleção Natural escolhe os indivíduos mais adaptados, evidenciando que uma característica que parece inútil em uma situação pode ser vital em outro ambiente/situação.

Metodologia: O jogo consiste em um tabuleiro (imagem 1), cinco jogadores (ou grupos de jogadores), dados, uma pilha de cartas com características e uma pilha de cartas com eventos. Cada jogador começa com três características (exemplos: gene de resistência a

determinada doença, asas, pelos, nadadeiras, endotermia, guelas, veneno etc.), divididas de forma que possam ser repetidas entre os jogadores, mas não repetidas na mão de um mesmo jogador. Cada jogador lança os dados para determinar quantas casas andar. Quando o jogador cair em uma casa verde, ele compra uma característica e quando cair numa casa vermelha, ele perde uma característica. Cada jogador pode ter no máximo sete características. A partir desse número ele deve comprar da pilha (caso caia em uma casa verde) e escolher uma característica para voltar ao baralho. Caso algum jogador fique sem nenhuma característica, ele pode continuar jogando, na tentativa de cair em casas verdes e comprar novas características. Entretanto, ele morre no primeiro evento que exija uma característica da qual não disponha. Caso um jogador sem nenhuma característica caia em uma casa vermelha ele não executa nenhuma ação e passa a vez para o próximo jogador.

A cada quatro rodadas, os jogadores compram uma carta de evento. Nessas cartas haverá a descrição de um evento e quais características são necessárias para sobreviver a ele (exemplo: Inundação = houve uma inundação em todo o continente e apenas os jogadores que possuem asas, nadadeiras ou guelas sobreviveram). O último jogador que sobreviver é o ganhador.

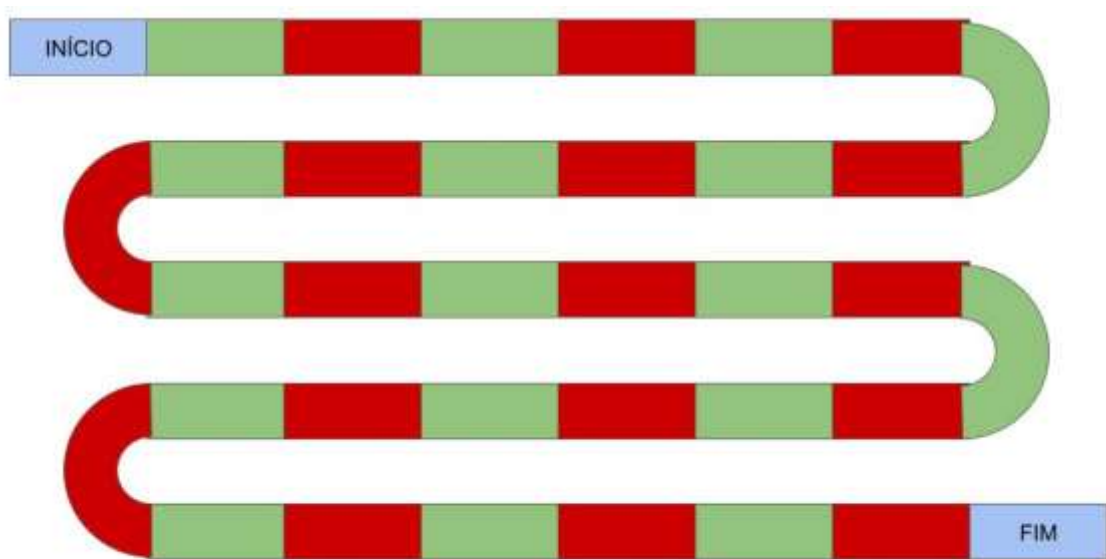


Imagem 1: imagem esquemática do tabuleiro. Autoria própria.

Após o jogo será feita uma discussão com a turma sobre as características e como cada uma delas é importante em um contexto/situação diferente. Espera-se que com isso os alunos entendam que não existe organismo mais evoluído que outro e que complexidade não necessariamente significa sobrevivência. Cada organismo é bem-adaptado para o ambiente em que ele vive e um organismo complexo e bem-adaptado a um ambiente pode não ser adaptado para outro.

Referências Bibliográficas

Cozzuol, M. A. (2 de Abril de 2012). DESIGN INTELIGENTE: EVOLUCIONISMO ou CRIACIONISMO? Fonte: Blog do Mestre Chassot: <http://mestrechassot.blogspot.com/2012/04/02-design-inteligente-evolucionismoou.html>

de Souza, R. F., de Carvalho, M., Matsuo, T., & Zaia, D. A. (2009). Evolucionismo x criacionismo: Aceitação e rejeição no século 21. *Ciência Hoje*, 36-41.

Futuyma, D. J. (Setembro de 2002). EVOLUÇÃO: FATO, TEORIA, CONTROVÉRSIAS. *Evolução, Ciência e Sociedade - Sociedade Brasileira de Genética*.

Lima, N. W., Vazata, P. A. V., Moraes, A. G., Ostermann, F., & Cavalcanti, C. J. de H. (2019). Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 155–189. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u155189>.

Martell, G., Santos, V., Savela, V., & Pavani, D., 2017. *O Mistério das Caixas: Introduzindo a Epistemologia de Karl Popper no Ensino Médio*. Salão UFRGS 2017: XIII SALÃO DE ENSINO DA UFRGS.

COLL, César e colaboradores. Construtivismo na sala de aula. 6 ed. - São Paulo. Ática, 2006.

Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2000). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência - Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 2(2), 110–132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>

Capítulo 4

O Fim da Picada: a jararaca-ilhoa como instrumento de investigação e engajamento na avaliação do conhecimento

Fábio Augusto Gomes Júnior

Luiz Gustavo Franco

Introdução

O objetivo dessa sequência é aproximar os alunos de conceitos evolutivos e incentivá-los a discutir sobre o tema, facilitando o entendimento da evolução de modo articulado aos processos de investigação científica. Para isso, é proposta uma Sequência Didática Investigativa a partir de uma pergunta orientadora:

“Por que as jararacas-ilhoa, da Ilha de Queimada Grande, são tão diferentes das outras jararacas?”

Não há uma “resposta correta” ao ser alcançada nesta sequência. Esperamos que os alunos, durante a construção de suas respostas, busquem estabelecer relações entre o ambiente e a evolução, por meio da seleção de determinadas características de uma população.

Sequência Didática: O fim da Picada

Objetivos da sequência:

- Aproximar os alunos de conceitos evolutivos;
- Facilitar o entendimento acerca dos mecanismos de adaptação no ambiente;
- Relembrar e aplicar o conceito de hereditariedade;
- Gerar discussões dos alunos sobre adaptação, seleção natural e evolução como um todo a partir de um exemplo real;
- Trabalhar o uso de evidências ao construir hipóteses.

A sequência é pensada para um momento de Ensino Remoto, em que as aulas são feitas à distância, com momento de aula síncrona e atividades assíncronas. Para as últimas, recomenda-se que o(a) professor(a) faça

formulários online para que os alunos preencham com suas respostas (por meio do Google Forms, por exemplo).

Pressupõe-se que tanto alunos quanto professores tenham acesso à internet e a plataformas que permitam comunicação via áudio e vídeo, bem como compartilhamento de tela. Além disso, em determinados momentos síncronos, buscou-se estimular a interação dos alunos por meio de discussões, motivando postura ativa dos mesmos para construção do próprio conhecimento.

Público-alvo: 9º ano do Ensino Fundamental

Duração sugerida: 6 aulas de 50 minutos cada

Materiais:

- Computador ou outro dispositivo com acesso à internet;
- Acesso à internet;
- Plataforma para comunicação via áudio, vídeo e que permita compartilhamento de tela;
- Plataforma que permita grupos em diferentes canais de áudio e vídeo para os momentos de discussão síncrona (caso o(a) professor(a) tenha uma equipe de apoio para formação de grupos);
- Material para apresentação do conteúdo de evolução;
- Formulários online para o preenchimento das respostas dos alunos em momentos assíncronos;
- Textos adaptados (dispostos ao longo da sequência);
- Acesso ao jogo “Seleção Natural” (link ao longo da sequência).

Atividade 1

Apresentação da pergunta investigativa

O(a) professor(a) disponibilizará o texto 1, sobre a Ilha das Cobras, para os alunos e irá propor a pergunta investigativa. O intuito dessa atividade é introduzir a pergunta investigativa e observar as hipóteses iniciais dos alunos. Por que as jararacas-ilhoa, da Ilha de Queimada Grande, são tão diferentes das outras jararacas? Cite duas hipóteses.

Texto 1:

A 35Km do litoral do estado de São Paulo, há uma ilha chamada Ilha de Queimada Grande, que é popularmente chamada de Ilha das Cobras! A ilha é habitada principalmente por uma jararaca endêmica: a jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*). De modo impressionante, a concentração dessa população alcança em torno de 45 cobras por hectare.¹ Não há mamíferos na ilha (com a exceção de morcegos) e a alimentação das cobras adultos consiste em predar aves. Sim! As cobras capturam aves para se alimentar nesta ilha!



Imagem aérea da Ilha Queimada Grande, também conhecida como Ilha das Cobras.

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ilha_da_Queimada_Grande_-_Itanha%C3%A9m2.jpg

Há cerca de 11 mil anos, no fim da era glacial, o nível do mar subiu e separou a faixa de terra do continente. Esse processo acabou prendendo os antepassados dessas cobras na ilha.



Jararaca-ilhoa da Ilha de Queimada Grande-SP.

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bothrops_insularis_Instituto_Butant%C3%A3_\(2\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bothrops_insularis_Instituto_Butant%C3%A3_(2).jpg)

Essas cobras são bastante diferentes de outras jararacas que vivem no continente: possuem uma coloração distinta, são arborícolas, se alimentam de aves

Atividade 2

Discussões sobre evolução e ambiente

O objetivo desse momento é incentivar a discussão entre os alunos em aula síncrona e aproximá-los de fatores ambientais que contribuem para adaptação e evolução, dando ferramentas para que respondam à pergunta investigativa.

Essa aula foi pensada para propiciar discussões entre grupos de alunos da turma. É possível fazer essa aula com a turma toda reunida e apenas o(a) professor(a) à frente, mas presume-se que a participação de cada aluno será menor.

O(a) professor(a) utilizará o jogo-simulador Seleção Natural ², disponível em <<https://www.noas.com.br/ensino-medio/biologia/evolucao/selecao-natural/>>, para demonstrar o papel de fatores ambientais na sobrevivência de uma população. Ele(a) compartilhará a tela com os alunos, onde mostrará o jogo.

Explicando o jogo

Nesse jogo-simulador, temos a população inicial (geração 0) de 2 coelhos, que geram descendentes. Dependendo de como o jogo é configurado, diferentes características vão ser selecionadas para serem passadas à próxima geração.

É possível mudar as configurações do jogo (na parte direita da tela):

- Será um ambiente mais quente ou mais frio? - No ambiente quente, a paisagem fica marrom, favorecendo os coelhos marrons, que conseguem se esconder melhor dos predadores. Já no frio, a paisagem fica branca, favorecendo os coelhos brancos, pelo mesmo motivo.

- Qual cor de pelo (branca ou marrom) será dominante ou recessiva? - Se relaciona com a escolha do ambiente, como dito acima, e definirá maior ou menor proporção dessas características na próxima geração.
- Presença ou ausência de lobos (predadores)? - Limitam o número de coelhos (recomenda-se adicionar os lobos durante ou após a geração 1, senão os coelhos morrem).
- Comida limitada ou não? - Limita o número de coelhos.

Após serem escolhidas as características, o(a) professor(a) deve pressionar “Adicionar um companheiro” para que a simulação comece. É possível pausar ou aumentar a velocidade da passagem de tempo.

No gráfico sob a tela de jogo são mostradas as proporções de cada fenótipo em cada geração, bem como a quantidade total de indivíduos em cada geração.

Momento da aula

O(a) professor(a) explica o que é o jogo para os alunos. Em seguida, coloca o ambiente frio, não seleciona mutações, não limita a comida, nem insere predadores. Então, pergunta aos alunos o que acham que acontecerá se deixar os coelhos com comida ilimitada e sem predadores. Seguirá o jogo e, em algumas gerações, os coelhos “dominarão o mundo”.

Todos discutem se o que aconteceu estava de acordo com o que haviam suposto. O(a) professor(a) pergunta o que acham que aconteceria se, dessa vez, limitassem a comida dos coelhos e introduzissem predadores.

Após algumas gerações, o número de indivíduos na população se estabiliza.

Todos comparam se o que aconteceu está de acordo com o que haviam suposto. O(A) professor(a) fala um pouco sobre como fatores do ambiente influenciam o número de indivíduos numa população, relacionando com conteúdo visto.

Agora, o(a) professor(a) vai reiniciar a simulação, dessa vez inserindo uma mutação: vai colocar o pelo marrom como dominante. Vai limitar a comida, mas não vai inserir os predadores. Ele(a) pergunta aos alunos o que acham que acontecerá.

Após a população se estabilizar, ele(a) diz que irá inserir os predadores e pergunta aos alunos o que acham que acontecerá. Após algumas gerações, os coelhos marrons deixarão de existir. O(a) professor(a) deve perguntar aos alunos o porquê. Deve retomar o conteúdo visto sobre características diferentes e sua relação com adaptação.

Depois, o(a) professor(a) irá reiniciar a simulação, dessa vez no ambiente quente. Ele colocará a coloração marrom como dominante, comida limitada e sem lobos e deixará a população se estabilizar.

Então, introduzirá os lobos e, algumas gerações depois, quase não haverá coelhos marrons. O(a) professor(a) deve discutir o motivo com os alunos, incentivando-os a descobrirem sozinhos.

Ao final da aula, o(a) professor(a) deve dar a resposta (se não tiver sido descoberta pelos alunos), explicando o porquê. Ele(a) deve falar sobre como características diferentes podem favorecer determinados indivíduos num determinado ambiente e como, ao longo do tempo, uma nova espécie pode surgir. A proposta é que o fenômeno explorado no simulador seja utilizado como modelo para análise das hipóteses sobre as jaracacas-ilhoa.

Atividade 3

Consolidando os significados explorados na discussão

O intuito desta atividade é consolidar alguns conceitos e elaborar o que foi aprendido na Aula Síncrona anterior. Além disso, a pergunta investigativa será reapresentada e os alunos devem tecer hipóteses para respondê-la.

Questão 1

Quais coelhos estavam mais adaptados ao ambiente quente: os brancos ou os marrons? Como isso se relaciona com a presença de lobos?

Questão 2

Quais características você diria que os lobos precisariam ter para estar mais adaptados ao ambiente? Cite pelo menos 3.

Questão 3

A partir das nossas discussões sobre a população de coelhos, iremos retomar nossa pergunta inicial sobre a jararaca-ilhoa. Para isso, leia o Texto 2.

Texto 2

A famosa Ilha das Cobras (Ilha Queimada Grande), não possui mamíferos além de morcegos. A ilha habitada principalmente por uma cobra bem específica: a jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*). Essa espécie de jararaca possui diversas características que a diferenciam da jararaca comum (*Bothrops jararaca*).

- ❖ Ela é menos pesada;
 - ❖ Sua pele é mais elástica;
 - ❖ Vive nas árvores;
 - ❖ Possui uma cauda preênsil (ou seja, capaz de se agarrar aos galhos de árvores);
 - ❖ Seus dentes são mais curvos;
 - ❖ Seu veneno é mais forte para aves que para mamíferos;
 - ❖ Ela consegue erguer mais a cabeça;
 - ❖ Seu coração bombeia com mais facilidade o sangue para o seu cérebro;
 - ❖ Se movimenta pouco sobre o solo;
 - ❖ Possui atividade crepuscular e noturna.
- a) Retome as hipóteses que você elaborou na Atividade 1. Tendo em vista os dados apresentados no texto 2, como você avalia suas hipóteses iniciais?
- b) Você gostaria de elaborar uma nova hipótese, à luz desses novos dados?

Atividade 4 (síncrona)

Nesse momento, os alunos devem discutir sobre a pergunta investigativa. Espera-se que utilizem o que foi aprendido nas últimas aulas para basear seus argumentos.

Essa aula foi pensada para propiciar discussões entre grupos de alunos da turma. Para isso, o(a) professor(a) deverá contar com monitores ou estagiários que estejam à frente de cada grupo e com uma plataforma que permita sua entrada e saída das diferentes chamadas para acompanhar as discussões. É possível fazer essa aula com a turma toda reunida e apenas o(a) professor(a) à frente, mas presume-se que a participação de cada aluno será menor.

O(a) professor(a) irá propor uma discussão sobre a Questão 3 da Atividade 3, a pergunta investigativa. Os alunos deverão compartilhar suas respostas (as hipóteses feitas e as evidências encontradas) e deverão chegar a uma conclusão. O (a) professor(a) deverá guiar a discussão.

Após as discussões, a proposta é que o professor possa apontar diferenças entre as jararacas, indicando as adaptações da jararaca-ilhoa que favoreceram seu modo de vida:

- Jararaca-ilhoa possui hábito diurno, jararaca comum possui hábito noturno
- Jararaca-ilhoa se alimenta de aves, jararaca comum se alimenta de roedores e pequenos mamíferos
- Jararaca-ilhoa é mais arborícola, jararaca comum é mais terrestre

É importante retomar a noção de adaptação explorada na atividade 2, com o simulador de seleção natural. Isto é, retomar a seleção natural como proposta explicativa dos processos investigados, tanto com a população de coelhos, quanto com a população de jararacas. Uma forma interessante de finalizar a atividade é propor a elaboração de um texto (individual ou coletivo) explicando os processos naturais que envolveram os fenômenos discutidos com ambas as populações.

Referências

CRUZ, Camila. **Jararaca**. Infoescola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/repteis/jararaca/>>. Acesso em 30 de outubro de 2020.

Fiocruz. **Jararaca**. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/jararaca.htm>>. Acesso em 30 de outubro de 2020.

MELLO, Fernando. **Butantan estuda efeitos locais do veneno da Jararaca**. Instituto Butantan, 2002, Ano 35, Edição nº 22, Saúde. AUN USP. Disponível em: <<http://www.usp.br/aunantigo/exibir?id=493&ed=46&f=15>>. Acesso em 30 de outubro de 2020.

SILVEIRA, Evanildo da; **A ilha do litoral de São Paulo com a segunda maior concentração de cobras no planeta**. BBC News Brasil. São Paulo, 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-43115867>>. Acesso em 30 de outubro de 2020.

University of Colorado. **Seleção Natural**. CNEC NOAS. Disponível em: <<https://www.noas.com.br/ensino-medio/biologia/evolucao/selecao-natural/>>. Acesso em 30 de outubro de 2020.

Capítulo 5

Desvendando o papel da genética no mundo da evolução: uma sequência investigativa para avaliar o conhecimento sobre ciências

Izabela Mamede
Marcela Mattos
Maria Eugênia Reis
Rachel Bianchi
Zandora Hastenreiter
Luiz Gustavo Franco

Fundamentação teórica

Neste capítulo, propomos uma sequência de atividades relacionadas ao ensino de Genética e Evolução pelo viés da biologia molecular. Temos como objetivo criar uma abordagem interativa que demonstre possíveis associações entre diferentes áreas das ciências biológicas e a informática.

Nos dias atuais, o ensino de Genética e Evolução dentro do ambiente escolar geralmente carece de práticas investigativas que garantam um processo ensino-aprendizagem orientado pela articulação entre conhecimentos conceituais e práticas epistêmicas da ciência (Franco & Munford, 2020).

O caráter abstrato dos conceitos evolutivos faz com que o ensino de evolução seja bastante complexo (Smith, 2010). O ensino histórico do conhecimento evolutivo, passando por todos os pensadores e suas ideias até Darwin é bastante comum, mas geralmente explorado de modo problemático. Conceitos e ideias como as de Lamarck tendem a ser melhor compreendidos e muitos estudantes associam conceitos lamarckistas à evolução biológica mesmo depois de aprenderem sobre seleção natural.

Os avanços tecnológicos gerados pelo conhecimento científico, desde as ideias de Charles Darwin e Gregor Mendel, beneficiam a sociedade de maneiras revolucionárias. As aplicações de princípios genéticos e técnicas de bioinformática no prognóstico e tratamento de doenças, por exemplo, já possuem grandes implicações para o futuro da medicina. Além disso, o entendimento da biologia molecular associado a diferentes métodos computacionais é utilizado em pesquisas que visam a preservação da biodiversidade e manejo das mais variadas espécies.

Os alunos tendem a desconhecer as relações entre essas diferentes áreas do conhecimento. Ferramentas de uso diário como computadores e smartphones podem atuar como aliados na construção do conhecimento em sala de aula. Esses dispositivos já fazem parte da construção do conhecimento científico e boa parte da pesquisa científica em ciências biológicas hoje já se tornou uma parte da grande área de ciência de dados (Navarro et al., 2019).

Objetivo da sequência

A sequência de atividades foi elaborada com a finalidade de explorar conceitos de evolução biológica de modo integrado a conhecimentos de biologia molecular e genética. A estrutura e metabolismo do DNA, além dos mecanismos de transmissão, mutação e seleção natural são conhecimentos de caráter conceitual envolvidos na sequência. O objetivo geral é que os alunos, ao final da sequência, possam compreender como ocorre a seleção natural e sejam capazes usar os conceitos de genética para explicá-la.

Algumas habilidades que serão trabalhadas durante a sequência didática e encontradas na BNCC:

(EF09CI11) Discutir a evolução e a diversidade das espécies com base na atuação da seleção natural sobre as variantes de uma mesma espécie, resultantes de processo reprodutivo.

(EF09CI10) Comparar as ideias evolucionistas de Lamarck e Darwin apresentadas em textos científicos e históricos, identificando semelhanças e diferenças entre essas ideias e sua importância para explicar a diversidade biológica.

(EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes.

(EF09CI09) Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos.

Atividade 1: Pensando sobre a estrutura e função do DNA

Nesta primeira atividade, os estudantes devem fazer, em duplas, um desenho esquemático no caderno, baseando-se em seus conhecimentos prévios, da estrutura do DNA.

Utilizando esses desenhos, os alunos devem elaborar uma hipótese para responder à seguinte questão: se a estrutura do DNA se parece com o modelo desenhado por vocês, como ocorreria o processo de passagem do material genético dos pais para os filhos? Essas hipóteses deverão ser elaboradas em duplas e, em seguida, discutidas com os colegas em grupos de 5 a 6 pessoas. Nesse processo, as duplas devem comparar seus modelos (desenhos) e explicações. Após a discussão, um dos alunos apresentará as principais hipóteses de seu grupo para a sala. A professora, enquanto isso, pode escrever no quadro as hipóteses principais de cada grupo sobre como o processo ocorre.

A partir disso, a professora pode iniciar uma discussão com a turma relacionando as hipóteses concordantes e deixando os alunos pensarem e discutirem as hipóteses discordantes. Em alguns casos, se duas hipóteses sugeridas por diferentes grupos foram “duplicação do DNA” e “o DNA se copia”, ambas podem ser combinadas na mesma hipótese.

Após essa dinâmica discursiva inicial, a professora poderá usar o vídeo: “*From DNA to Protein - 3D*” (<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>), que está disponível com legenda no YouTube. Por meio da animação, os estudantes poderão usar novos dados para analisar as hipóteses em discussão. Cabe destacar que, por enquanto, a professora ainda não explicará em detalhes os processos de transcrição, tradução e replicação.

Atividade 2: Evolução e Seleção Natural

A segunda proposta de atividade é baseada na viagem que Charles Darwin fez a bordo do navio HMS Beagle entre 1831 e 1836 e, mais especificamente, nas observações que Darwin fez nas Ilhas Galápagos (observação essas publicadas no livro *A Origem das Espécies*).

Ao iniciar a atividade, a professora irá apresentar para os alunos a geografia das Ilhas Galápagos: distância entre o arquipélago e o continente, distância entre uma ilha e outra, sua origem a partir de formações vulcânicas milhões de anos atrás, e a intensa atividade vulcânica que existe nas ilhas até hoje. Sugerimos usar algumas fotos da ilha a partir de slides ou breves vídeos disponíveis no Youtube.

A partir dessa introdução, a sala será dividida em grupos e cada grupo receberá uma série de cards baseados no que Darwin observou na ilha: os tentilhões, os tipos de alimentos disponíveis, as tartarugas e

seus habitats. Esses cards estarão divididos tendo em vista algumas espécies presentes em cada ilha. A professora deve orientar os alunos a relacionarem as espécies com os habitats e alimentos lá presentes e como as características morfológicas dessas espécies estão relacionadas com o ambiente e os alimentos.

A comparação dentro de cada ilha será feita de início para que os alunos possam observar diferentes adaptações de animais dentro das ilhas. Cada grupo então deve elaborar uma hipótese para as diferenças e semelhanças entre os animais das ilhas e dos continentes. Essas hipóteses devem ser escritas nos cadernos, e posteriormente, a professora escreverá no quadro para uma dinâmica semelhante à que aconteceu na atividade anterior. É de se esperar que alguns grupos concluam ideias lamarckistas, no entanto, a professora não deve dar um nome ou passar a teoria de Lamarck em sala.

No momento seguinte, a partir das hipóteses escritas no quadro, a professora agrupará as ideias semelhantes e realizará uma discussão com toda a sala. Essa discussão será feita utilizando a linha do tempo onde a professora colocará os seres vivos em cada data os relacionando com as separações das ilhas, é importante que seja dada ênfase nos milhões de anos entre uma ilha surgir, um ser vivo mudar para lá e aparecerem seres vivos com características propícias a se viver naquela ilha. A discussão utilizará como base as hipóteses dos alunos e quais corroboram o que está sendo visto e quais não corroboram.

Ao final da dinâmica, a professora falará da seleção natural e do conceito de evolução biológica e de como as mutações no DNA são selecionadas se benéficas àquele ambiente e prejudicadas se ruins. A professora também pode citar que a grande maioria das mutações é neutra e por isso milhares de anos são necessários para uma característica nova benéfica surgir.

Atividade 3: Como a genética influencia a seleção natural

Essa atividade tem como proposta unir os conceitos passados na primeira aula com a seleção natural. Os alunos agora já compreendem que todos os seres vivos possuem uma estrutura chamada DNA dentro de suas células e sua expressão pode determinar o fenótipo dos indivíduos. O fenótipo é o conjunto de características observáveis em um organismo e é entendido como a soma do genótipo com o ambiente. Por exemplo, a cor de pele de uma pessoa é determinada geneticamente, entretanto quando vamos a praia a

exposição aos raios solares estimula a produção de melanina, podendo modificar a cor natural da pele durante um tempo.

A seleção natural proposta por Darwin e Wallace afirma que o meio ambiente seleciona os indivíduos que são mais aptos a se reproduzir. Dessa forma muitas vezes esses organismos serão selecionados pelo seu fenótipo. Um exemplo de uma seleção natural que ocorre devido a camuflagem são as mariposas *Biston betularia*, elas ocorrem em duas cores, uma mais clara e outra mais escura e possuem hábito de repousar sobre troncos de árvores. Antes da revolução industrial em Manchester, Inglaterra, sabia-se que a ocorrência das mariposas mais claras era mais frequente, entretanto após a revolução industrial o número de mariposas escuras ultrapassou as mais claras. Isso ocorreu pois o tronco das árvores escureceu devido a poluição, fazendo com que agora as mariposas mais claras se destacassem enquanto repousadas, atraindo os predadores.

Dessa forma a atividade que será realizada simula o que aconteceu com as mariposas de Manchester. A professora irá precisar de um cenário como uma cartolina ou uma foto que possa ser utilizada para camuflar as presas. Ela irá cortar pedaços de papel em duas cores (uma clara e uma escura) e dos mesmos tamanhos. Cada papel irá representar uma presa (serão utilizados a analogia de coelhos), coelhos claros e escuros. Os coelhos claros são homozigotos recessivos e os coelhos escuros são heterozigotos ou homozigotos



dominantes. A professora deverá escrever no verso do papel quantidades iguais de homozigotos e heterozigotos como na figura 1.

Figura 1: Representação do material disponibilizado.

Com tudo preparado a professora irá pedir para que 4 alunos fiquem na porta da sala e esperem serem chamados. Para o restante da classe será contada uma pequena história (Texto 1) e como será realizada a prática. Serão posicionados 10 coelhos de cada genótipo de forma aleatória pela imagem. A cada rodada (após cada predador retirar os coelhos) serão formados casais aleatórios entre os coelhos e cada um irá gerar

um filhote (será sorteado caso exista mais de uma opção de genótipo para o filhote). Então esses filhotes serão colocados na imagem também de forma aleatória. Caso o predador não selecione nenhum coelho não há problema, nem sempre o predador consegue se alimentar em todas as suas tentativas de ataque.

“Imagine que você é um biólogo encarregado de monitorar uma população de coelhos selvagens de uma certa região. O cenário que você avaliará será representado por uma cartolina ilustrada, com figuras móveis de animais representados por pedaços de papel. Nos coelhos dessa atividade, o tipo de interação gênica que determina o fenótipo de sua pelagem é a dominância completa, ou seja, na presença de um alelo dominante, o outro alelo completamente recessivo não é expressado. Coelhos que possuem no mínimo um alelo dominante no locus que expressará a característica para a cor do pelo, apresentam coloração marrom, ou seja, independente de ser BB ou Bb para a característica, o animal possui pelagem marrom. Já os coelhos que possuem ambos os alelos recessivos, ou seja, são bb para a característica, possuem pelagem branca. Sua missão inicial é fazer a contagem de indivíduos de cada cor, durante quatro semanas (simuladas). Os quatro colegas que foram selecionados irão atuar como predadores. A luz da sala será apagada e um dos alunos predadores ficará posicionado perante a cartolina, de olhos fechados, e serão instruídos a abri-los rapidamente - por alguns segundos - e em seguida deverão selecionar um coelho, ele será retirado do ambiente. Isso se repetirá durante sete vezes (noites simuladas). Sua missão, após a contagem dos animais dia após dia, é observar qual pelagem de coelhos está aumentando em frequência na população, e qual está diminuindo, ou caso seja o caso, observar se as frequências se mantêm. Em seguida você deverá elaborar uma hipótese que explique o cenário observado.”

Texto 1: História que será contada para os alunos e explicação da prática. Autoria própria



Figura 2: Como o cenário ficará após colocar os papéis representando os coelhos.

Atividade 4: Mutação como um processo aleatório

A palavra mutação, fora do contexto científico, é muitas vezes vista somente como algo desfavorável. A realidade é bem longe desse cenário, e as mutações são justamente o que propiciaram a diversidade de organismos que encontramos atualmente. Além disso, há também a concepção de que as mutações são sempre induzidas - por exemplo, pelo sol, por radiação, entre outros - algo que também não

condiz com a realidade, já que, apesar desses e outros agentes serem sim mutagênicos, muitas mutações acontecem de forma aleatória no DNA, como os erros de replicação da própria DNA Polimerase e as desaminações. Outro ponto importante de se levantar em sala de aula é sobre quais mutações a seleção natural age, por exemplo, as mutações em células somáticas não são herdadas como as mutações das células germinativas são, sendo esse uma característica essencial quando discutimos seleção natural.

Para essa atividade usaremos um modelo de DNA para que os alunos possam visualizar como mutações podem ocorrer e se espalhar por uma população.

Livremente inspirada na atividade proposta em (Merta et al., 2020). O artigo apresenta um modelo de DNA feito a partir de miçangas e arame. A adaptação que propomos consiste em criar este mesmo modelo de molécula de DNA e os alunos irão atuar como a DNA Polimerase replicando o DNA.

Para o experimento precisaríamos de pedaços de arame para representar o arcabouço do DNA e miçangas de 4 cores diferentes para representar as bases nitrogenadas Adenina, Citosina, Guanina e Timina. Inicialmente, a professora deve construir uma molécula de dupla hélice com o arame, como esquematizado na figura 3 - a curvatura da dupla hélice não precisa ser feita, pois pode atrapalhar nas fases seguintes da dinâmica. A professora então, após separar a molécula em duas (ela pode citar que a separação das fitas acontece pela ação da helicase), irá entregar para 2 alunos diferentes cada “fita” do DNA. Os alunos irão replicar essa molécula: para tal, também entregamos ao aluno um pedaço de arame e um saquinho com as miçangas (as bases nitrogenadas). Com esse material em mãos, eles devem criar uma nova fita copiando a fita que receberam, neste momento eles devem saber e aplicar o conceito de complementaridade de bases. A quantidade de bases nitrogenadas representadas inicialmente deve ser definida levando em conta que com poucas bases os alunos dificilmente irão errar a replicação e com muitas bases, é possível que a atividade fique maçante para os alunos. No final da atividade, após todos os alunos terem sua vez atuando como DNA Polimerase, a professora deve mostrar qual era a composição da molécula original e os alunos irão comparar com as versões finais da molécula. Em uma sala com 30 alunos, terminariamos com 16 moléculas de DNA.

Certamente veremos erros de replicação e esses ocorreram aleatoriamente, pois os alunos não foram orientados a trocar as bases, mas mesmo assim o fizeram sem intenção. A partir dessa conclusão, a professora pode discutir como essas mutações não necessariamente são ruins, apesar de às vezes o serem. A professora pode mostrar um exemplo em que essa mutação garantiu uma vantagem ao organismo portador e que caso

seja herdável - ou seja, presente também nas linhagens germinativas do organismo, ela eventualmente pode ser fixada na população pois irá ser passada para as gerações seguintes. A professora também deve discutir sobre as mutações que trazem desvantagem ao organismo, um exemplo clássico é a anemia falciforme.

A Universidade de Berkeley disponibiliza uma página intitulada “*Understanding Evolution*”, onde é possível encontrar diversos tipos de conteúdos que ajudam a - como o próprio nome diz - entender a evolução. Uma dessas páginas (*A Case Study of the Effects of Mutation: Sickle Cell Anemia*, n.d.), apresenta os efeitos que uma mutação no gene da hemoglobina apresenta no organismo, tanto negativos como positivos. A tradução deste texto se encontra: https://docs.google.com/document/d/1xnavHpYN5klqxi8wcND_y2_wBU0kVmx6ar6iJ_XT7M/edit?usp=sharing. Perguntas como: em quais situações e locais é vantajoso ao portador carregar um gene mutado da hemoglobina podem ser levantadas e discutidas.

Figura 3: Esquema da molécula de DNA feita com miçangas e arame. Fonte: Autoria própria

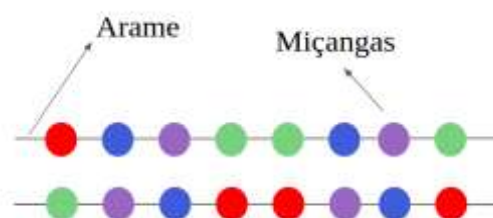
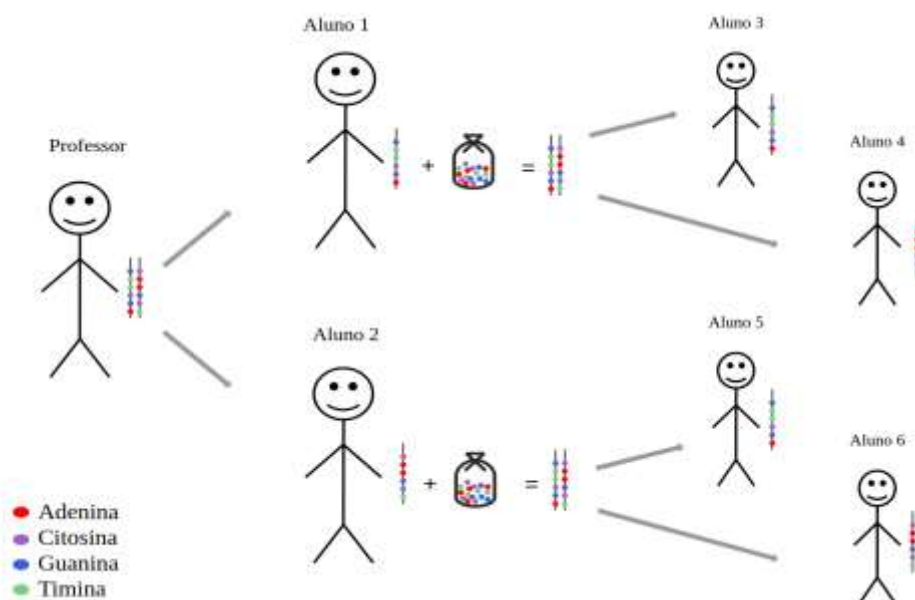


Figura 4: Esquema da dinâmica de Replicação de DNA. Fonte: Autoria própria.



Atividade 5: Montagem de árvore filogenética

Esta última atividade tem como propósito demonstrar como os genes e suas mutações interferem em uma espécie favorecendo a modificação das espécies, até que a especiação ocorra. Desta forma, todos os conceitos vistos nesta sequência proposta seriam arrematados e utilizados aqui.

A primeira etapa desta atividade seria deixar claro aos alunos como o sequenciamento de DNA é feito e quais os materiais requeridos para tal. O vídeo “*How to sequence the human genome - Mark J. Kiel*” (<https://www.youtube.com/watch?v=MvuYATh7Y74>) é um bom ponto de partida para explicar o processo de sequenciamento e como os resultados são alcançados. Posteriormente, seria apresentado aos alunos, os índices de divergências nos sequenciamentos de algumas espécies de primatas, mostrando qual a porcentagem de divergência existente entre as espécies.

	<i>Homo sapiens</i>	<i>Pan troglodytes</i>	<i>Gorilla gorilla</i>	<i>Pongo pygmaeus</i>	<i>Macaca mulatta</i>
<i>Homo sapiens</i>	100%	98,39%	98,28%	96,61%	92,57%
<i>Pan troglodytes</i>	98,39%	100%	98,16%	96,48%	92,41%
<i>Gorilla gorilla</i>	98,28%	98,16%	100%	96,53%	92,62%
<i>Pongo pygmaeus</i>	96,61%	96,48%	96,53%	100%	92,57%
<i>Macaca mulatta</i>	92,57%	92,41%	92,62%	92,57%	100%

Tabela 1: Proximidade genômica entre os grandes primatas. Fonte: (Miyamoto et al., 1988).

Seria interessante uma apresentação da professora do tamanho de cada genoma dessa tabela e do motivo pelo qual não será trabalhado com esse genoma em sua totalidade na aula. A introdução do conceito de genoma e como isso se relaciona com o DNA também é de suma importância. Nesse nível não é necessário que os alunos entendam da complexa regulação do DNA não codificante, mas somente que este existe e é dele que vem a maior parte do tamanho dos genomas.

O primeiro passo para realizar uma comparação entre genótipos de espécies diferentes é alinhar as sequências, isso vai mostrar aos alunos onde cada letra (que representa os diferentes nucleotídeos) naquela sequência alinha com a outra, existem vários softwares simples de alinhamento mas como é um experimento

os alunos serão mostrados ao BLAST que é um alinhador de duas ou mais sequências [https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch&BLAST_SPEC=blast2seq&LINK_LO](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch&BLAST_SPEC=blast2seq&LINK_LOC=align2seq)
[C=align2seq](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch&BLAST_SPEC=blast2seq&LINK_LOC=align2seq) que é um alinhamento no navegador a partir do input das sequências. Nele, a professora deve usar um exemplo de como utilizar o software utilizando duas outras espécies similares como lêmures e outros primatas arbóreos.

Sugerimos que a professora utilize uma sequência menor, um ou dois genes, e não o genoma completo dos indivíduos para o processo ser mais rápido. Um exemplo interessante são os genes do sistema imune, como as cadeias que codificam o sistema de histocompatibilidade (MHC), que são parte de uma sequência interessante e funcionam tanto como exemplo quanto para gerar uma árvore interessante para os alunos. As sequências das partes do MHC I podem ser obtidas no refseq (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NM_004048.4 para uma porção do MHC humana), para os alunos esse gene pode ser apresentado como um gene essencial na resposta imune do indivíduo o qual compartilhamos com todos os mamíferos.

Após o alinhamento a professora vai apresentar o software para realizar a filogenia (https://www.ebi.ac.uk/Tools/phylogeny/simple_phylogeny/), é pressuposto que os alunos já tenham alguma experiência com árvores filogenéticas do conteúdo de zoologia. Ambos os programas são simples de usar e apenas necessitam que a sequência ou o alinhamento sejam colocados nos espaços em branco.

Essa atividade se beneficiaria muito da presença de um ou dois monitores na sala de informática para poder guiar os alunos com dúvidas de execução juntamente com a professora. Deve ser sempre avisado que está sendo mostrado um alinhamento e uma árvore com uma parte muito pequena do genoma pois seria impossível no tempo de uma atividade alinhar e produzir uma árvore com o genoma completo dos primatas, já que este tem bilhões de pares de bases.

A árvore final será uma representação muito próxima da Tabela 1, devido ao gene escolhido para a análise. Com esse resultado os alunos terão feito uma análise genética a nível molecular pela primeira vez e com ela confirmado a proximidade da nossa espécie com os grandes primatas. É possível que esse resultado leve a uma discussão para ser abordada em atividades futuras sobre como nos originamos dos primatas e a quantos milhões de anos atrás houve essa diferenciação.

É possível realizar variações dessa mesma atividade analisando as diferentes populações humanas e suas diferenças para explorar o conceito de “raça” na espécie humana, mas tal seria muito mais proveitoso como uma atividade interdisciplinar incluindo áreas como história e filosofia.

Avaliação

A avaliação dessa sequência de atividades será por meio de uma prova escrita aberta onde serão explorados os conceitos passados como a estrutura do DNA, mutações, evolução e árvores filogenéticas.

Referências Bibliográficas

- A case study of the effects of mutation: Sickle cell anemia.* (n.d.). Retrieved March 21, 2021, from https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/mutations_06
- Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415–427.
- De León, L. F., Podos, J., Gardezi, T., Herrel, A., & Hendry, A. P. (2014). Darwin’s finches and their diet niches: the sympatric coexistence of imperfect generalists. *Journal of Evolutionary Biology*, 27(6), 1093–1104.
- Ferry, G. (2019). The structure of DNA. *Nature*, 575(7781), 35–36.
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 687–719.
- From DNA to protein - 3D.* (2015, January 7). [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>
- How to sequence the human genome - Mark J. Kiel.* (2013, December 9). [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MvuYATH7Y74>
- Merta, L., Pinkr, T., & Janštová, V. (2020). A Hands-On Set for Understanding DNA Replication, Transcription & Polymerase Chain Reaction (PCR). *The American Biology Teacher*, 82(1), 49–51.
- Miyamoto, M. M., Koop, B. F., Slightom, J. L., Goodman, M., & Tennant, M. R. (1988). Molecular systematics of higher primates: genealogical relations and classification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85(20), 7627–7631.
- Navarro, F. C. P., Mohsen, H., Yan, C., Li, S., Gu, M., Meyerson, W., & Gerstein, M. (2019). Genomics and data science: an application within an umbrella. *Genome Biology*, 20(1), 109.
- Smith, M. U. (2010). Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. In *Science & Education* (Vol. 19, Issues 6-8, pp. 539–571). <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9216-4>

Capítulo 6

Avaliando o saneamento básico e condições socioambientais

Adalberto Sales Miranda Junior
César Augusto Manduca e Silva
Cristiane Bernardo da Silva
Mariela Resende Ribeiro
Luiz Gustavo Franco

Fundamentação teórica

Ao longo dos anos, a ciência e a tecnologia têm ocupado um espaço cada vez maior na sociedade, impactando fortemente na tomada de decisões. Considerando que a educação possui um papel fundamental na formação do indivíduo, é necessário que sejam propostos currículos que trabalhem o pensamento crítico e permitam que o aluno seja capaz de ponderar e participar dos processos provenientes de avanços científicos e tecnológicos, juntamente com as pautas sociais. Assim sendo, para a elaboração e planejamento desta sequência didática, foram escolhidas duas abordagens de ensino: a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) e o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI).

Segundo Bybee (1987), a orientação curricular de CTS contemplaria a apresentação de conhecimentos científicos e tecnológicos em cenários sociais, a inclusão de conhecimentos tecnológicos e a tomada de decisão sobre temas sociais relevantes, permitindo que os alunos associem questões do cotidiano ao conhecimento científico, com base em um viés histórico, ético, socioeconômico e também político. A partir desta abordagem, fica mais nítida a necessidade da construção de um currículo que não reproduza as dominações e desigualdades, que não tenha como resultado alunos meros repetidores e que o conhecimento científico seja passado não de forma imperativa, mas que também reconheça e valorize as demandas e saberes sociais.

Os aspectos centrais desta abordagem são a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades e valores que permeiam a natureza humana, como autoestima, empatia, pensamento lógico e racional para resolução de problemas, além de responsabilidade social, colaboração e cooperação. O enfoque CTS irá abordar questões socioeconômicas, propondo uma reflexão crítica sobre aspectos típicos do sistema

capitalista, assim como o impacto entre consumo e sustentabilidade. Além disso, espera-se que os estudantes possam compreender temas locais e globais, refletindo sobre como suas ações podem impactar a sociedade como um todo, além de ampliar a compreensão do seu papel enquanto cidadão, ultrapassando uma visão de mundo individualista (Santos & Mortimer, 2002).

Assim como o CTS, o EnCI também envolve a resolução de problemas, possibilitando uma reflexão e compreensão mais aprofundada das questões propostas, sem que o currículo seja centrado apenas em conceitos científicos (Cardoso & Scarpa, 2018; Franco & Munford, 2020). Desta forma, os estudantes têm a oportunidade de elaborar e testar hipóteses, permitindo a construção de explicações e compreensão sobre diferentes fenômenos que surgem durante as investigações, privilegiando a autonomia intelectual do aluno (Sasseron, 2018).

Neste processo, os educandos são expostos a situações-problema a serem solucionadas, sendo importante a colaboração entre professor e alunos. Este diálogo fomentaria múltiplas interpretações das atividades, levando os estudantes ao debate e exposição das ideias durante as aulas.

Durante as etapas da investigação, justificativas são estruturadas e há articulação entre evidências e conclusões por meio de um processo que se assemelha à argumentação científica. Assim, as ações realizadas durante os processos argumentativos possibilitariam que os estudantes ampliassem seu entendimento sobre conceitos e práticas das ciências, aproximando a ciência escolar do fazer científico acadêmico (Franco & Munford, 2020). Além disso, vale ressaltar que o EnCI possibilita uma abordagem pedagógica que não se limita e não recomenda apenas o uso de práticas de experimentação em laboratório (Watanabe & Strieder, 2018; Franco & Munford, 2020). Logo, questões que envolvem problemas do cotidiano ou socioambientais, por exemplo, também podem ser objeto de investigações que permitam uma melhor compreensão da natureza de tais problemáticas (Watanabe & Strieder, 2018).

Tendo em vista as motivações e potencialidades de ambas as abordagens no que diz respeito à contextualização e aproximação dos conteúdos, valorização dos aspectos sociais para formação cidadã e científica, e possibilidade de utilização de metodologias para um aprendizado ativo e significativo, consideramos que elas oferecem um suporte consistente para trabalhar um dilema sócio-ambiental ainda recorrente - o saneamento básico no Brasil, tema desta sequência didática.

Objetivo da sequência

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), referentes ao ano de 2018, cerca de 47% da população brasileira não tinha acesso ao tratamento de esgoto (Velasco, 2020). Mesmo que tais dados sejam relativos há 3 anos, tudo indica que esta realidade não melhorou de forma significativa. Apesar da gravidade desse problema social, muitos estudantes ainda não têm conhecimento sobre os diferentes aspectos sociais, políticos e ambientais que o permeiam, bem como seus impactos na sociedade. Assim, seria interessante trazer tal discussão para a sala de aula, tendo em vista a necessidade de uma melhor compreensão e conscientização acerca deste tema.

De acordo com Zabala (2006), existem diferentes concepções sociais do ensino as quais trazem consigo diversas intenções ou propósitos educativos, que são responsáveis por determinar o grau de relevância de determinado conteúdo a ser ministrado. Para tanto, existem diversas classificações que podem ser atribuídas aos conteúdos, como por exemplo, a possibilidade de identificá-los como conceituais, procedimentais e atitudinais.

Ao categorizá-los, permite-se que sejam mais facilmente reconhecidos os propósitos por trás de prováveis atividades pedagógicas, bem como sua avaliação em termos de potencialidades, mensurando sua coerência e verificando se os objetivos foram realmente alcançados (Zabala, 2006). Os conteúdos conceituais envolvem a apresentação das explicações teóricas sobre conceitos, os procedimentais dizem respeito às ações práticas (escrever, discutir, apresentar) e por fim, os atitudinais que são as normas e valores que podem ser adquiridos a partir das práticas nas aulas (Zabala, 2006). É importante notar que estes conteúdos podem ser articulados ao mesmo tempo ao longo de uma prática, atingindo diferentes níveis de aprendizagem, de acordo com a forma na qual são planejados e mobilizados.

Nesse sentido, o professor pode relacionar os conhecimentos conceituais associados à saúde pública, como doenças decorrentes da falta de saneamento básico e as consequências para a qualidade de vida das pessoas; à ecologia, discutindo os impactos nos ecossistemas locais e na biodiversidade, abordando os tópicos como eutrofização, poluição de corpos d'água, ciclo hidrológico e importância na vegetação para conservação. Além disso, também é possível abordar as diferentes tecnologias disponíveis para a recuperação de áreas degradadas em consequência do descarte inadequado de esgoto não tratado, com enfoque para as soluções economicamente viáveis e sustentáveis.

Para estimular a compreensão dos motivos que levam a esse problema ainda presente nos dias atuais, os estudantes serão envolvidos em situações nas quais podem ser trabalhados conceitos procedimentais, como pesquisa, entrevista, debates em grupo e exposição de ideias, criação de soluções para situações-problema e discussão dos fatores políticos, econômicos, históricos e sociais atrelados ao problema do saneamento. Por fim, para os objetivos atitudinais, seria conveniente desenvolver habilidades de cooperação em grupo, fortalecer o senso crítico, identificar o papel e a responsabilidade dos indivíduos para a mudança da realidade, mostrando estratégias de mobilização político-social e valores a serem construídos.

Portanto, tendo em vista tudo que foi apresentado, esta sequência didática pretende motivar os alunos a refletirem sobre a seguinte pergunta: “Considerando os avanços tecnológicos e científicos no século XXI, por que ainda enfrenta-se no Brasil problemas referentes à falta de tratamento de água e esgoto?”, e espera-se que as atividades propostas contribuam efetivamente para o aprendizado dos alunos.

Atividade 1: O que é saneamento básico?

A atividade inicial da sequência didática tem por objetivo introduzir o tema principal, promovendo oportunidades de discussão sobre o que é saneamento básico e como este assunto dialoga com o cotidiano dos alunos e de seus familiares, além de propor oportunidades para a conscientização e discussão sobre o tema, expondo suas concepções prévias.

Antes do início dessa atividade, o professor deve solicitar aos alunos que respondam algumas perguntas a fim de coletar relatos de quatro familiares sobre o assunto (Quadro 1).

Para isso, o professor pode disponibilizá-las no *Google Forms*, para que os alunos o preencham com os resultados da pesquisa. A ideia é que, a partir das respostas dos estudantes, o docente possa apresentar os principais dados encontrados pela turma na forma de gráficos, por exemplo. Ainda como parte desta pesquisa, podem ser incluídos alguns questionamentos a fim de levantar as concepções prévias dos estudantes sobre o problema a ser abordado, além de avaliar como relacionam a temática com o cotidiano, discutindo sobre a realidade experimentada por muitos brasileiros.

Caso o docente não tenha condições de usar o *Google Forms*, ele pode apresentar as perguntas para que os alunos as registrem e posteriormente apresentem seus resultados utilizando o próprio caderno.

Modelo de formulário:

A) Perguntas direcionadas aos familiares:

1. Você tem acesso à água tratada?
2. Você tem acesso ao tratamento de esgoto?
3. Você conhece alguém que não possui acesso ao saneamento básico?
4. Como você acha que é a vida dessas pessoas?
5. A quais riscos elas estão submetidas?

B) Perguntas direcionadas aos alunos:

1. O que é saneamento básico?
2. Você sabe como é o saneamento na sua cidade?
3. Como você acha que a falta de saneamento básico pode afetar seu cotidiano?
4. De que forma a falta de saneamento básico interfere no meio ambiente?
5. Você acha que o acesso ao saneamento básico é um direito?

Quadro 1: Modelo de questionário para entrevista familiar e pessoal dos alunos.

Fonte: Os autores.

Durante a aula, antes de discutir os resultados obtidos através da entrevista, o docente irá apresentar o vídeo mostrando o ranking das piores cidades com problemas de saneamento básico no Brasil. Após a apresentação, o professor pode solicitar que os alunos se reúnam em grupos, para que eles discutam entre si e levantem possíveis comparações sobre a situação encontrada em suas entrevistas com as situações mostradas no vídeo. Ao longo da conversa, alguns questionamentos podem ser feitos, como:

- Você já viu situações semelhantes ao do vídeo em sua cidade?
- Por que você acha que as cidades com os piores índices de saneamento básico estão localizadas na região norte do país?
- Por que demora tanto para essas políticas serem implementadas?
- Quais são as semelhanças e diferenças com a minha cidade?
- Quais são os processos políticos envolvidos na implantação de sistemas de tratamento de água e esgoto?
- Você acha que existe alguma lei no Brasil relacionada ao saneamento básico?

Trabalhando em cima dessas perspectivas, o professor pode explorar o panorama político que abrange o tema do saneamento básico. Com isso, para reforçar o caráter essencial do acesso a esse recurso, pode ser interessante que o docente traga para a aula a Lei 11.445/2007, que garante o saneamento básico como um direito constitucional, alertando os alunos sobre os seus direitos. Além disso, o professor pode discutir com os alunos qual é o papel de cada ente federativo em relação ao saneamento básico, abordando aspectos relacionados à implementação e fiscalização. Para ampliar a perspectiva global, pode-se mencionar o Objetivo 6 (Água e Saneamento) de Desenvolvimento Sustentável da ONU, mostrando aos alunos o quão urgente é a discussão sobre o tema do saneamento básico e seus impactos para toda a população.

Youtube: Ranking das piores cidades em questão de saneamento no Brasil. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=Y8YBWbHuOcE&ab_channel=FalaBrasil. Acesso em: 15 mar. 2021

Atividade 2: Implicações ambientais do Saneamento Básico

O objetivo dessa atividade é correlacionar conceitos de meio ambiente com saneamento básico. A proposta é abordar alguns processos de poluição e degradação ambiental decorrentes da falta de saneamento, bem como soluções alternativas baseadas em conhecimentos de Biologia para solucioná-los. Neste momento, poderiam ser trabalhados conceitos como: eutrofização, poluição hídrica e conservação.

Antes de abordar esses tópicos de forma mais aprofundada, é conveniente que o professor retome o que foi discutido na primeira atividade, sintetizando os principais pontos abordados. Após esse momento

inicial, o docente pode instigar os alunos a pensarem como funciona o processo de tratamento de água e esgoto. Para isso, ele pode adotar a seguinte pergunta motivadora:

- Você já se perguntou como funcionam as diferentes etapas do processo de tratamento de água e esgoto?

Finalmente, para trabalhar os processos realizados em uma estação de tratamento de água, pode ser apresentado aos alunos o tour virtual elaborado pela empresa BRK Ambiental, que pode ser acessado em: https://www.brktransforma.com.br/portasabertas/eta_adultos/. Este tour pode ser feito sob mediação do professor, explorando junto com seus alunos e fazendo comentários ao longo da exposição. Caso o tour virtual não seja aplicável, o docente poderá utilizar vídeos do *Youtube* que também tratam do tema. É importante considerar a possibilidade de mediação enquanto os vídeos são assistidos. Algumas sugestões:

- *Youtube*: Como é feito o tratamento de água? Canal Manual do Mundo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=cWBSF0VyiMI&ab_channel=ManualdoMundo. Acesso em: 18 mar.2021.

- *Youtube*: Como é feito o tratamento de esgoto? Canal Manual do Mundo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=E3I74m_fQqA. Acesso em: 18 mar. 2021.

A ideia é que os alunos percebam como o processo de tratamento de água e esgoto é complexo. Além disso, seria importante que neste momento o professor mais uma vez estimule os alunos a pensarem nos riscos ambientais que as cidades que não dispõem de saneamento estão submetidas. Após a apresentação, o professor pode propor algumas perguntas, para as quais os alunos podem desenvolver certas hipóteses, exemplificadas a seguir:

1. De que forma a falta de saneamento básico interfere no meio ambiente?

- “Quando o saneamento é precário, há poluição da água nas proximidades”.
- “Se o lixo não for descartado corretamente, a água fica suja e fede”.
- “Facilita o aparecimento de doenças associadas à água”.
- “Se não há saneamento básico, não haverá interferência no meio ambiente. Algo que não existe não pode causar impactos”.

2. Como a paisagem natural influencia na gestão de recursos hídricos?

- “É necessário ter uma natureza preservada para manter a qualidade da água”.
- “Um ambiente mal cuidado pode contribuir para a falta de água em comunidades mais próximas”.
- “Pode ser mais custoso manter a mata na região do que retirá-la para construir estruturas para o saneamento”.

3. De que forma é possível conciliar a manutenção da paisagem natural com o saneamento básico?

- “As plantas ajudam a manter a qualidade da água, necessária para seu tratamento e distribuição”.
- “A vegetação no local pode evitar a erosão e acúmulo de resíduos no fundo dos corpos d’água”.
- “A existência de áreas de mata na proximidade mantém um ciclo de chuvas adequado e isso garante acesso à água para distribuição”.

A partir da coleta das hipóteses formuladas pelos alunos, o professor deverá, por meio do conteúdo programático, desenvolvê-las. É recomendado que as colocações dos estudantes sejam trabalhadas de forma integrada, gerando uma correlação entre os temas abordados.

Grupo de Hipóteses	Conteúdo
1.	Eutrofização e poluição hídrica
2.	Vegetação e ciclo hidrológico
3.	Conservação ambiental

Quadro 2: Exemplo de relação entre hipóteses propostas pelos alunos e conteúdo programático.

Fonte: Os autores.

Sugestões de materiais complementares para análise e utilização:

Eutrofização e poluição hídrica:

- Site Instituto de Biologia, USP: Eutrofização. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/des_eutro.htm#. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Instituto de Biologia, UFRRJ: Eutrofização. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/eut.htm>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Fundação Joaquim Nabuco: Principal causa de poluição da água, a falta de coleta de esgoto atinge 83% dos alagoanos e ameaça saúde e turismo.. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/revitalizacao-de-bacias/10516-principal-cao-de-poluicao-da-agua-falta-de-coleta-de-esgoto-atinge-83-dos-alagoanos-e-ameaca-saude-e-turismo>. Acesso em: 18 mar. 2021.

Vegetação e ciclo hidrológico:

- Site Juntos pela Água: Qual a relação entre a árvores e água. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2016/12/08/relacao-arvore-e-agua/> Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Salve as florestas, UFV. A função das florestas no ciclo hidrológico. Disponível em: http://www.salveasflorestas.ufv.br/?page_id=292. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Tnsul.com: Árvores contribuem para qualidade das águas Disponível em: <https://tnsul.com/2019/geral/arvores-contribuem-para-qualidade-das-aguas/> Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site do Sindicato dos Engenheiros no Estado do Espírito Santo: Brasileiro desenvolve sistema natural para tratamento de esgoto. Disponível em: <https://senge-es.org.br/brasileiro-desenvolve-sistema-natural-para-tratamento-de-esgoto/>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Ecycle: O que é jardim de chuva? Descubra vantagens e como fazer. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/9027-jardim-de-chuva.html>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- Site Ciclo Vivo: Jardins de chuva estão surgindo pela cidade de São Paulo. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/permacultura/jardins-de-chuva-estao-surgindo-pela-cidade-de-sao-paulo/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

Conservação ambiental:

- Site O Eco: Fica para depois... A rotina de descaso no saneamento de Guanabara. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/colunas/fica-para-depois-a-rotina-de-descaso-no-saneamento-da-guanabara/>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Portal saneamento básico: Poluição e avanço urbano ameaçam manguezais. Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/poluicao-ameacam-manguezais/>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Juntos pela água: Como a agricultura pode impulsionar a conservação na água. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2017/03/09/agricultura-conservacao/>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Site Saneamento Ambiental - Meio ambiente e saneamento caminham juntos. Criado pacto para preservação das Cabeceiras do Pantanal. Disponível em: <https://www.sambiental.com.br/noticias/criado-pacto-para-preserva%C3%A7%C3%A3o-das-cabeceiras-do-pantanal>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Youtube: Saneamento básico como preservação ambiental. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=r-D4HrktH0>. Acesso em: 18 mar. 2021.

Atividade 3: Saneamento Básico e a Saúde Pública - Elaboração de textos

O intuito desta atividade é proporcionar aos alunos uma oportunidade para refletir sobre o saneamento básico e seus impactos diretos e indiretos para a saúde pública brasileira. Será produzido um texto de caráter jornalístico e com linguagem acessível, que pode ser elaborado em casa, mediante orientação prévia. O professor incentivará que os alunos pesquisem, tragam informações e que se posicionem criticamente sobre o tema que exploraram. Além disso, seria interessante divulgar as produções dos alunos como um meio de informar às demais pessoas da comunidade quanto aos impactos do saneamento básico precário. Tais produções poderiam então ser veiculadas por meio de murais, revistas, entre outros recursos disponíveis ao professor e à escola. Para tanto, os alunos se dividirão em grupos, em que cada um será responsável por pesquisar um determinado tema, dentro das sugestões abaixo:

A) Impactos para a saúde pública:

- Número de internações.
- Sobrecarga do sistema de saúde.
- Análise de infraestrutura e acesso aos tratamentos.

B) Impactos econômicos e políticos:

- Contexto federal: gastos desmedidos e descentralizados.
- Desafios enfrentados nas gestões municipais.
- Aumento da desigualdade e impactos sociais.
- Elaboração de estratégias de monitoramento e políticas públicas.

C) Perspectivas científicas e tecnológicas:

- Possíveis medidas de mitigação de efeitos causados.
- Soluções a longo prazo para a falta de acesso ao saneamento básico.
- Aumento de investimentos para pesquisas e planejamento de ações.

D) Doenças de veiculação hídrica:

- Doenças negligenciadas, como a esquistossomose, por exemplo.
- Priorização desses assuntos nas agendas políticas.
- Educação ambiental.
- Impactos sociais.

Após a escrita dos artigos, haverá uma discussão entre os grupos com a mediação do professor, a fim de relacionar todos os tópicos abordados até o momento por meio de algumas perguntas direcionadoras:

- Como os aspectos sociais, econômicos, ambientais e sanitários do saneamento básico se relacionam?
- Tendo em vista o que foi discutido, quais estratégias podem ser formuladas para mitigar o problema da falta de acesso ao saneamento básico?

Para essa etapa, alguns materiais podem ser utilizados para auxiliar o docente na compreensão dos temas a serem pesquisados pelos alunos:

- Portal do Senado Federal: Mobilização contra o *Aedes*: Cidadão atua e fiscaliza o poder público.

Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/saneamento-basico/saneamento/mobilizacao-contra-aedes-cidadao-atua-e-fiscaliza-poder-publico>. Acesso em: 15 mar. 2021.

- Portal da Fundação Oswaldo Cruz: Habitação, saneamento básico e a proliferação de dengue, zika e chikungunya nas favelas. Disponível em: <https://rededengue.fiocruz.br/noticias/524-habitacao-saneamento-basico-e-a-proliferao-de-dengue-zika-e-chikungunya-nas-favelas>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Portal do Governo Federal: Falta de saneamento básico é considerado como um dos vilões da proliferação de Aedes aegypti. Disponível em: <https://www.gov.br/fundacentro/pt-br/assuntos/noticias/noticias/2016/4/falta-de-saneamento-basico-e-considerado-como-um-dos-viloes-da-proliferao-de-aedes-aegypti>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Portal de notícias G1: Brasil registra 40 mil internações por falta de saneamento básico nos três primeiros meses do ano; gastos chegam a R\$ 16 milhões. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/05/brasil-registra-40-mil-internacoes-por-falta-de-saneamento-nos-primeiros-tres-meses-do-ano-gastos-chegam-a-r-16-milhoes.ghtml>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Site Instituto Trata Brasil: Estudo mostra que diarreia, dengue e leptospirose crescem em cidades com saneamento básico precário. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/doencas/press-release.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Portal de notícias Uol: Como o atraso do saneamento no Brasil prejudica a saúde e a economia. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/08/09/como-o-atraso-do-saneamento-no-brasil-prejudica-a-saude-e-a-economia.htm>. Acesso em: 15 mar. de 2021.
- Portal de notícias BBC: “Pula no esgoto e nada acontece”. Brasil tem mais de 300 mil internações por ano por doenças causadas por falta de saneamento. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-52067247>. Acesso em: 15 mar.2021.
- Site Juntos pela Água: Poluição da água mata 1,8 milhão de pessoas por ano, diz estudo. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2017/11/01/poluicao-da-agua-mata-18-milhao-de-pessoas-por-ano-diz-estudo/>. Acesso em: 15 mar. 2021.
- Site Juntos pela água: Start-up mapeia vulnerabilidades sociais e econômicas às enchentes em tempo real. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2018/01/23/start-up-mapeia-vulnerabilidades-social-e-economica-as-enchentes-em-tempo-real/>. Acesso em: 15 mar. 2021.

- Site Juntos pela Água: Máquina imita nuvem e transforma ar em água potável com energia limpa. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2018/11/09/maquina-imita-nuvem-e-transforma-ar-em-agua-potavel-com-energia-limpa/>. Acesso em: 15 mar. de 2021.
- Site Juntos pela água: Equipamento transforma sobras de comida em água: entenda como. Disponível em: <https://www.juntospelaagua.com.br/2018/11/07/equipamento-transforma-sobras-de-comida-em-agua-entenda-como/>. Acesso em: 15 mar.2021.
- Portal de notícias Época: Até o fim do ano, você beberá água do esgoto. Disponível em: <https://epoca.globo.com/vida/noticia/2015/03/ate-o-fim-do-ano-voce-bebera-agua-do-esgoto.html>. Acesso em: 15 mar.2021.
- Portal de notícias R7: Água de esgoto pode se tornar potável após tratamento, explica especialista. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/agua-de-esgoto-pode-se-tornar-potavel-apos-tratamento-explica-especialista-06112014>. Acesso em: 15 mar. 2021.

Ao final dessa atividade, o professor pode disponibilizar um questionário a fim de avaliar como foi o processo de produção dos textos e de pesquisa das informações para elaborá-los. Esta avaliação pode oferecer ao professor um panorama geral das principais dificuldades encontradas pelos alunos, subsidiando o planejamento de futuras atividades. Observe o exemplo a seguir:

Formulário de avaliação da atividade:

Questão 1 - Avalie de 0 a 5 o seu nível de dificuldade para os seguintes tópicos relacionados à elaboração dos textos jornalísticos, onde 1 corresponde a “muito fácil” e 5 a “muito difícil”.

a) Pesquisa de informações.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

b) Análise e compreensão das informações pesquisadas.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

c) Elaboração do texto.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Questão 2 - De que forma a atividade contribuiu para o seu conhecimento e aprendizado?

Questão 3 - Durante a realização do trabalho, houve mudanças na sua percepção sobre os assuntos?

Questão 4 - O que mais chamou sua atenção na atividade?

Questão 5 - Você teria sugestões ou reclamações em relação à proposta da aula?

Quadro 3: Modelo de questionário para avaliação da atividade de elaboração de textos.

Fonte: Os autores.

Atividade 4: Pensando em soluções para o problema do saneamento básico no Brasil

O objetivo desta atividade é fazer com que os alunos avancem um pouco mais na discussão sobre o panorama político-social que envolve o problema do saneamento no Brasil.

A ideia é que eles se preparem para uma prática ao estilo de um júri simulado, para debater sobre a questão da privatização ou estatização deste serviço como solução para tal problemática social.

Antes da aplicação da atividade, o professor deverá enviar para os alunos um documento orientando sobre o funcionamento de um júri simulado e contendo as informações necessárias para a realização da atividade, como a divisão dos alunos em grupos e aspectos a serem avaliados.

A seguir está um exemplo de instrução a ser enviada:

Orientação para o júri simulado

→ O que é essa atividade?

Um júri simulado é uma prática em que podem ser trabalhados diversos temas, a partir de uma determinação prévia de funções entre os participantes, que participarão de uma exposição de ideias e um debate posterior.

→ Organização:

A turma será dividida em três grupos: Debatedores a favor da privatização, Debatedores contrários à privatização e Júri. A divisão dos alunos será feita pelo professor de forma aleatória, para tornar o processo mais justo. Durante a aula, haverá um momento em que os grupos poderão se reunir para discutir quais serão os argumentos iniciais a serem apresentados. Logo em seguida, o debate se iniciará, com cada grupo defendendo sua posição. Ao final do debate, o júri deverá ponderar sobre o que foi discutido e chegar a uma decisão, comunicando-a ao Juiz. O professor então considerará a decisão e, juntamente com sua observação do debate, irá chegar a um veredito.

→ Funções dos participantes:

Debatedores: Serão os responsáveis por apresentarem argumentos que possam corroborar com suas proposições.

Júri: Deverão considerar os argumentos apresentados pelos debatedores e julgar qual dos grupos de argumentos foi mais convincente.

Juiz: Função desempenhada pelo professor. Após ponderar sobre os argumentos apresentados pelos debatedores e sobre a decisão do júri, irá decidir o veredito final.

→ Etapas para a realização:

O juiz abre a sessão e o primeiro passo é determinar qual dos grupos (a favor ou contra) será o que inicializará a apresentação dos argumentos.

Socializar as ideias nos grupos - 15 min.

Apresentação de Argumento Principal - 10 min (5 min para cada grupo)

Debate entre os grupos - 30 min

Considerações finais - 10 min (5 min para cada grupo)

Ponderação e veredito - 10 min.

Obs: O veredito irá considerar o maior número de informações e argumentos que apresentem um sólido embasamento, para assim, escolher o grupo com o melhor desempenho, persuasão e poder argumentativo.

→ Aspectos a serem avaliados:

Nesta prática, serão avaliados:

1. Mobilização de conhecimentos biológicos para fundamentar os argumentos;
2. Estrutura e clareza da argumentação;
3. Nível de domínio do assunto;
4. Trabalho em equipe.

- Material adaptado de “Roteiro para realização de júri simulado”. Disponível em: <http://www.educacaofisica.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1275>.

Acesso em: 19 mar. 2021.

Quadro 4: Modelo de instrução para júri simulado.

Fonte: os autores.

Além da instrução para o júri simulado, o professor pode disponibilizar os seguintes materiais para a contextualização do tema. No entanto, é recomendado que os alunos sejam orientados a pesquisar além da bibliografia básica.

- *Youtube*: Privatizar é bom ou ruim? BBC Brasil. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dbl0ZE7i4Co&ab_channel=BBCNewsBrasil. Acesso em: 19 mar. 2021.
- *Youtube*: Por que quase metade dos brasileiros não tem rede de esgoto? BBC Brasil. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qoPNtMOBQsY&t=128s&ab_channel=BBCNewsBrasil . Acesso em: 19 mar. 2021.
- Site Jornal USP: Privatização do saneamento básico pode não chegar aos que mais precisam. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/privatizacao-do-saneamento-basico-pode-nao-chegar-aos-que-mais-precisam/> (- Privatização). Acesso em: 19 mar. 2021.
- Site Jornal USP: A privatização do saneamento precisa vir com estruturação de órgãos reguladores. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/a-privatizacao-do-saneamento-precisa-ir-com-a-estrutura-de-orgaos-reguladores/> (Privatização/ Estatização). Acesso em: 19 mar. 2021.
- Portal de notícias BBC News: Enquanto Rio privatiza, por que Paris, Berlim e outras 265 cidades reestatizaram o saneamento? Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-40379053> (- Privatização). Acesso em: 19 mar. 2021.
- Site VEJA: Privatizar ou estatizar? Como o mundo lida com o saneamento básico. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/mundo/privatizar-ou-estatizar-como-o-mundo-lida-com-o-saneamento-basico/> (Privatização/Estatização). Acesso em: 19 mar. 2021.
- Site BRK Ambiental: Privatização do saneamento: quais os impactos para a população? Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/privatizacao-do-saneamento/> (+ Privatização). Acesso em: 19 mar. 2021.
- Portal de notícias O Globo: Privatização do saneamento: quais os impactos para a população? Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/privatizacao-do-saneamento-permitira-expansao-do-servico-pais-precisa-de-450-bi-ate-2033-24481300> (+ Privatização). Acesso em: 19 mar. 2021.

Durante o debate do júri simulado, espera-se que os seguintes argumentos possam ser apresentados pelos alunos, desenvolvendo-os com base nas evidências e informações pesquisadas:

- + “Eu acho que o problema do saneamento básico poderia ser resolvido com um maior investimento financeiro por parte do poder público no setor”.

- + “Eu acho que deveria ter uma maior participação de empresas privadas, porque o poder público não está conseguindo resolver essa questão”.
- + “Eu acho que as próprias pessoas deveriam procurar alternativas para resolver o problema do saneamento, através de organizações não-governamentais e mutirões, porque o Estado e o setor privado não estão interessados nessa questão”.
- + “Eu acho que não adianta só ter maior investimento do setor público ou privado. Como é um problema mais complexo, tem que ter uma maior participação da sociedade, fiscalizando as ações feitas pelas autoridades e entendendo melhor cada realidade local em relação à falta de saneamento”.

Caso o professor ache conveniente, ele pode escolher alguns argumentos cruciais ou destacáveis que foram apresentados ao longo da discussão, e retomá-los com a turma. Com o término da atividade, espera-se que os alunos tenham ampliado sua visão sobre o assunto, mobilizando conhecimentos interdisciplinares e desenvolvendo habilidades de argumentação, enquanto refletem sobre a realidade do seu país.

Atividade 5: Roda de conversa

Para finalizar a sequência didática, o professor pode convidar os alunos a formarem uma roda de conversa para debaterem quais foram os pontos que mais lhes chamaram a atenção, discutindo aqueles aspectos que julgaram serem mais importantes. Além disso, é recomendado que o professor incentive que os alunos compartilhem suas principais impressões e dificuldades ao realizarem as atividades da sequência didática e que se autoavaliem em relação ao seu aprendizado e dedicação. Esta autoavaliação pode ser adaptada ao contexto de ensino: caso seja presencial, o professor pode eventualmente pedir uma avaliação simples por escrito, mas se for em uma modalidade de ensino remoto, pode ser enviada através de um e-mail.

Referências

- Bybee, R. W. (1987). Science education and the science-technology-society (STS) theme. *Science Education*, v. 71, n. 5, p.667-683. <https://doi.org/10.1002/sce.3730710504>
- Cardoso, M. J. C., & Scarpa, D. L. (2018). Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 1025–1059. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831025>
- Franco, L. G., & Munford, D. (2020). O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20(u), 687–719. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u687719>
- Lei n. 11445 de 5 de Janeiro de 2007 (2007). Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF. Recuperado em 15 de março de 2021, de <http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibmlink.php?numlink=1-98-24-2007-01-05-11445>.
- Munford, D., & Lima, M. E. C. de C. e. (2007). Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 9(1), 89–111. <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>
- Santos, W. L. P. dos, & Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência—Tecnologia—Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 2(2), 110–132. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>
- Sasseron, L. (2018). Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 1061–1085. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>
- Strieder, R. B. & Watanabe, G. (2018). Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. 18(3), 819–849. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183819>
- Velasco, C. (2020, Junho 24). Raio X do saneamento no Brasil: 16% não têm água tratada e 47% não têm acesso à rede de esgoto. *Portal G1*. Recuperado em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/24/raio-x-do-saneamento-no-brasil-16percent-nao-tem-agua-tratada-e-47percent-nao-tem-acesso-a-rede-de-esgoto.ghtml>.
- Zabala, A. *Os enfoques didáticos*. (2006). In C. Coll. (Ed). *Construtivismo na sala de aula* (Cap. 6, pp. 156–193). São Paulo: Ática.

Trabalho financiado pelo CNPq - Conselho Nacional de
Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Ministério da Ciência,
Tecnologia e Inovações, Brasil. (Processo: 402839/2024-2).

EduCAPES | 1. ed. | 2026