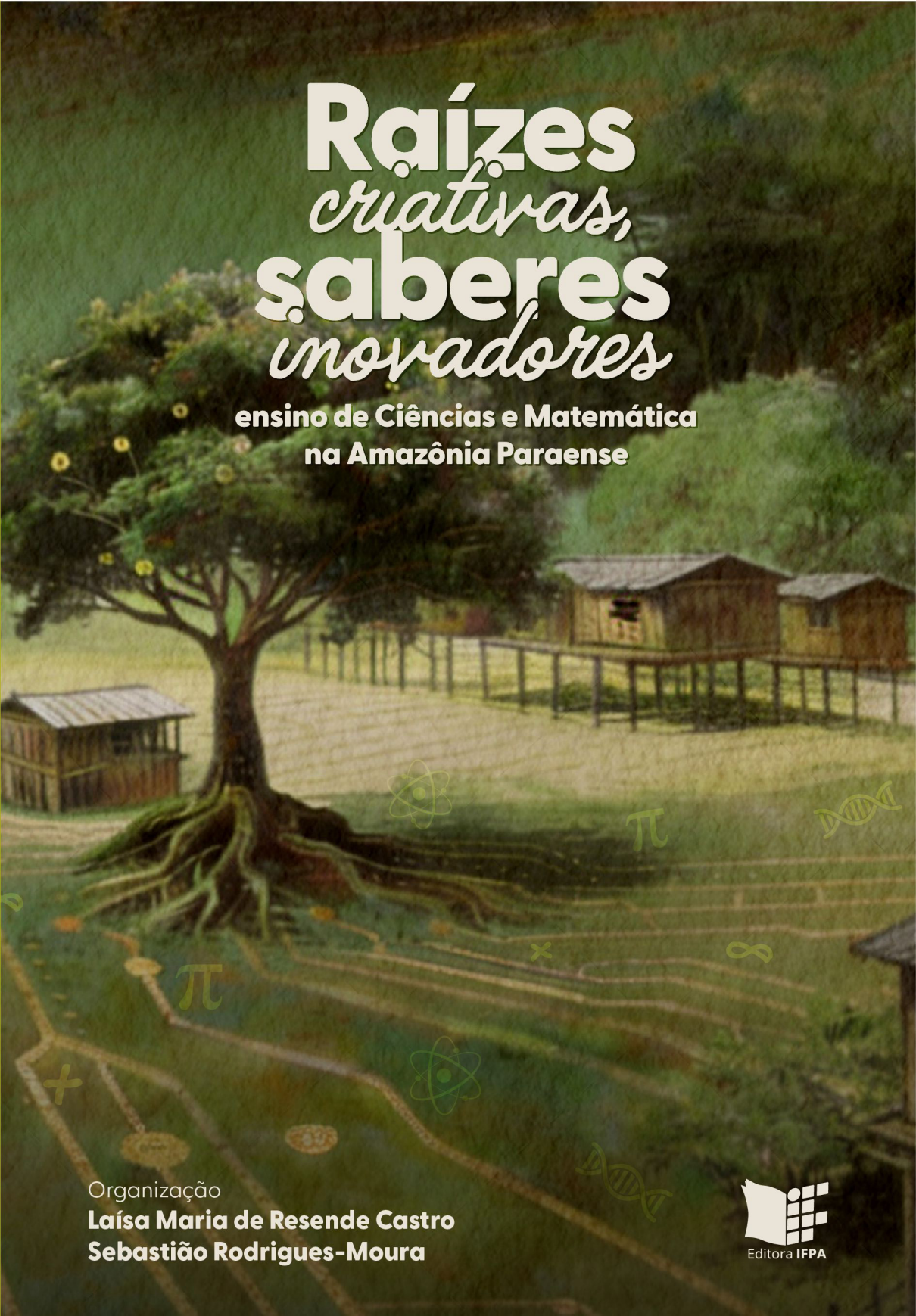


The background of the cover is a painting of a rural scene. On the left, a large, leafy tree with thick, exposed roots stands in a field. In the background, there are several small wooden houses on stilts, typical of Amazonian architecture. The ground is a mix of green grass and brown earth. Scattered across the lower half of the image are various mathematical and scientific symbols in a light green color: a plus sign (+), a pi symbol (π), a multiplication sign (x), an infinity symbol (∞), a DNA double helix, and an atomic symbol. The title is written in white text, with 'Raízes' in a bold sans-serif font and 'criativas, saberes inovadores' in a cursive script.

Raízes *criativas, saberes inovadores*

**ensino de Ciências e Matemática
na Amazônia Paraense**

Organização

Laísa Maria de Resende Castro

Sebastião Rodrigues-Moura

The logo for Editora IFPA, featuring a stylized white book icon next to a grid of squares.

Editora IFPA

Organização

Laísa Maria de Resende Castro

Sebastião Rodrigues-Moura

Raízes Criativas, Saberes Inovadores: ensino de Ciências e Matemática na Amazônia Paraense

Belém
2026

©2026 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Todos os direitos da publicação reservados. O conteúdo dos artigos aqui publicados, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial do Instituto Federal do Pará, da Editora IFPA ou das instituições parceiras. Esta publicação foi selecionada pelo Conselho Editorial da Editora IFPA no sistema fluxo contínuo.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R159 Raízes criativas, saberes inovadores: ensino de ciências e matemática na Amazônia Paraense. / Organizadores: Laísa Maria de Resende Castro, Sebastião Rodrigues-Moura. – Belém: Editora IFPA, 2026. 242 p.: il. color. Ebook.

Disponível em: <https://proppg.ifpa.edu.br/e-books>

ISBN: 978-65-5163-015-6

1. Educação. 2. Inovação. 3. Amazônia. I. Castro, Laísa Maria de Resende. II. Título.

CDD: 510.7815

Elaborada Por: Eliana Amoedo de Souza Brasil
Bibliotecária CRB-2 /1121

Editora IFPA
Av. João Paulo II, nº 514 – Castanheira
Prédio Reitoria, 1º andar.
CEP: 66645-240
Belém – PA

editora.ifpa@ifpa.edu.br

Presidente da República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Camilo Sobreira de Santana

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica

Marcelo Bregagnoli

Reitora

Ana Paula Palheta Santana

Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação – PROPPG

Saulo Rafael Silva e Silva

Presidente do Conselho Editorial

Saulo Rafael Silva e Silva

Conselho Editorial

Breno Rodrigo de Oliveira Alencar

Kauana de Carvalho Penalva

Laísa Maria de Resende Castro

Lidineusa Machado Araújo

Maria José Souza dos Santos

Nelson de Lima Ribeiro Filho

Priscilla Bezerra Barbosa

Raimundo Adalberto Pacheco de Pinho

Rejane de Barros Araújo

Rosinaldo Fonseca da Silveira

Silvana Gomes dos Santos

Suezilde da Conceição Amaral Ribeiro

Walery Costa dos Reis

Capa

Weverton Raiol

Projeto gráfico e diagramação

Ana Carolina Chagas Marçal

Revisão de texto

Jéssica Rejane Lima

Apresentação

Por que inovar hoje?

Por que inovar hoje? Essa pergunta atravessa cada página da obra *Raízes criativas, saberes inovadores: ensino de ciências e matemática na Amazônia paraense*. Inovar é reconhecer que, diante dos desafios contemporâneos – mudanças climáticas, desigualdades, exclusões – a educação precisa ser capaz de dialogar com a realidade viva de nossos territórios e comunidades. É entender que, na Amazônia paraense, inovar não significa romper com o passado, mas, sim, reinventar práticas a partir de raízes profundas, saberes ancestrais e contextos locais.

Este livro nasce como uma resposta coletiva a essa pergunta urgente. Sua importância para a área reside em mostrar que o ensino de ciências e matemática pode (e deve) ser reinventado a partir das experiências concretas de professores e estudantes que resistem, criam e aprendem em meio a rios, florestas e diversidade cultural.

As contribuições desta obra são múltiplas: relatos de práticas pedagógicas criativas, discussões sobre formação docente, propostas que articulam tecnologias, espaços formais e não formais e a interdisciplinaridade. Todas apontam caminhos possíveis para uma educação que valoriza a cultura amazônica, respeita o território e potencializa o protagonismo de quem ensina e aprende.

O tema se torna ainda mais relevante para a Amazônia paraense porque explicita que inovar não é um luxo, mas uma necessidade: inovar para incluir, para manter os jovens na escola, para conectar saberes tradicionais e científicos, para formar cidadãos críticos e conscientes de sua realidade.

Nesse sentido, os capítulos apresentados a seguir representam esse esforço co-

letivo de discutir a inovação no processo de ensino e aprendizagem no âmbito da educação em ciências e matemática, fruto de propostas práticas que ocorrem em todos os espaços formativos e de vivências que culminam em resultados tangíveis ao campo educacional.

Na Parte 1 da obra, “O Mapa da Inovação: descobrindo novos caminhos na educação”, você é convidado a explorar territórios onde a prática educativa se reinventa a partir de contextos, desafios e possibilidades singulares da Amazônia paraense. Aqui, traçamos rotas que mostram que inovar não é seguir um caminho pronto, mas abrir trilhas onde muitas vezes não há estrada.

Os capítulos que compõem essa parte reúnem reflexões teóricas, relatos de experiências e proposições metodológicas que apontam novos caminhos para ensinar ciências e matemática, considerando a diversidade cultural, ambiental e social que caracteriza a região. São práticas que brotam do chão da escola, da escuta das comunidades e do diálogo entre saberes tradicionais e científicos.

No capítulo 1, “Inovação pedagógica na formação continuada de professores para a educação básica: práticas pedagógicas em educação híbrida”, os autores Sauer Lemos Teles e Sebastião Rodrigues-Moura debatem sobre a formação de professores em processo de formação continuada, por meio de uma proposta sobre educação híbrida, inovação e empreendedorismo na educação. A proposta revela elementos de reflexão, de experiências inovadoras e propostas práticas para um ensino mais dinâmico, contextualizado e conectado às demandas contemporâneas da educação básica. Ao articular fundamentos teóricos com práticas pedagógicas, busca-se fortalecer o protagonismo docente na construção de estratégias de ensino-aprendizagem que valorizem a autonomia, a criatividade e o uso crítico das tecnologias. Nesse sentido, o capítulo contribui para a ampliação do repertório formativo dos educadores,

evidenciando caminhos possíveis para transformar a sala de aula em um espaço de inovação, inclusão e formação cidadã.

Luisa Helena Silva de Sousa e Paulo Moreira Veiga, no capítulo 2 “Inovação no ensino de ciências: metodologias ativas e práticas inspiradoras”, apresentam um aporte teórico sobre metodologias ativas, com foco na aprendizagem baseada em projetos, para fundamentar práticas pedagógicas inovadoras no ensino de ciências. É exposto o estudo de caso do Projeto Roda D’Água, que integrou teoria e prática por meio da construção de protótipos, abordando conceitos como energia e sustentabilidade. A análise destaca o impacto da ABP no protagonismo estudantil, interdisciplinaridade e formação cidadã, evidenciando sua relevância para conectar o ensino técnico às demandas ambientais e sociais do século XXI.

O capítulo 3 “Propriedade intelectual no ensino de ciências”, de autoria de Williams Raphael de Souza Moraes e Jaceguai Soares da Silva, apresenta os principais conceitos sobre propriedade intelectual e discute a forma como esses conceitos podem ser abordados em sala de aula para a formação de alunos com uma visão mais científica e tecnológica. Utilizou-se dos conceitos de propriedade intelectual, educação tecnológica e ensino de ciências e propriedade intelectual com o intuito de identificar possíveis lacunas curriculares em relação à abordagem do tema. A pesquisa apontou a importância da propriedade intelectual para preparar crianças e jovens na pesquisa do estado da arte e para um mundo e profissões em constante evolução.

Na Parte 2 “Laboratório de Ideias: recursos, experimentos e ambientes inovadores”, abrimos as portas de salas de aula, laboratórios improvisados, pátios de escola e espaços comunitários que se transformam em verdadeiros canteiros de experimentação pedagógica. Aqui, professores e estudantes compartilham estratégias, materiais, experimentos e propostas que tornam o ensino de ciências e matemática mais

criativo, participativo e conectado à realidade amazônica.

Esse laboratório de ideias reúne práticas que mostram como é possível inovar com os recursos disponíveis, muitas vezes limitados, mas potencializados pela criatividade, pela colaboração e pelo compromisso com uma educação transformadora. São experiências que inspiram pela simplicidade, viabilidade e pelo impacto: desde o uso de materiais recicláveis, tecnologias acessíveis, metodologias ativas até a criação de ambientes que estimulam a curiosidade, o pensamento crítico e a autonomia dos estudantes.

No capítulo 4 “A experimentação no ensino de ciências: múltiplas abordagens e práticas pedagógicas inovadoras”, Laísa Maria de Resende Castro e Natanael Charles da Silva apresentam uma abordagem teórico-prática sobre diferentes formas de experimentação no ensino de ciências, visando a práticas pedagógicas que favoreçam aprendizagem significativa e protagonismo estudantil. Fundamentado na BNCC, destaca o uso crítico e criativo da experimentação, com exemplos práticos desenvolvidos no Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Altamira, focados nos conteúdos de biologia para o ensino médio. As atividades propostas são simples, de baixo custo e viáveis sem laboratório especializado, ampliando sua aplicabilidade. Esse capítulo é um recurso valioso para professores que desejam transformar a aula em um ambiente dinâmico.

Em seguida, João Faustino Neto, Josilene Ferreira Mendes, Acácio de Andrade Pacheco, Pedro Paulo dos Santos, no capítulo 5 “Artifícios didáticos podem fomentar aulas expositivas na educação profissional?”, expõem bases teóricas e aplicação prática sobre modalidade didática krasilchikiana em aulas expositivas para turma de educação profissional integrada ao ensino médio. A execução foi para o curso técnico em Eletroeletrônica do IFPA Campus Parauapebas no ano de 2019. O produto dessa

proposta foi a possibilidade de evidenciar o desenrolar das interações de aprendizagens estabelecidas no interior das salas de aula das instituições profissionalizantes, concomitantemente testando a viabilidade da inserção de variáveis a elas.

No capítulo 6 “Laboratório de biodiversidade, conservação e ensino de biologia: ambiente inovador para uso de coleções zoológicas e promoção da alfabetização científica”, os autores Natanael Charles da Silva e Adriana Farias Cardoso apresentam uma descrição detalhada das atividades desenvolvidas no Laboratório de Biodiversidade e Conservação, com ênfase na coleção zoológica, que é um tipo específico de coleção biológica, como é o caso da Coleção de Zoologia (CDZool) do IFPA Campus Abaetetuba presente no referido laboratório. Portanto, o objetivo é discutir como os aspectos teórico-metodológicos da alfabetização científica se entrelaçam e contribuem para o ensino de biologia por meio do uso de coleções zoológicas de modo prático e significativo.

Na Parte 3 “Construção coletiva: colaboração, competências e pensamento criativo”, reunimos reflexões e práticas que mostram que inovar na educação é, acima de tudo, um ato coletivo. Nesse bloco, os capítulos exploram como a colaboração entre professores, estudantes, famílias e comunidades fortalece o ensino de ciências e matemática na Amazônia paraense, potencializando competências essenciais para formar cidadãos críticos, criativos e comprometidos com seu território.

Essa parte destaca experiências de formação docente colaborativa, projetos interdisciplinares, redes de apoio entre escolas e práticas que incentivam o protagonismo estudantil. Aqui, a inovação surge quando diferentes vozes se encontram, trocam saberes, constroem soluções e superam desafios que isoladamente seriam intransponíveis.

A construção coletiva reafirma que as competências do século XXI – comunica-

ção, criatividade, colaboração e pensamento crítico – não se desenvolvem apenas em teorias, mas no cotidiano de quem ensina e aprende junto, reinventando métodos, conteúdos e relações dentro e fora da escola.

Rafael Pires Pinheiro e Daniele Socorro Ribeiro da Silva, no capítulo 7 “Desenvolvendo competências para inovar o ensino de estatística por meio do trabalho colaborativo”, apresentam uma prática pedagógica inovadora no ensino de estatística, fundamentada na aprendizagem baseada em problemas e no trabalho colaborativo, aplicada no curso técnico em Manutenção e Suporte em Informática do IFPA. A proposta integra teoria e prática por meio de projetos investigativos contextualizados, promovendo o desenvolvimento de competências técnicas, críticas e sociais. A análise destaca o protagonismo estudantil, a mediação docente e o uso de dados reais como elementos centrais para a aprendizagem significativa, reafirmando a importância de metodologias ativas na formação de profissionais críticos, autônomos e preparados para o mundo do trabalho.

No capítulo 8 “Pensamento criativo e inovador potencializado pela computação evolucionária”, Denis Carlos Lima Costa, Heictor Alves de Oliveira Costa, Hugo Carlos Machado da Silva, Silvio Tadeu Teles da Silva apresentam possibilidades e potencialidades do ensino de matemática por meio de tecnologias. A seção trata de aplicações da computação bioinspirada ao ensino superior, cuja estratégia poderá ser adaptada à educação básica, sobretudo ao ensino médio. O conteúdo exibe uma discussão acerca da Inteligência Artificial e sobre como esse campo, composto por diversas técnicas, tenta performar, em máquinas, comportamentos similares aos encontrados na natureza, por meio de processos matemáticos e métodos computacionais. O modelo bioinspirado desse estudo refere-se ao algoritmo genético, um método de

otimização que assimila a dinâmica primária do neoevolucionismo darwinista.

E, por fim, no capítulo 9 “Prática de Educação CTS como promotora do Pensamento Crítico e Criativo no ensino de Ciências: entre debates e proposições”, os autores Sebastião Rodrigues-Moura, Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida, Leonir Lorenzetti, Rui Marques Vieira abordam o ensino de ciências em Educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) como promotor do pensamento crítico e criativo, iniciando com uma discussão teórica sobre a temática e suas inter-relações. Em seguida, propõe-se uma prática contextualizada para o ensino interdisciplinar de ciências da natureza (física, química e biologia) no ensino médio, assumindo como tema social o trânsito em Belém para o desenvolvimento de disposições e capacidade do pensamento crítico e criativo dos estudantes. Além disso, apresenta-se uma rubrica de avaliação para atividades individuais e em grupo. O trabalho é fruto de uma colaboração entre pesquisadores do Brasil e de Portugal.

Este livro é, assim, um convite para você, leitor, que também se pergunta “Por que inovar hoje?”. Que suas respostas se somem a estas páginas, que suas práticas floresçam inspiradas por estas experiências e que, juntos, possamos fortalecer uma educação que faz da Amazônia um território de saberes vivos e possibilidades transformadoras. Que cada capítulo possa despertar reflexões, conversas e novas sementes de mudança em sua prática. Que estas vozes ecoem em outras escolas, comunidades e redes, multiplicando ideias e construindo pontes entre o que somos, o que sabemos e o que ainda podemos criar.

Boa leitura, boas inspirações – e que possamos, cada vez mais, inovar juntos.

Laísa Maria de Resende Castro

Sebastião Rodrigues-Moura

Os organizadores

Parte I – O Mapa da Inovação: descobrindo novos caminhos na educação

Capítulo 1 21

Inovação pedagógica na formação continuada de professores para a Educação Básica: práticas pedagógicas em educação híbrida

Capítulo 2 45

Inovação no ensino de ciências – metodologias ativas e práticas inspiradoras

Capítulo 3 63

Propriedade intelectual no ensino de ciências

Parte II – Laboratório de Ideias: recursos, experimentos e ambientes inovadores

Capítulo 4 85

A experimentação no ensino de Ciências: múltiplas abordagens e práticas pedagógicas inovadoras

Capítulo 5 117

Artifícios didáticos podem fomentar aulas expositivas na educação profissional?

Capítulo 6 141

Laboratório de biodiversidade, conservação e ensino de biologia: ambiente inovador para uso de coleções zoológicas e promoção da alfabetização científica

Parte III – Construção Coletiva: colaboração, competências e pensamento criativo

Capítulo 7 161

Desenvolvendo competências para inovar o ensino de estatística por meio do trabalho colaborativo

Capítulo 8 181

Pensamento criativo e inovador potencializado pela computação evolucionária

Capítulo 9 213

Prática de educação cts como promotora do pensamento crítico e criativo no ensino de ciências: entre debates e proposições

Espaço do Leitor: Vamos Inovar Juntos? 237

Autores 239

1

O mapa da inovação: *descobrimos novos caminhos*



Capítulo 1

Inovação pedagógica na formação continuada de professores para a educação básica: práticas pedagógicas em educação híbrida

Sauer Lemos Teles

Sebastião Rodrigues–Moura

Introdução

O contexto contemporâneo da educação, demarcado por transformações sociais, políticas, econômicas e culturais, tem exigido mudanças e rupturas com os modelos vigentes de ensino na busca por saberes que reflitam a prática docente. Como resposta a essa demanda, surgem as inovações pedagógicas como um campo de pertinência, atualidade e espaço educativo nas escolas (Cardoso, 1997; Cavallo *et al.*, 1997), de impactos nos saberes da docência e em políticas públicas (Veiga, 2003; Cunha, 2016; Wagner; Cunha, 2019; Mallmann, 2023).

A colaboração coletiva, a autonomia docente e o desenvolvimento de propostas para resolução de problemas educativos reais emergem como aspectos importantes para o campo da inovação pedagógica. Para que essas interações ocorram e situem-se no espaço educacional como efetivas, temos nos apropriado de um processo de formação continuada de professores que envolvem a educação híbrida, tecnologias educacionais, metodologias ativas, inovação pedagógica e empreendedorismo na

educação.

Em uma visão crítica, Vasconcellos (2022) destaca que pensar a inovação pedagógica exige-nos adentrar mais fundo o processo de ensino-aprendizagem, haja vista que os avanços serão impulsionados como uma necessidade emergente que promova inclusão/equidade, e por envolver uma transformação que ocorre em toda a escola. Nesses termos, pensar a inovação na escola requer um olhar sensível e mais apurado sobre a formação continuada dos professores para mobilizar saberes sobre a prática e possibilitar um desenvolvimento profissional com estratégias pedagógicas inovadoras.

Justificamos a presente investigação como uma necessidade emergente no processo de formação continuada de professores, como meio de trazer evidências para resolução de demandas contemporâneas da educação através de inovação pedagógica. Esses processos de inovar a prática não significam que são inéditos, pois não são “um novo repentino, completamente extraordinário, são novas em relação ao local onde se realizam, ao grupo em que estão localizadas” (Mello; Ghanem, 2022, p. 89).

Contextualizamos a presente investigação com um trabalho colaborativo acerca da educação híbrida ao propor (a) refletir pedagogicamente a prática de sala e (b) pensar, planejar e desenvolver uma inovação pedagógica com a turma. Essa proposição situa-se no debate sobre o trabalho docente com ensino híbrido, uso de tecnologias educacionais e metodologias ativas no ensino, bem como a inovação e o empreendedorismo na educação.

Ao discutir a educação híbrida em modelos pedagógicos mais inovadores, Moran (2015, p. 27) destaca que o papel do professor ganha novos caminhos, propõe atividades diversificadas individuais ou em grupo e direciona olhares mais decisivos para “construção mais aberta, criativa e empreendedora”. Assim, a pesquisa influencia

nas transformações da prática pedagógica do professor e traz um olhar mais amplo sobre os impactos resultantes desse processo.

Do exposto, apontamos como questão de pesquisa: Quais reflexões e inovações pedagógicas emergem de um processo de formação continuada com professores centrado em reflexões e propostas de aula, por meio do ensino híbrido, para a educação básica? Assim, destacamos que esse debate contribui para compreender os desafios enfrentados pelos professores no processo de inovação pedagógica.

Desse modo, assumimos como objetivo geral compreender como o processo de formação continuada de professores, pautado em reflexões e práticas inovadoras compartilhadas em sala, contribui para o desenvolvimento profissional docente ao envolver ensino híbrido na prática pedagógica. Especificamente, buscamos (a) identificar e caracterizar as concepções docentes em processo de formação continuada quanto ao desenvolvimento profissional por meio de práticas pedagógicas inovadoras, que são estimuladas por meio de reflexões que impactam a construção de novas abordagens e estratégias de ensino e (b) analisar criticamente propostas pedagógicas inovadoras para a sala de aula, identificando avanços e aspectos a serem aprimorados na integração dos temas abordados e no impacto dessa experiência na prática docente dos participantes.

Encaminhamentos metodológicos

Esta pesquisa se pautou por uma abordagem qualitativa em seus pressupostos (Deslauriers, 1991; Minayo, 2001), com intuito de compreender as experiências de professores, em processo de formação contínua, no âmbito de um curso de pós-gra-

duação e atuantes em diversos níveis da educação formal e não formal.

Por ser um processo mais longo, a investigação ocorreu durante um semestre letivo de uma instituição federal de ensino, localizada na região metropolitana de Belém, estado do Pará, durante o processo formativo de uma disciplina de um curso de pós-graduação *lato sensu*.

Essa ação envolveu 23 professores na condição de discentes da disciplina Educação Híbrida, que foi organizada em cinco eixos temáticos: (i) Ensino Híbrido; (ii) Metodologias Ativas; (iii) Tecnologias Educacionais; (iv) Inovação Pedagógica; (v) Empreendedorismo na Educação. Os professores participantes da pesquisa atuam em diferentes níveis de ensino (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio, educação de jovens e adultos e cursos profissionalizantes) e em diferentes disciplinas. A partir das abordagens propostas por esses profissionais, compreendemos as dificuldades encontradas por eles em sala de aula e vislumbramos propostas para superá-las.

Nesse sentido, quanto aos procedimentos, a pesquisa foi desenvolvida por meio da observação participante (Chizzotti, 2011), pelo fato de que nós, como pesquisadores, participamos ativamente de todo o processo de formação dos colaboradores da pesquisa, no qual adentramos a experiência e buscamos apreender sentidos e significados sobre o que os professores atribuem ao processo investigativo.

A intervenção realizada se pauta em dois momentos. No primeiro, foram elaboradas quatro reflexões sobre os eixos temáticos da disciplina e disponibilizadas no sistema acadêmico de atividades; após cada encontro realizado, os discentes tinham que tecer reflexões individualmente, pois os questionamentos estimulavam a percepção, o compartilhamento de experiências e as possíveis propostas de resolução

das situações-problema de sala de aula.

Já o segundo momento, que se deu na elaboração de um plano de aula, exigiu a integração dos diferentes eixos temáticos e o desenvolvimento de habilidades como planejamento, criatividade e resolução de problemas dos discentes em seus ambientes escolares. Essa abordagem, alinhada aos princípios da aprendizagem personalizada, permitiu que eles pensassem sobre os conteúdos de forma autônoma e aprofundassem seus conhecimentos, sobre a dinâmica organizada em três grupos focais.

Apoiados em Gatti (2005), Powell e Single (1996), compreendemos que os grupos focais possibilitam trazer inquietações práticas do campo educacional que são provocadas pela própria experiência. Nesses termos, os professores em formação foram situados em contexto de uma problematização docente e puderam, na coletividade, partilhar, discutir, experienciar e trazer novos debates para ressignificar a docência e propor inovações pedagógicas (Cardoso, 1997; Veiga, 2003; Cunha, 2016; Wagner, Cunha, 2019; Mallmann, 2023).

Aportados a esses referenciais, os planos de aula foram analisados em duas dimensões: (a) a sua proposta pedagógica e as intenções didáticas neles planejadas; e (b) as reflexões presentes neles a partir da interação dos professores nos grupos focais. Desse material, analisamos os dados à luz teórica do campo da inovação pedagógica, bem como da formação de professores por meio da educação híbrida.

Resultados e discussões: experiência em grupos focais com professores em formação continuada – um olhar para a inovação pedagógica

Nesta seção, passamos a assumir a discussão dos resultados dessa experiência trazendo as reflexões docentes ao longo do processo formativo, dialogando com uma prática no campo da inovação pedagógica e, de modo articulado, debatendo a experiência desenvolvida durante os grupos focais na prática.

É notório o trabalho desenvolvido com grupos focais para se compreender uma melhoria nas abordagens pedagógicas dos professores e, deste modo, elevar o nível da qualidade do ensino–aprendizagem que eles oferecem em seus ambientes de educação formal ou não. Ao se considerar o perfil socioeconômico e as possíveis dificuldades de aprendizagem do público–alvo, pode–se adaptar o conteúdo com vistas a apresentar as metodologias ativas de maneira a ir ao encontro de percepções, impactos no aprendizado e expectativas dos discentes, conforme Gatti (2005).

É absolutamente necessário compreender os anseios dos professores para identificar e superar possíveis obstáculos, como a falta de familiaridade com novas metodologias, pois é possível que alguns deles não estejam familiarizados com atividades colaborativas; e as desigualdades socioeconômicas, pois supõe–se que alunos de baixa renda tenham menos acesso a recursos tecnológicos que constem na abordagem aqui escolhida.

Além disso, a carga horária e as atividades extracurriculares apresentam desafios na conciliação entre os estudos, o trabalho e as atividades familiares, pois talvez limitem o tempo para que se dedique à elaboração de atividades propostas com metodologias ativas como forma de explorar a aprendizagem de forma inovadora

e evitar meramente a transmissão de conteúdo (Cardoso, 1997; Cavallo et al., 1997). Também, relacionadas ao contexto social que a instituição educativa oferece (Veiga, 2003; Wagner, Cunha, 2019).

Como contribuição à docência, os grupos focais servem para desenvolver estratégias de ensino mais eficazes, levando em consideração a identificação das necessidades e dificuldades dos próprios alunos, adaptando as metodologias para atender a particularidades, favorecendo a integração, na qual observamos os desdobramentos da ação, constituídos por professores que debatem um tema comum (Gatti, 2005; Powell; Single, 1996).

Nesse contexto, os grupos focais contribuem duplamente: de um lado, aprendendo os recursos de metodologias ativas, o professor consegue um ensino mais engajador e significativo em suas escolas; do outro, ele próprio se interessa em aprender esse processo de ensino e, na condição de professor em formação, contribui para a redução da taxa de evasão, aumentando a taxa de conclusão dos cursos da instituição, para que a aprendizagem seja situada no sentido estrito para a vida social (Wagner; Cunha, 2019).

Os professores mapearam as principais dificuldades encontradas nas aulas de suas respectivas disciplinas e construíram situações-problema que nortearam propostas de práticas pedagógicas inovadoras, como demonstrado no quadro 1.

Quadro 1 – Situações-problema propostas pelos professores no contexto de sala de aula

Grupo focal	Situações-problema de sala de aula	Público-alvo	Questão-problema para a ação
A	Os alunos são confrontados com a questão do consumo desenfreado. Discutir as consequências do lixo e os seus impactos na natureza	Estudantes do 9º ano do ensino fundamental	Como implementar, de maneira eficaz, uma educação híbrida, a fim de promover uma aprendizagem mais personalizada e alinhada às demandas do século XXI?
B	Os alunos podem ver o tema da alimentação saudável como algo pouco atraente e abstrato, assim como muitos deles podem não ter contato com conceitos como orçamento e planejamento financeiro	Estudantes do 3º ano do ensino fundamental	Como promover a aprendizagem sobre alimentação saudável e educação financeira de maneira prática e engajadora, incentivando habilidades como trabalho em equipe, planejamento e resolução de problemas?
C	Conceitos como sustentabilidade e impacto ambiental podem ser abstratos para jovens, exigindo um trabalho pedagógico que os torne mais concretos e acessíveis	Estudantes do 1º ano do ensino fundamental	Como promover o desenvolvimento de habilidades empreendedoras utilizando uma abordagem híbrida, online e presencial, que integre conceitos de educação financeira e projeto de vida?

Fonte: elaborado pelos autores

Do exposto, destacamos que o trabalho com grupos focais oportunizou aos professores a reflexão sobre suas práticas atuais, o que culminou na busca por identi-

car os principais desafios enfrentados em sala de aula e está em consonância com o problema proposto e que prevalece no trabalho complexo entre os professores (Gatti, 2005). Como demonstrado na Tabela 1, essa reflexão resultou na formulação de questões-problema mais específicas e relevantes para cada contexto escolar, evidenciando o potencial para a melhoria da qualidade do ensino.

Ressalta-se, porém, que a formação continuada de professores exige mais do que a simples transmissão de conhecimento. A docência é uma prática complexa que demanda habilidades específicas para planejar, executar e avaliar o processo de ensino-aprendizagem, haja vista ser a escola o campo onde ocorrem as inovações pedagógicas pautadas em políticas públicas, não podendo ser feita em gabinetes, mas com um conhecimento, para que possamos “fortalecê-[la] e possibilitar que as demais equipes possam não só [conhecê-las], mas vivenciá-las para, de forma refletida, se inspirar e criar suas próprias inovações” (Singer, 2022, p. 30).

Apenas inserir nesse contexto as metodologias ativas, sejam elas quais forem, de qualquer maneira, desconsidera essa complexidade e evidencia a necessidade de uma formação inicial que prepare os professores para lidar com os desafios de sala de aula. A formação de formadores deve, portanto, priorizar o desenvolvimento de competências como a criação de materiais didáticos originais e a adaptação das atividades às necessidades dos seus alunos.

Segundo Nóvoa (2011) e Rinaldi (2009), a formação de professores deve ser um processo contínuo de aprendizagem, que envolve questões sobre o ensino e a compreensão dos processos de aprendizagem. A prática docente demanda, então, um ajuste de conduta dos diversos elementos da sala de aula nesse processo. A diversidade presente no ambiente pedagógico torna a prática reflexiva indispensável para a atuação do professor, o que inclui a autoanálise, pois, ao repensar suas ações, den-

tro dos contextos nos quais se apresenta, o docente pode ajustar suas estratégias e oferecer um ensino mais eficaz e inclusivo, cuja autonomia inovadora deve estar associada à diversidade e à criatividade pedagógica e organizativa (Carbonell, 2002).

O Grupo Focal A optou por uma abordagem de confrontação do 9º ano do ensino fundamental com o consumo desenfreado e seus impactos ambientais, tornando urgente a discussão sobre o lixo e suas consequências para a natureza a curto, médio e longo prazo. Os eixos temáticos da disciplina foram importantes, considerando a complexidade do tema e a necessidade de estimular e desenvolver habilidades como o pensamento crítico. Larrosa e Rechia (2018) fazem um convite a refletir sobre a experiência educativa e a importância do tempo na aprendizagem. A educação híbrida, ao flexibilizar os tempos e os espaços de estudo, pode favorecer a construção de conhecimentos mais profundos e duradouros.

A proposta pedagógica do Grupo A desenvolvida para os alunos do 9º ano do ensino fundamental aborda, de maneira interdisciplinar e dinâmica, a temática dos impactos ambientais e da sustentabilidade. O plano de aula, estruturado em três encontros, busca não apenas a compreensão dos principais impactos causados pela ação humana, mas também o desenvolvimento de habilidades essenciais como a pesquisa, a colaboração em equipe, a comunicação e o pensamento crítico.

Para isso, são utilizadas metodologias ativas e ferramentas digitais, promovendo uma experiência de ensino híbrido que enriquece e contextualiza o aprendizado. De acordo com Bacich, Tanzi-Neto e Trevisani (2015), a integração do ensino híbrido ao presencial possibilita experiências de aprendizagem diferenciadas, que atendem às demandas contemporâneas da educação, promovendo maior engajamento e protagonismo dos alunos.

No plano de aula, os professores adotaram tecnologias como Google Slides, Canva e plataformas de pesquisa online para potencializar o processo educativo, como expresso no fragmento:

Cada grupo usa ferramentas digitais (Google, YouTube, artigos acadêmicos) para pesquisar sobre o impacto escolhido. Utilizar Google Docs ou uma ferramenta de apresentação (como Canva ou Prezi) para organizar as informações (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal A).

Como apontado por Bender (2015), o ensino híbrido apresenta inúmeras maneiras de integrar o ambiente escolar às necessidades do século XXI, sendo uma alternativa eficaz para engajar os alunos e desenvolver competências críticas. O plano de aula está organizado em três momentos complementares, cada um com objetivos específicos que contribuem para a construção de uma visão mais ampla e crítica sobre os impactos ambientais. No primeiro, o tema é introduzido por meio de perguntas provocativas que incentivam os alunos a refletirem sobre questões ambientais, como “Introdução aos Impactos Ambientais. Apresentação do tema da aula. Perguntas de provocação: Quais impactos ambientais você conhece? Como você acha que podemos ajudar o meio ambiente?” (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal A).

Essa etapa inicial, além de despertar a curiosidade, estabelece uma conexão direta com a realidade dos alunos, facilitando a identificação de problemas que afetam seu cotidiano. No momento seguinte, os alunos revisitaram os conceitos aprendidos e planejaram a continuidade do trabalho, dessa vez em grupos. Orientados pelos professores, eles utilizaram ferramentas digitais como o Google, YouTube para pesquisar sobre os impactos ambientais por eles escolhidos. Os professores propõem “Atividade em Grupo (20 minutos): dividir a turma em grupos de 4-5 alunos. Cada

grupo escolhe um impacto ambiental para pesquisar. Utilizar dispositivos móveis ou computadores para acessar materiais online” (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal A).

Nesse momento, há o estímulo ao desenvolvimento de competências digitais e habilidades de trabalho em equipe. As ferramentas colaborativas como o Google Docs e Canva, são empregadas para organizar e apresentar as informações coletadas. Além disso, cada grupo de alunos foi instruído a compartilhar um resumo inicial de suas descobertas com a turma, promovendo a troca de ideias e o enriquecimento coletivo do aprendizado.

O último momento foi dedicado à apresentação dos trabalhos dos grupos. Utilizando tecnologias digitais, os alunos foram estimulados a apresentar suas descobertas à turma, estimulando debates e perguntas que ampliam a compreensão dos temas abordados. Essa etapa foi importante para fortalecer a comunicação oral e o pensamento crítico deles: “Apresentação dos Grupos (30 minutos): Cada grupo apresenta seu trabalho para a turma usando a ferramenta escolhida (Google Slides, Canva etc.). Estimular perguntas e discussões após cada apresentação” (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal A).

Ao final das apresentações, os alunos foram convidados a refletir individualmente sobre a experiência, escrevendo um texto breve que abordou o que aprenderam, como podem aplicar esse conhecimento em suas vidas diárias e quais mudanças podem fazer em seus hábitos para contribuir com a sustentabilidade. Essa atividade promoveu uma avaliação formativa, permitindo que os professores compreendessem o impacto das aulas no desenvolvimento dos alunos.

O Grupo Focal B propôs, para alunos do ensino fundamental, atividades como práticas experimentais e análises de soluções-problema. Essa perspectiva, corro-

borada por Pimenta (2002; 2009), destaca a docência como uma prática social que exige do professor a capacidade de intervir na realidade dos alunos, desenvolvendo saberes pedagógicos específicos.

Ao propor uma discussão, um planejamento e uma experiência real, em pequenos grupos sobre alimentação saudável e educação financeira, os autores estimulam a participação ativa dos alunos, como os professores apontam ao afirmar que se deve

Promover o aprendizado sobre alimentação saudável e hábitos financeiros responsáveis, por meio de atividades práticas que incentivem o empreendedorismo e a educação financeira, com o propósito de engajar os alunos em experiências reais de planejamento para uma festinha de fim de ano (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal B).

Essa abordagem permite que os alunos aprofundem seus conhecimentos sobre o tema e tragam suas próprias ideias para a discussão, tornando o aprendizado mais significativo. Diante desse cenário é que o grupo buscou maneiras de promover formas inovadoras de estimular a aprendizagem sobre temas, que nem sempre são muito populares entre crianças, como a alimentação saudável e a educação financeira.

Na ocasião, o grupo, além da apresentação teórica, fez uma simulação da venda de um copo de salada de frutas real em sala de aula. Essas atitudes favorecem os estímulos educacionais e o amadurecimento, sem trocadilho com as frutas, de um ambiente propício à aprendizagem.

A sequência didática se dividiu em quatro momentos. No primeiro, como atividade de abertura, os alunos participaram de uma roda de conversa sobre alimentação saudável, identificando frutas que conhecem e consomem. Discutiu-se a importân-

cia das frutas e vegetais para a saúde, seus benefícios nutricionais e a necessidade de uma dieta equilibrada, incluindo alimentos de diferentes grupos e a ingestão de água.

No segundo momento, os alunos foram divididos em grupos para planejar uma “Feirinha Saudável”, que consistiria na venda de saladas de frutas preparadas pelas merendeiras da escola. Cada grupo assumiu responsabilidades específicas, como divulgação, organização das vendas e decoração do espaço. Nesse contexto, os professores trabalharam com os alunos noções de empreendedorismo, planejamento financeiro e a importância do trabalho em equipe.

A atividade também envolveu um momento híbrido, o terceiro deles: os professores adicionaram os alunos em um grupo de WhatsApp, no qual uma enquete sobre as frutas preferidas foi realizada, e um link para atividades online na plataforma Word All foi compartilhado, reforçando o conceito de educação híbrida.

No quarto momento, após a realização da feirinha, os alunos discutiram o uso do dinheiro arrecadado, incluindo conceitos de orçamento e planejamento financeiro. A proposta final foi uma avaliação que culminaria com a destinação correta do valor arrecadado que, no caso, foi para uma festinha de encerramento de semestre, planejada coletivamente pelos alunos, reforçando a aplicação prática dos conteúdos.

A sequência didática proporcionou, aos alunos, a oportunidade de conectar teoria e prática, desenvolvendo habilidades como a resolução de problemas, trabalho em equipe e responsabilidade financeira. Durante o fechamento, os alunos refletiram sobre o que aprenderam, desde a importância de uma alimentação saudável, até a experiência prática de vender produtos e administrar os recursos arrecadados.

Essa proposta está baseada em uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI), proposta por Carvalho (2013), organizada em cinco elementos: (i) proposição de um

problema; (ii) atividade em grupo; (iii) resolução do problema; (iv) sistematização do conhecimento; e (v) atividade avaliativa. As atividades são concatenadas e primam pelo processo investigativo em sala de aula.

Diante desse cenário é que o grupo buscou maneiras de promover formas inovadoras de estimular a aprendizagem sobre temas, que nem sempre são muito populares entre crianças, a alimentação saudável e a educação financeira. Na ocasião, o grupo, além da apresentação teórica, fez uma simulação da venda de um copo de salada de frutas real em sala de aula.

A proposta pedagógica do Grupo Focal C, no 1º ano do Ensino Fundamental, destaca a importância de um olhar integrado e interdisciplinar para compreender as crianças em sua complexidade, como visto em Pereira (2018). Ao considerar como as crianças se relacionam com o dinheiro, com seus pares e com o mundo, os docentes demonstraram um compromisso social e um compromisso educacional que se entrelaçam.

Nos fragmentos do plano de aula dos professores do Grupo Focal C, com as turmas do 1º ano do ensino médio, vemos como estratégia metodológica a abordagem dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), que se organiza em três etapas: Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento. No plano constam reflexões docentes que destaca:

a metodologia de sala de aula invertida se mostra eficaz ao permitir que os alunos tenham acesso prévio aos conteúdos, dedicando o tempo em sala para discussões e atividades práticas, o que favorece a aprendizagem ativa e a construção colaborativa do conhecimento (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal C).

Do exposto, destacamos que a proposta de ensino enfatiza o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como empatia, comunicação e liderança. Essas competências são fundamentais para o sucesso pessoal e profissional dos alunos. Essa abordagem, por meio da interação de temas abordados, questionamentos e atividades diversificadas, contribui para o diálogo entre professor e aluno na construção do conhecimento.

Os professores do Grupo Focal C utilizaram como estratégia metodológica a abordagem dos 3MP. Essa abordagem, aplicada às turmas do 1º ano do ensino médio, promove a interação entre temas abordados, questionamentos e atividades diversificadas, contribuindo para o diálogo entre professor e aluno na construção do conhecimento.

Desse modo, a sequência apresentada pelo grupo abordou os temas de empreendedorismo, planejamento financeiro e projeto de vida, com o uso de metodologias ativas, como a sala de aula invertida e tecnologias educacionais para fomentar a aprendizagem ativa. A aula se iniciou com atividades assíncronas, incluindo o uso de um podcast criado pelos professores, chamado “Égua, Aprende Aí!”, que introduziu conceitos de empreendedorismo social e financeiro, bem como perfis empreendedores. Como justificativa, observamos no plano que os docentes refletem quando afirmam que

As potencialidades dos podcasts como ferramentas inovadoras no processo de ensino e aprendizagem, especialmente na formação de professores, ao oferecer novos meios de acesso ao conhecimento e promover a autonomia dos educadores na construção de saberes em ambientes digitais (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal C).

Em seguida, durante a mediação síncrona, os alunos participaram da dinâmica “Eu Empreendedor”, que promoveu a revisão de conceitos e a aplicação prática por meio da criação de perfis empreendedores e propostas de negócios. As atividades colaborativas, como a votação de ideias e a avaliação por meio de ferramentas digitais, reforçaram o engajamento e a aprendizagem significativa. Com relação a isso, o grupo defende que

A escolha da atividade empreendedora para o primeiro ano do ensino médio é justificada pela fase de desenvolvimento cognitivo e emocional dos estudantes. Nesta etapa, os jovens começam a ter maior clareza sobre suas vocações e interesses profissionais. Além disso, é um período adequado para introduzir noções de empreendedorismo, pois os estudantes já possuem certo grau de maturidade para lidar com conceitos como inovação, planejamento e gestão de riscos (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal C).

A inclusão do item “Projeto de Vida”, presente no plano de aula do grupo e previsto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), proporcionou aos alunos uma oportunidade para refletir sobre seus interesses, valores e objetivos, fortalecendo sua autonomia e preparando-os para tomar decisões mais conscientes sobre seu futuro. Sobre isso, os professores afirmaram no plano que

A integração do componente “Projeto de Vida”, previsto na BNCC, contribuiu para o desenvolvimento de competências socioemocionais e a reflexão sobre objetivos pessoais e profissionais, fortalecendo habilidades como trabalho em equipe, criatividade e comunicação (Fragmento do plano de aula do Grupo Focal C).

Nesse sentido, compreendemos que a combinação entre os 3MP, a educação híbrida e a sala de aula invertida mostraram-se uma boa maneira de promover a

aprendizagem ativa, colaborativa e contextualizada. Larrossa e Rechia (2018) fazem um convite a refletir sobre a experiência educativa e a importância do tempo na aprendizagem. A educação híbrida, ao flexibilizar os tempos e os espaços de estudo, pode favorecer a construção de conhecimentos mais profundos e duradouros.

As discussões evidenciaram a percepção dos docentes sobre a importância das ferramentas digitais como catalisadoras da inovação pedagógica, pois no grupo focal ocorrem trocas sinérgicas entre os professores quando fazem essa partilha, o que não é recorrentes em atividades individuais, como assinalam Powell e Single (1996).

No entanto, também emergiram desafios e oportunidades que moldam a implementação dessas tecnologias na prática docente.

Dentre os desafios, destacam-se:

- *Falta de formação específica.* A maioria dos docentes relatou a necessidade de uma formação mais aprofundada, durante a graduação, para aprenderem como lidar com o uso de recursos digitais. A ausência de conhecimentos, técnicos e pedagógicos, sendo por vezes específicos, foi apontada como um impedimento para a exploração plena do potencial dos recursos.

- *Resistência à mudança.* Mudar o paradigma da prática docente, exigida pela integração das tecnologias, encontra alguma resistência em alguns docentes que apontaram ausência de apoio ou recursos e infraestruturas adequadas nos seus ambientes de trabalho, limitando a execução das atividades planejadas, o que faz com que esses mantenham os métodos tradicionais de ensino.

- *Falta de tempo.* Indisponibilidade de tempo para pesquisar, planejar e implementar as atividades com o uso de recursos digitais foi outro desafio apontado pelo grupo de docentes, que apontaram já possuírem carga horária extensa.

Por outro lado, os grupos apontaram que o uso de inovações pedagógicas, ao

menos dentro da proposta apresentada na disciplina possui potencialidades interessantes em que as trocas estão em condições contextuais e de responsabilidade formativa, como:

- *Engajamento e motivação.* Os recursos digitais podem tornar o aprendizado mais atrativo, despertando o interesse dos alunos e promovendo maior participação nas atividades.

- *Personalização do ensino.* As tecnologias permitem pensar atividades individualizadas, adaptando-as às necessidades e interesses de cada aluno.

- *Desenvolvimento de habilidades do século XXI.* O uso de tecnologias, em um ensino híbrido, contribui para o desenvolvimento de habilidades como criatividade, colaboração, comunicação e resolução de problemas, essenciais para a socialização no mundo contemporâneo.

- *Acesso à informação.* Os recursos digitais facilitam o acesso a uma grande quantidade de informações e recursos educacionais, ampliando as possibilidades de aprendizagem.

Portanto, compreendemos que a análise do grupo focal demonstrou que a integração de recursos digitais, em um ensino híbrido e dentro de uma proposta de inovação pedagógica, é um processo complexo e desafiador, que exige um acompanhamento contínuo e, até o desenvolvimento de políticas públicas que ofereçam suporte aos docentes em suas práticas. As potencialidades da tecnologia são inegáveis e podem contribuir para a transformação da educação, tornando-a mais relevante e eficaz.

Considerações finais

Do exposto nos resultados, destacamos que esta investigação revelou que os professores em processo de formação continuada possuem algum conhecimento das necessidades de seus alunos. No entanto, por vezes, demonstraram dificuldades em relacionar essas percepções com conteúdos teóricos e práticos para o planejamento de suas ações.

Apontamos que o desafio para esses profissionais talvez esteja na compreensão de que a sala de aula é um ambiente dinâmico que exige do docente uma constante atualização sobre a sua prática. E, nesse contexto, a formação continuada se apresenta como essencial para que os professores desenvolvam um perfil mais crítico e ativo.

A experiência com grupos focais no contexto da formação continuada de professores revelou-se uma estratégia poderosa para a promoção de práticas pedagógicas inovadoras. A reflexão coletiva, fomentada nesses encontros, não apenas permite aos docentes identificar desafios e propor soluções específicas para suas realidades, mas também estimula o engajamento com metodologias que transformam a dinâmica do ensino-aprendizagem.

Nesse sentido, destacamos que a inovação pedagógica, como evidenciado nesta investigação, vai além da adoção de ferramentas ou técnicas: trata-se de uma mudança paradigmática que considera a diversidade e a complexidade do ambiente escolar, integrando criatividade, interdisciplinaridade e a personalização do ensino. Nesse sentido, os grupos focais funcionaram como espaços de troca sinérgica, onde os docentes puderam compartilhar experiências, desenvolver estratégias conjuntas

e construir abordagens mais significativas e contextualizadas para seus alunos.

Entretanto, o processo de inovação pedagógica apresenta desafios significativos. A formação insuficiente para o uso de tecnologias, a resistência à mudança e a falta de tempo e recursos foram barreiras identificadas pelos professores. Essas questões reforçam a necessidade de políticas públicas que apoiem a formação continuada, promovam infraestrutura adequada e incentivem práticas reflexivas e colaborativas no ensino.

Portanto, reafirmamos que a inovação pedagógica não é apenas uma questão técnica, mas um movimento ético e político que busca tornar o ensino mais inclusivo, dinâmico e transformador. A experiência aqui descrita evidencia que, quando os professores se apropriam de práticas inovadoras em espaços colaborativos, como os grupos focais, eles se tornam agentes de mudança capazes de redefinir os caminhos da educação.

Referências

BACICH, L.; TANZI-NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (Orgs.) **Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação**. Porto Alegre: Penso, 2015. 270p.

CARBONELL, J. **A aventura de inovar: a mudança na escola**. Tradução Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2002.

CARDOSO, A. P. P. O. **Educação e inovação**. Millenium, n. 6, p. 1–9, 1997.

CAVALLO, D.; SINGER, H.; GOMES, A. S.; BITTENCOURT, I. I.; SILVEIRA, I. F. Inovação e criatividade na educação básica: dos conceitos ao ecossistema. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 24, n. 2, p. 143–162, 2016.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 2011.

CUNHA, M. I. Inovações na educação superior: impactos na prática pedagógica e nos saberes da docência. **Em Aberto**, v. 29, n. 97, p. 87–101, 2016.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DESLAURIERS, J. P. **Recherche qualitative: guide pratique**. Québec: McGrawHill Éditeurs, 1991.

GATTI, B. A. **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**. Brasília: Líber Livro, 2005.

LARROSA, J.; RECHIA, K. **P de professor**. São Carlos: Pedro & João, 2018.

MALLMANN, E. M. La vulgarización de la innovación en las políticas públicas y la hegemonía propietaria en la plataformización de la educación pública. **Revista Paradigma**, v. 44, ed. tem. n. 4 “Políticas educacionais em tiempos de mercantilización”,

p. 542–568, 2023.

MELLO, E. M.; GHANEM, E. Inovação pedagógica: lógicas e articulações para a transformação de práticas. *In*: MELLO, E. M. B.; FREITAS, D. P. S. de (org.). **Inovação pedagógica**: investigações teórico-práticas no contexto educacional. São Paulo: Pimenta Cultural, 2022. p. 84–104.

MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa social**: teoria, método e criatividade. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2001.

MORAN, J. Educação híbrida: um conceito chave para a educação, hoje. *In*: BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. de M. (org.). **Ensino híbrido**: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso, 2015. 270 p. p. 27–45.

NÓVOA, A. **O regresso dos professores**. Pinhais: Melo, 2011.

PEREIRA, T. I. **A atualidade do pensamento pedagógico de Paulo Freire**. Porto Alegre: CirKula, 2018.

PIMENTA, S. G. Professor reflexivo: construindo uma crítica. *In*: PIMENTA, S. G.; GHE-DIN, E. (org.). **Professor reflexivo no Brasil**: gênese e crítica de um conceito. São Paulo: Cortez, 2002. p. 17–52.

PIMENTA, S. G. Formação de professores – saberes da docência e identidade do professor. **Nuances: Estudos sobre Educação**, Presidente Prudente, v. 3, n. 3, p. 5–14, 2009.

POWELL, R.; SINGLE, H. Focus groups. **International Journal of Qualit in Health Care**, v. 8, n. 5, p. 499–504, 1996.

RINALDI, R. P. **Desenvolvimento profissional de formadores em exercício**: contribuições de um programa online. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

SINGER, H. A inovação na educação. In: MELLO, E. M. B.; FREITAS, D. P. S. de. (org.). **Inovação pedagógica: investigações teórico-práticas no contexto educacional**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2022. p. 26–35.

VASCONCELLOS, C. S. Inovação pedagógica: contribuições para uma perspectiva crítica. In: MELLO, E. M. B.; FREITAS, D. P. S. de (org.). **Inovação pedagógica: investigações teórico-práticas no contexto educacional**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2022. p. 49–83.

VEIGA, I. P. A. Inovações e projeto político-pedagógico: uma relação regulatória ou emancipatória? **Cadernos Cedes**, v. 23, n. 61, p. 267–281, 2003.

WAGNER, F.; CUNHA, M. I. da. **Oito assertivas de inovação pedagógica na educação superior**. Em Aberto, v. 32, n. 106, p. 27–41, 2019.

Capítulo 2

Inovação no ensino de ciências: metodologias ativas e práticas inspiradoras

Luisa Helena Silva de Sousa

Paulo Moreira Veiga

Introdução

O ensino de ciências enfrenta o desafio contínuo de tornar os conteúdos mais acessíveis, relevantes e conectados às realidades dos estudantes, com o objetivo de despertar o interesse e promover uma compreensão aprofundada dos conceitos. Nesse cenário, as metodologias ativas emergem como alternativas eficazes para envolver os alunos em processos de aprendizagem que valorizam o protagonismo, a colaboração e a aplicação prática do conhecimento. Essas abordagens não apenas incentivam a participação ativa dos estudantes, mas também promovem o desenvolvimento de habilidades críticas e criativas, essenciais para o enfrentamento de desafios do mundo contemporâneo (Dewey, 1938; Moran, 2018).

Dentre essas metodologias, a aprendizagem baseada em projetos se destaca por possibilitar a integração de diversas áreas do saber, a resolução de problemas reais e o desenvolvimento de competências essenciais para o século XXI, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de trabalho em equipe. O debate é atual,

mas as discussões já vêm de longa data. Segundo Kilpatrick (1918), o método de projetos proporciona uma conexão significativa entre teoria e prática, permitindo que os estudantes construam conhecimento a partir da aplicação em contextos reais. Mais recentemente, Papert (1980) argumenta que a aprendizagem é potencializada quando os alunos criam produtos tangíveis, que refletem tanto seu entendimento teórico quanto sua capacidade prática.

Nesse contexto, o presente capítulo tem como objetivo discutir o impacto e as possibilidades pedagógicas dessas abordagens no ensino de ciências, utilizando como estudo de caso o Projeto Roda D'Água, desenvolvido em uma instituição federal no município de Itaituba/PA entre 2011 e 2013, e replicado em 2016 no campus de Santarém. O projeto envolveu alunos do ensino médio integrado na construção e análise de rodas d'água, proporcionando uma experiência prática e interdisciplinar. Além de explorar conceitos físicos, como energia cinética e potencial, a prática incentivou os estudantes a aplicarem conhecimentos de diversas disciplinas, como Matemática e Biologia, no contexto de questões ambientais.

Essa abordagem também fomentou debates sobre sustentabilidade, inovação tecnológica e o papel histórico dessas estruturas na sociedade, promovendo reflexões críticas entre os estudantes sobre soluções viáveis para os desafios contemporâneos. Diante desses resultados, torna-se essencial compreender os fundamentos teóricos que sustentam tais práticas pedagógicas, especialmente no que se refere às metodologias ativas e à aprendizagem significativa no ensino de ciências.

Fundamentos cognitivos e metodológicos da aprendizagem significativa no ensino de ciências

Desde a promulgação da Constituição Federal de 1988, que reconhece a educação como um dos direitos sociais fundamentais do cidadão brasileiro (Brasil, 1988), a educação nacional tem passado por importantes transformações. Essas mudanças exigem dos docentes a adoção de novos mecanismos didáticos e pedagógicos que rompam com os modelos tradicionais de ensino, a fim de atender às demandas de uma sociedade em constante mudança, impulsionada pela globalização, pelos avanços tecnológicos e pelo compromisso constitucional com uma formação cidadã integral.

À luz dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 1999) e das Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (Brasil, 2017), os profissionais da educação são desafiados a adotar metodologias pedagógicas diferenciadas, capazes de formar sujeitos críticos, autônomos e preparados para atuar no mundo do trabalho. Esses documentos reforçam a importância de práticas educativas que promovam o desenvolvimento integral dos estudantes, articulando competências cognitivas, técnicas e socioemocionais, ao mesmo tempo que asseguram o exercício pleno da cidadania em uma sociedade democrática e plural.

Nesse contexto, o ensino de ciências nas instituições federais tem priorizado os aspectos cognitivos específicos da área, buscando desenvolver competências técnicas e tecnológicas. No entanto, esse enfoque tem gerado inquietações entre os docentes, que apontam a necessidade de práticas mais integradoras. Para Moreira (2002), a aprendizagem significativa ocorre quando o novo conteúdo se conecta a estruturas cognitivas já existentes, o que exige metodologias que articulem teoria

e prática de forma contextualizada e funcional. Assim, repensar o ensino de ciências implica investir em estratégias que façam sentido para os estudantes e contribuam para sua formação crítica e cidadã.

A aprendizagem baseada em projetos desponta como uma abordagem eficaz para promover o desenvolvimento de competências grupais, como planejamento e gestão de recursos, e habilidades cognitivas, como resolução de problemas e tomada de decisões. Segundo Sousa *et al.* (2020), essa metodologia favorece a maturação das relações interpessoais entre professores e estudantes, ao mesmo tempo que desloca o foco do ensino da mera memorização para uma aprendizagem significativa, consolidada por meio de práticas dinâmicas e reflexivas.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (2002), a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações se relacionam de maneira não arbitrária e substantiva com conhecimentos prévios relevantes já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa perspectiva teórica valoriza a interação entre os novos conteúdos e os conhecimentos anteriores, promovendo um aprendizado mais duradouro e integrado.

Nesse sentido, a aprendizagem baseada em projetos emerge como uma estratégia metodológica que concretiza os princípios da aprendizagem significativa ao transformar o aluno em protagonista do processo educativo. Ao integrar conteúdos curriculares a situações reais e contextualizadas, essa estratégia favorece o engajamento ativo dos estudantes, desenvolvendo habilidades essenciais como pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho colaborativo (Bender, 2015; Krajcik, Blumenfeld, 2006).

De acordo com Bender (2015), essa abordagem se baseia em projetos autênticos e desafiadores, que não apenas motivam os estudantes, mas também promovem uma aprendizagem mais profunda e duradoura. Larmer, Mergendoller e Boss (2015) com-

plementam ao destacar que a aprendizagem baseada em projetos contribui significativamente para o desenvolvimento de competências como autoconfiança, gestão de tempo e comunicação eficaz. Nessa mesma perspectiva, Gardner (1995) argumenta que o envolvimento em projetos complexos estimula tanto o entendimento conceitual quanto o domínio de habilidades práticas, indispensáveis à formação pessoal e profissional dos alunos.

No contexto brasileiro, estudos evidenciam a viabilidade e os impactos positivos da implementação da aprendizagem baseada em projetos. Oliveira, Siqueira e Romão (2020) ressaltam que essa metodologia contribui para o aumento do desempenho acadêmico, promovendo ainda a interdisciplinaridade e a vinculação entre o conhecimento escolar e a realidade vivida pelos alunos. Reforçando essa visão, Costa, Piniheiro e Pilatti (2012) indicam que a aprendizagem baseada em projetos favorece a articulação entre saberes científicos e as demandas cotidianas, fortalecendo o sentido social do processo educativo.

A adoção de práticas inovadoras como a aprendizagem baseada em projetos sinaliza a necessidade de uma transição paradigmática no campo educacional: da transmissão de conteúdo para a construção ativa do conhecimento. Esse modelo pedagógico está alinhado às exigências do século XXI, que demandam sujeitos capazes de exercer o pensamento autônomo, colaborar em ambientes diversos e inovar em contextos complexos (Diesel; Baldez; Martins, 2017).

Metodologia

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, de natureza descritiva e exploratória, com o objetivo de analisar a implementação e os resultados do Projeto de

Ensino Roda D'água. De acordo com Gil (2008), pesquisas descritivas e exploratórias buscam compreender fenômenos ainda pouco investigados, permitindo uma aproximação inicial com o objeto de estudo. Complementarmente, Minayo (2014) destaca que a abordagem qualitativa é especialmente adequada para analisar processos sociais em profundidade, considerando o contexto e a experiência dos sujeitos envolvidos. O projeto foi desenvolvido em uma instituição no interior do Pará, inicialmente no município de Itaituba, entre os anos de 2011 e 2013, sendo posteriormente replicado no município de Santarém, em 2016. As turmas participantes eram compostas por estudantes do ensino médio técnico integrado, com idade média entre 15 e 18 anos.

Etapas de planejamento, execução e coleta de dados do Projeto Roda D'Água

O planejamento do Projeto Roda D'Água teve início com a identificação do tema central, que consistia na integração dos conhecimentos da educação básica, com ênfase na disciplina de Física, articulando-os com questões ambientais, especialmente relacionadas ao uso sustentável da água. Em seguida, foi elaborado um plano de ensino com caráter interdisciplinar, fundamentado em metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em projetos, inspirada nos princípios educacionais de John Dewey. Esse planejamento incluiu também a proposição de atividades práticas, com destaque para a construção e análise de modelos experimentais de rodas d'água e sua aplicação no contexto local, proporcionando uma vivência concreta e significativa do conteúdo científico.

A execução do projeto se deu em duas etapas. A primeira ocorreu no campus do IFPA em Itaituba, entre os anos de 2011 e 2013, com turmas do ensino médio técnico

integrado. Durante esse período, os estudantes participaram de oficinas teóricas e práticas sobre energia mecânica, energia hidráulica e sustentabilidade. As atividades incluíram a construção de protótipos de rodas d'água com materiais recicláveis e de baixo custo, promovendo o aprendizado por meio da experimentação.

A segunda etapa ocorreu em 2016, com a replicação do projeto no campus Santarém, respeitando as especificidades ambientais e culturais da região. As turmas participantes realizaram atividades similares às desenvolvidas em Itaituba, com ênfase na aplicabilidade prática e na busca por soluções sustentáveis para desafios enfrentados por comunidades locais.

A coleta de dados foi realizada de forma qualitativa, por meio de observação participante durante as oficinas, com o intuito de registrar o nível de engajamento dos estudantes e a interação com os conteúdos abordados. Além disso, foram coletados registros fotográficos e relatórios elaborados pelos próprios alunos, nos quais relataram os resultados obtidos nos experimentos e suas percepções sobre o processo de aprendizagem. Ao final de cada ciclo de execução do projeto, também foram aplicados questionários estruturados com o objetivo de avaliar o impacto pedagógico das atividades desenvolvidas.

Análise dos dados, reflexões pedagógicas e aplicação didática

Os dados qualitativos obtidos ao longo da execução do Projeto Roda D'Água foram analisados com base na metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin (2020). Esse método permitiu identificar categorias emergentes a partir dos registros realizados durante as oficinas, dos relatórios elaborados pelos estudan-

tes e das respostas fornecidas nos questionários aplicados ao final de cada ciclo do projeto. As categorias foram organizadas em três dimensões principais: (1) a compreensão dos conceitos científicos abordados; (2) a percepção da relação entre ciência e meio ambiente; e (3) o desenvolvimento de habilidades práticas e colaborativas. A adoção dessa abordagem metodológica proporcionou uma leitura sistemática e aprofundada dos dados, permitindo destacar padrões recorrentes e gerar reflexões significativas sobre os impactos pedagógicos da experiência vivenciada pelos alunos.

Com base nessa análise, foi possível integrar os resultados ao referencial teórico discutido ao longo do capítulo, evidenciando as contribuições do projeto para a formação interdisciplinar e ambiental dos estudantes. Além disso, as evidências empíricas possibilitaram reflexões relevantes sobre os desafios e potencialidades da replicação da proposta em outros contextos educacionais, respeitando as especificidades socioculturais e ambientais de cada realidade.

A partir dessa fundamentação, elaborou-se uma sequência didática estruturada para orientar a aplicação do projeto em sala de aula. No quadro 1, são detalhadas as etapas de implementação da proposta, os objetivos de cada fase e os recursos necessários à sua execução. Essa organização propõe um percurso pedagógico prático e interdisciplinar, adaptável às diferentes realidades escolares. Fundamentada nas orientações de Zabala (2020), a sequência visa promover uma integração lógica e progressiva dos conteúdos, favorecendo a construção ativa e significativa do conhecimento pelos estudantes. Conforme defende o autor, o planejamento didático deve estar atento às necessidades do contexto, de modo a articular teoria e prática de forma coerente com os princípios de uma educação transformadora.

Quadro 1 – Proposta de sequência didática

Aula	Etapa	Descrição	Objetivo	Recursos
Aula 1	Introdução	Apresentação do tema através de slides e vídeos ilustrativos. Discussão sobre a origem, definição e funcionamento básico da roda d'água.	Contextualizar historicamente a roda d'água e sua relevância para o desenvolvimento tecnológico.	Slides de apresentação, vídeos sobre a história da roda d'água.
Aula 2	Aula Expositiva	Exploração da evolução histórica da roda d'água, desde os primeiros registros na Grécia Antiga até as suas aplicações modernas, como turbinas hidráulicas.	Demonstrar a evolução tecnológica da roda d'água e suas diferentes aplicações ao longo do tempo.	Slides detalhados, vídeos e debates em grupo.
Aula 3	Construção do Modelo	Atividade prática em que os alunos constroem um modelo funcional de roda d'água com materiais recicláveis.	Demonstrar os conceitos físicos envolvidos no funcionamento da roda d'água e relacioná-los à geração de energia.	Materiais recicláveis (papelão, garrafas PET etc.), vídeos explicativos: Vídeo 1, Vídeo 2.

Aula 4	Experimento Prático	Testar o modelo construído para demonstrar o funcionamento da roda d'água, gerando energia ou movimentando a água.	Compreender os princípios físicos (energia cinética e potencial) aplicados no funcionamento da roda d'água.	Espaço para experimentos, água, suporte para o modelo.
Aula 5	Visita ao Museu	Planejamento de visita ao Museu WEG (virtual ou presencial) para observar o funcionamento de uma roda d'água em um contexto tecnológico e histórico.	Ampliar o conhecimento sobre o funcionamento da roda d'água em escala real e seu impacto na geração de energia sustentável.	Link para tour virtual: Museu WEG de Ciência e Tecnologia – Tour Virtual
Aula 6	Avaliação	Aplicação de questionário e elaboração de um relatório reflexivo sobre as atividades realizadas.	Avaliar a compreensão dos conceitos e a capacidade dos alunos de refletirem sobre a experiência prática e os conhecimentos adquiridos.	Questionário impresso ou digital, instruções para o relatório reflexivo.

Fonte: elaborado pelos autores

Esta metodologia buscou analisar o impacto do Projeto Roda D'água, destacando a relevância de práticas pedagógicas que conectam o ensino técnico à realidade

ambiental local.

Resultados e discussões

O Projeto Roda D'Água proporcionou uma abordagem interdisciplinar ao ensino de ciências, permitindo que os estudantes aplicassem conceitos teóricos em situações práticas e reais. Para eternizar esse momento histórico e ilustrar o impacto do projeto, inserimos a figura 1, que registra a participação da docente e dos alunos executores do projeto, destacando o envolvimento e a colaboração ativa dos estudantes ao longo de sua execução. Essa imagem simboliza a união entre a educação técnica e o ensino de ciências, evidenciando a importância da metodologia ativa adotada durante o desenvolvimento do projeto.



Figura 1 – Registro escolar da docente e alguns alunos executores do Projeto Roda D'Água (Fonte: acervo pessoal)

A execução do projeto, incluindo a construção da roda d'água, ofereceu uma rica experiência prática que facilitou a compreensão de conceitos, como energia cinética, energia potencial e a transformação de energia. O processo também gerou reflexões

sobre sustentabilidade e inovação tecnológica, engajando os alunos de forma ativa, colaborativa e criativa.

A proposta do Projeto Roda D'água alinha-se à educação inovadora, permitindo que os alunos desempenhem um papel ativo na aprendizagem, conforme ilustrado na figura 2.



Figura 2 – Etapa prática do projeto com a construção de protótipos pelos estudantes (Fonte: acervo pessoal)

Ao integrar temas de sustentabilidade e práticas interdisciplinares, o projeto contribuiu para o desenvolvimento de competências e habilidades exigidas pelas Políticas Educacionais Nacionais, como destacado na literatura (Brasil, 2017).

O aprendizado dos princípios físicos envolvidos na construção da roda d'água foi uma das principais contribuições do projeto. Os alunos foram desafiados a entender como a energia cinética e a energia potencial gravitacional se transformam durante o movimento da roda, o que foi demonstrado de forma prática e visual. Além disso, o funcionamento da roda d'água, ligado ao princípio da conversão de energia mecânica para realizar trabalho, como a geração de eletricidade ou o bombeamento de água, proporcionou uma experiência concreta de aplicação de conceitos físicos, promovendo a aprendizagem ativa, ilustrado na figura 3.



Figura 3 – Participação discente em mostra científica com apresentação de trabalhos (Fonte: acervo pessoal)

O caráter interdisciplinar do projeto foi um dos aspectos mais enriquecedores, conectando a física com a engenharia, a sustentabilidade e a ecologia. A abordagem interdisciplinar permitiu que os alunos percebessem a relevância do uso de tecnologias sustentáveis, como a roda d'água, no contexto atual de busca por fontes alternativas de energia.

A conexão dos fenômenos físicos com questões ambientais tornou o ensino mais dinâmico e alinhado com as necessidades e desafios contemporâneos, conforme abordado por Gonçalves et al. (2016) e Frizzo et al. (2019). O trabalho colaborativo no desenvolvimento do protótipo da roda d'água e os subprojetos associados (Estação de Tratamento de Água e Residência Sustentável) também proporcionaram uma integração das várias áreas do conhecimento, facilitando a compreensão da complexidade dos problemas e soluções tecnológicas.

Considerações finais

O Projeto Roda D'Água se consolidou como uma experiência educacional inovadora, exemplificando de maneira clara e eficaz como as metodologias ativas, especialmente a aprendizagem baseada em projetos, podem transformar a sala de aula. Essa abordagem não só enriquece o ambiente de aprendizagem, mas também proporciona uma educação mais significativa e alinhada com as necessidades da sociedade atual.

Os resultados obtidos ao longo do projeto demonstraram que a aprendizagem baseada em projetos facilita a compreensão de conceitos complexos, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento de competências essenciais, a saber, o pensamento criativo, a capacidade de solução de problemas e a colaboração em grupo. Além disso, o Projeto Roda D'Água incentivou os alunos a se tornarem protagonistas de seu próprio aprendizado, estimulando a curiosidade e o engajamento com o conteúdo.

Ao trabalhar em projetos com relevância prática e social, os estudantes conseguem perceber a aplicação real dos conceitos aprendidos, o que aumenta a motivação e o interesse pela disciplina. Essa experiência também promove um ambiente de aprendizagem colaborativa, onde os alunos são encorajados a compartilhar ideias, discutir soluções e aprender uns com os outros. Dessa forma, o projeto contribui não apenas para a formação acadêmica dos alunos, mas também para o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais, preparando-os para os desafios do mundo contemporâneo.

Referências

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. Disponível em: <https://uab.ufsc.br/biologia/files/2020/08/Psicologia-Educacional.pdf>. Acesso em: 7 maio 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 5. ed. rev. atual. São Paulo: Edições 70, 2020.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2015.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 7 maio 2025.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, DF: MEC/SEF, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, DF: MEC, 2017.

COSTA, J. D. M.; PINHEIRO, N. A. M.; PILATTI, L. A. O ensino de matemática por meio de projetos de trabalho. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 3., 26–28 set. 2012, Ponta Grossa/PR. **Anais [...]**. Ponta Grossa/PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

DEWEY, J. **Experience and education**. New York: Macmillan, 1938. Disponível em: <https://archive.org/details/experience-and-education-john-dewey>. Acesso em: 8 dez. 2024.

DIESEL, A.; BALDEZ, A.; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268–288, 2017.

FRIZZO, L. A.; KÜRSCHNER, V. N.; SCHONARDIE, M. F.; TONIAZZO, N. A.; SCHMIDT, P. A. Física para todos: a construção de uma roda d'água. **Salão do Conhecimento**, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, v. 5, n. 5, 2019. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaocognhecimento/article/view/12843>. Acesso em: 18 ago. 2024.

GARDNER, H. **Inteligências múltiplas**: a teoria na prática. Porto Alegre: Artmed, 1995.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, E. M. A.; ELIAS, J. M.; GONÇALVES, G. E.; SILVA PINTO, E. A água nos levando ao conhecimento da Física: uma abordagem por meio de experimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO, 7., 7–9 set. 2016, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2016. Disponível em: <https://cbeu.ufop.br/anais>. Acesso em: 18 ago. 2024.

KILPATRICK, William Heard. **The project method**: the use of the purposeful act in the educative process. New York: Teachers College, Columbia University, 1918.

KRAJCIK, J. S.; BLUMENFELD, P. C. Project-based learning. In: SAWYER, R. K. (ed.). **The Cambridge handbook of the learning sciences**. New York: Cambridge University Press, 2006. p. 317–334.

LARMER, J.; MERGENDOLLER, J.; BOSS, S. **Setting the standard for project-based learning**: a proven approach to rigorous classroom instruction. Alexandria: ASCD, 2015.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MORAN, J. M. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. São Paulo: Loyola, 2018.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, p. 7–29, 2002.

OLIVEIRA, S. L.; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C. Aprendizagem baseada em projetos no ensino médio: estudo comparativo entre métodos de ensino. **Bolema**, v. 34, n. 67, p. 764–785, 2020.

PAPERT, S. **Mindstorms**: children, computers, and powerful ideas. New York: Basic Books, 1980. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/3708958>. Acesso em: 8 dez. 2024.

SOUSA, L. H. S. *et al.* Metodologias ativas no ensino de física. In: SOUZA, E. S. R. (org.). **Metodologias ativas no ensino de ciências e matemática**. [Recurso digital]. Belém: RFB Editora, 2020.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2020.

Capítulo 3

Propriedade intelectual no ensino de ciências

Williams Raphael de Souza Moraes

Jaceguai Soares da Silva

Introdução

O mundo contemporâneo é movido pela permanente evolução no setor industrial e na pesquisa de novas tecnologias, o desenvolvimento das mesmas é cercado por desafios, incluindo conhecer aspectos técnicos do invento, viabilidade econômica, potencial de transferência para o setor produtivo visando a sua reprodutibilidade em larga escala (Sampaio Junior, 2023).

Dentro desse contexto, tem-se a Propriedade Intelectual (PI), definida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) como qualquer produção do intelecto humano, ou seja, um bem imaterial o qual está nos domínios industrial, científico, literário ou artístico. O direito relacionado à proteção da propriedade intelectual permite obter, por um determinado tempo, algum prêmio ou recompensa que derive da “criação” (WIPO, 2021).

O anseio e a ação de criar são intrínsecos à natureza humana e, durante a história, o homem, como ser social, criou e inventou coisas, meios e formas, que, hoje, mais

propriamente, são identificadas e denominadas de tecnologias (Almeida, 2019).

Recentemente, a formação de estudantes da educação básica tem mudado em vários aspectos, com o avanço dos recursos tecnológicos e o aumento das relações virtuais, principalmente no contexto do mundo pós-pandemia, o qual tem demandado a adoção de novas metodologias de ensino para atrair os alunos e desenvolver neles as competências de cada nível de ensino descritas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018).

Com o avanço dessas tecnologias existe uma necessidade iminente de uma formação centrada no desenvolvimento de habilidades científicas com a finalidade de contribuir com a realização de pesquisas, as quais tragam benefícios técnicos, científicos e/ou sociais, bem como a construção de conhecimento e a criação de novas tecnologias, torna-se não só necessária, mas vital para qualquer sociedade, principalmente no Brasil, para torná-lo um país produtor de tecnologias voltadas para resolução de problemas (Ficheman; Saggio; Lopes, 2008). Em 2023, o Brasil performou na 49ª posição no Índice Global de Inovação de 2023 (IGI) e na 1ª (primeira) posição no IGI quando comparado aos países da América Latina e Caribe (OMPI, 2024).

Diante do exposto, este capítulo tem por objetivo apresentar os principais conceitos sobre Propriedade Intelectual e discutir a forma como esses conceitos podem ser abordados em sala de aula para a formação de alunos com uma visão mais científica e tecnológica. Para tanto, utilizou-se de revisão bibliográfica, através de artigos científicos e de notícias especializadas, resoluções, leis e normativas sobre propriedade intelectual, ciências e ensino.

Propriedade intelectual

A PI, conforme definição dada anteriormente, por ser qualquer produção do intelecto humano, abrange um vasto campo de atividades e desempenha um importante papel, tanto na vida cultural quanto na vida econômica. A criatividade e a inventividade são vitais e estimulam o crescimento econômico de um país, gerando novos empregos, indústrias e variabilidade de atuação desse país em diversos setores produtivos, principalmente o de tecnologia (WIPO, 2021).

No Brasil, essa temática da propriedade intelectual e inovação já estava prevista na Constituição Federal desde 1988 (Martins, 2010). A partir de 1990, o Brasil intensificou seus esforços para promover o desenvolvimento econômico e social por meio da inovação tecnológica, como evidenciado pelas ações do governo. Apesar de todos os esforços apenas 16 anos depois, em 2004, o governo brasileiro sancionou a Lei de Inovação Tecnológica (Brasil, 2004), com o principal objetivo de criar um ambiente propício ao aumento do envolvimento das empresas com instituições científicas e tecnológicas (ICTs) no desenvolvimento de projetos inovadores, visando à geração de novos produtos e processos (Martins, 2010; Castro; Morais 2024).

E mais recente, destaca-se o novo Marco Legal da Inovação, através da Lei nº 13.243/2016, que prevê a diminuição dos entraves burocráticos e mais liberdade para a pesquisa científica, além disso, essa lei busca sanar gargalos relevantes nos processos de propriedade intelectual e inovação brasileiros e aponta para o desafio da maior conversão de “ciência e tecnologia” em “produtos, processos e serviços inovadores”. Nesse sentido, cria-se um patamar de relacionamento e equalização de direitos e papéis entre os pesquisadores e centros de pesquisa (sejam públicos, privados, de ciência básica ou aplicada, de prototipagem ou empresariais) no Brasil (Brasil, 2017).



Figura 1 – Propriedade intelectual em suas várias dimensões
(Fonte: elaborado pelos autores)

Conforme descrição da WIPO (*World Intellectual Property Organization*, em português Organização Mundial da Propriedade Intelectual, OMPI) (2024), a PI está dividida em duas grandes áreas (figura 1): o direito autoral e a propriedade industrial. As obras literárias, artísticas e científicas, incluindo interpretações ou execuções e radiodifusões, abrangem os direitos autorais. Já as patentes para invenções, desenhos industriais, marcas e indicações geográficas, são exemplos de propriedade industrial.

Textos, fotografias ou filmes, obras sonoras, formas tridimensionais tais como esculturas e obras arquitetônicas, obras de referência e compilações de dados representam as diversas formas de aplicação da expressão criativa dos direitos de autores. Os direitos autorais geralmente não abrangem ideias em si, procedimentos, métodos operacionais e conceitos matemáticos. Esses direitos incluem tanto os direitos econômicos como os patrimoniais (WIPO, 2021). Os conceitos sobre propriedade industrial serão detalhados a seguir.

Propriedade industrial

A propriedade industrial é um conjunto de leis e regulamentos, tanto do Brasil quanto de outros países, que tem por objetivo proteger os ativos intangíveis da indústria. Em outras palavras, refere-se à proteção da riqueza não-material que é gerada juntamente com a produção de bens físicos. Conforme visualizado na figura 1, a propriedade industrial pode ser classificada como uma patente, segredo industrial, indicação geográfica, desenho industrial, marca e topografia de circuito integrado, os quais são definidos a seguir.

A patente é um título de propriedade que confere ao seu titular o direito de impedir terceiros explorarem sua invenção, em um determinado território, por um limitado período, em troca da descrição da invenção. Seu propósito engloba tanto as inovações originais quanto as melhorias em criações já existentes. Para ser considerada uma patente é necessário atender a três requisitos: novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.

De acordo com o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi), a patente pode ser de dois tipos:

1. Patente de invenção. Consiste em uma nova solução técnica para um problema técnico específico dentro de um determinado campo tecnológico e que possa ser fabricado ou usado industrialmente. Possui validade de 20 anos após o depósito ou pelo menos 10 anos após a concessão;

2. Modelo de utilidade. Compreende-se como uma nova forma ou disposição conferida a um objeto que se preste a um trabalho ou uso prático visando melhoria funcional no seu uso ou em sua fabricação. Possui validade de 15 anos após o depó-

sito ou pelo menos 7 anos após a concessão.

O segredo industrial corresponde ao conhecimento capaz de conferir a um determinado produto uma característica particular que o faz diferencial do seu similar e concorrente.

A indicação geográfica (IG) é definida como um instrumento de propriedade industrial que busca distinguir a origem geográfica de um determinado produto ou serviço. Em conformidade disposta nos artigos 176, 177 e 178 da Lei nº 9.279/1996, a IG é dividida em duas espécies:

1. Indicação de procedência (IP). Considera-se indicação de procedência o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que se tenha tornado conhecido como centro de extração, produção ou fabricação de determinado produto ou de prestação de determinado serviço. A IP resguarda o nome geográfico que ganhou notoriedade devido a um produto ou serviço;

2. Denominação de origem (DO). Considera-se denominação de origem o nome geográfico de país, cidade, região ou localidade de seu território, que designe produto ou serviço cujas qualidades ou características se devam exclusiva ou essencialmente ao meio geográfico, incluídos fatores naturais e humanos. A DO implica que as qualidades ou particularidades de uma determinada região geográfica, levando em conta tanto os elementos naturais quanto os humanos, exercem uma influência exclusiva ou essencial sobre um produto ou serviço, caracterizando-o de maneira específica.

O desenho industrial relaciona-se à dimensão estética ou decorativa de um produto, o qual pode incluir características tridimensionais, como sua forma e superfície, ou elementos bidimensionais, como padrões, linhas e cores. Para ser considerado um desenho industrial, ele deve ser passível de ser reproduzido em larga escala por

métodos industriais.

As marcas referem-se a sinal distintivo cujas funções principais são identificar a origem e distinguir produtos ou serviços de outros idênticos, semelhantes ou afins, de origem diversa. De acordo com a legislação brasileira, são passíveis de registro como marca todos os sinais distintivos visualmente perceptíveis. As marcas podem ser dos tipos: nominativa, figurativa, mista ou tridimensional.

A topografia de circuitos integrados trata-se uma série de imagens relacionadas, construídas ou codificadas sob qualquer meio ou forma, que caracterize a configuração tridimensional das camadas que compõem um circuito integrado (pequeno componente de formato geralmente retangular feito de um material semicondutor, o silício, onde “coabitam” vários componentes eletrônicos tais como transistores, diodos, capacitores e resistores, cuja finalidade é armazenar ou amplificar a corrente elétrica) (Levada; Levada, 2009), onde cada imagem pode retratar, total ou parcialmente, a configuração geométrica ou arranjos da superfície do circuito integrado em qualquer fase de seu desenvolvimento ou fabricação.

Educação tecnológica

A educação profissional e tecnológica (EPT) no Brasil possui uma tradição centenária, iniciada por meio da criação das Escolas de Aprendizes Artífices, em 23 de setembro de 1909, mediante o Decreto nº 7.566.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) estabelece que “a educação profissional e tecnológica (EPT), no cumprimento dos objetivos da educação nacional, integra-se aos diferentes níveis e modalidades de educação e às dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia” (Brasil, 1996). Nessa perspectiva, no ano de 2008, por intermédio da

Lei nº 11.892, foi criada a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e, consequentemente, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia com o objetivo estratégico de interiorizar e expandir a educação brasileira (Brasil, 1996; Brasil, 2008).

Ao longo dos anos, e tendo completado 115 anos no segundo semestre de 2024, a EPT passou por diversas atualizações, sendo a mais recente a criação da Política Nacional de Educação Profissional e Tecnológica (PNEPT), lançada em abril de 2024 e instituída pela Lei nº 14.645, de 2 de agosto de 2023, a qual visa a integrar e fortalecer a EPT no Brasil, proporcionando uma formação alinhada às necessidades do mundo do trabalho e às demandas sociais (Brasil, 2023).

A busca pela promoção do desenvolvimento e da integração da EPT no Brasil, em consonância com o Plano Nacional de Educação (PNE), e o atendimento das necessidades do mundo do trabalho, bem como fomentar a inovação e a pesquisa em diversas áreas do conhecimento são objetivos da PNEPT (Brasil, 2023).

De acordo com dados do Conselho Nacional das Instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (Conif), atualmente, a Rede Federal é composta por 38 Institutos Federais, dois Cefet, o Colégio Pedro II e as escolas vinculadas às universidades. Contam, ainda, com mais de um milhão de estudantes e suas unidades contribuem de forma eficaz para a superação das assimetrias regionais no Brasil, bem como são referências de educação de qualidade (Conif, 2022).

Embora a missão principal da EPT seja formação de nível médio técnico, capacitando profissionais para as demandas tecnicistas existentes no mercado de trabalho, destaca-se que discussões produzidas no âmbito destes cursos, bem como conhecimentos decorrentes da experiência no ensino, na pesquisa e na extensão podem resultar na geração de inovação. Takigi *et al.* (200) enfatizam que, nessa fase

da vida, a criatividade pode conduzir estes indivíduos a pensarem em tornar seus sonhos e imaginações concretos, por meios de produtos e serviços reais. Essa formação técnica de nível médio deve perpassar ainda pelo incentivo à cultura empreendedora aos indivíduos, incentivando a criação de negócios e consequentemente o desenvolvimento regional (Queiroz, 2021).

Destaque deve ser dado ao fato de que nações mais desenvolvidas investem massivos recursos na EPT, pois sabem que esta modalidade educacional aumenta o desenvolvimento econômico e auxilia os países a se manterem competitivos em uma economia cada vez mais globalizada e integrada, por meio da expansão da força de trabalho especializada e atuando diretamente na diminuição das taxas de desemprego. Outrossim, afirma-se que a educação profissional é uma opção atrativa para os estudantes em situação de vulnerabilidade, em razão de oferecer um caminho diferente do ensino tradicional, com maior inserção no mundo do trabalho e, também, do aumento da possibilidade de o estudante ingressar em instituições de ensino superior (Conif, 2022).

Ensino de ciências

A BNCC afirma que o ensino de ciências tem um objetivo primordial de desenvolver o letramento científico, que engloba a capacidade de compreensão e interpretação do mundo (natural, social e tecnológico), mas também transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. Nessa área de ensino deve-se instigar o aluno a possuir um olhar articulado a diversos campos do saber, propiciando o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimen-

tos da investigação científica (Brasil, 2018; Mattos, Amestoy, Tolentino Neto, 2022).

No contexto do ensino de ciências, o papel do professor está relacionado a proporcionar uma aprendizagem que leve em consideração o envolvimento dos alunos em novas formas de pensar, ou seja, existe a necessidade de uma associação com os modelos próprios da ciência, com o intuito de desenvolver nos estudantes uma cultura científica, com estímulo a busca por soluções de problemas, bem como no estímulo a tomada de decisões (Teixeira, 2019).

Essa busca por soluções, de certa forma, pode estar intrinsecamente ligada a um processo de geração de PI, como recurso indispensável para resgatar o objetivo do processo educacional, tendo a criatividade como base para o estimular o potencial inovador dos(as) estudantes, de modo a desenvolverem a criticidade e assumirem responsabilidades e compromissos com o próprio futuro (Inpi, 2023).

Sob o fundamento de uma educação libertadora, defendida por Paulo Freire, a qual exige dos estudantes a participação na própria formação (Freire, 1967), o envolvimento de temáticas de PI, no contexto do ensino de ciências, pode deixar o espaço escolar como ambiente efervescente de ideias e soluções, de criatividade, inovação e empreendedorismo, à luz do ensino e aprendizagem multifacetados da PI, culminando na sua atuação direta sobre as realidades locais e soluções de problemas (Inpi, 2023).

Ensino de ciências e propriedade intelectual

Rodrigues, Santos e Oliveira (2023) analisaram como o ensino técnico em Institutos Federais de Educação da região Norte trata do tema de propriedade intelectual no âmbito curricular. No estudo, constatou-se uma lacuna curricular em relação à

abordagem do tema, os autores sugerem que devem ser criadas disciplinas específicas relacionadas a temática da PI, além disso, é importante a criação de atividades curriculares que permitam oferecer conhecimentos de PI aos discentes, assim como é fundamental capacitá-los para que reconheçam a importância de se proteger a atividade criativa como inovação e base do empreendedorismo.

Nesse contexto, os autores criaram uma revista em quadrinhos intitulada *As aventuras de P&I pelo mundo do empreendedorismo*, com o propósito de contribuir para a disseminação do conhecimento de propriedade intelectual, inovação e empreendedorismo, como personagens principais com perfis baseados nos tipos humanos amazônicos, Piatã e Iara. Além deles, a história conta também com mais dois personagens secundários: a bibliotecária e o advogado especialista em propriedade intelectual.

Trindade e Fernandes (2022) relatam o caso de estudantes do ensino fundamental e médio de escolas brasileiras que estão passando pelo processo de depósito de patente para proteger e valorizar suas criações. Um dos destaques foi da equipe *Robolife*, formada por 3 estudantes baianas do 9º ano, de Candeias, região metropolitana de Salvador, as estudantes participaram do Torneio Sesi de Robótica – Desafio Covid-19, em 2020, para incentivar jovens a pensarem em soluções para a pandemia. A equipe esteve entre as sete melhores soluções, na categoria melhor projeto de pesquisa, e inventou a “Cabine de Esterilização de Livros”. O equipamento gera ozônio e o utiliza para fazer a desinfecção dos materiais. Assim, várias pessoas puderam fazer uso dos livros com segurança durante o período da pandemia.

A ideia das jovens surgiu ao perceberem que livros de bibliotecas tinham de passar por uma “quarentena” de 14 dias antes de ser emprestado novamente para outra pessoa. A medida adotada ocorreu para evitar a propagação do novo coronavírus.

No entanto, esse procedimento atrasava a circulação dos livros; por isso, as meninas idealizaram uma cabine que utiliza o ozônio como agente desinfetante. A invenção permitiu que os livros fossem disponibilizados, depois de apenas alguns minutos, sem colocar em risco os profissionais das bibliotecas e os leitores.

Outro projeto evidenciado foi da equipe *FrancoDroid*, formada por estudantes do ensino médio do Colégio Liceu Franco-Brasileiro, no Rio de Janeiro. Os estudantes desenvolveram o projeto CosmoCup, que se trata de um coletor menstrual pensado para facilitar a vida feminina no espaço. Os estudantes perceberam que as mulheres não participavam de viagens de longa duração no espaço por conta do ciclo menstrual, uma vez que absorventes e coletores comuns dissipavam o sangue em decorrência da gravidade. A única solução, até então, era o uso contínuo de pílulas contraceptivas para controlar o fluxo, o que, com o tempo, tornava-se prejudicial à saúde. Diferente dos coletores tradicionais, o CosmoCup possui uma película protetora com um corte em formato de cruz no centro. Dessa forma, o sangue entra no recipiente pela contração natural da região, mas não sai (Trindade; Fernandes, 2022).

Em âmbito nacional, nos últimos anos, o Inpi lançou uma iniciativa importante e pioneira com o objetivo de estimular o conhecimento sobre a propriedade intelectual entre docentes e discentes dos ensinos fundamental e médio no Brasil. Trata-se do Programa PI nas Escolas, organizado pelo Instituto com o apoio de uma rede de voluntários na condição de mentores, apoiadores e parceiros institucionais, direcionados a levar a propriedade intelectual ao público infanto-juvenil (Ardissone, 2024; Inpi, 2023).

A missão do Programa PI nas Escolas é promover a conexão da PI com o ambiente da educação básica e do ensino superior do país por meio do diálogo entre PI, ciência e tecnologia, inovação e empreendedorismo, em busca da ressignificação do espaço

educacional e de seu entorno com a valorização e resgate da identidade local, pertencimento territorial, desenvolvimento de tecnologias e contribuições para a sustentabilidade ambiental; da promoção da economia circular, inclusão social, diversidade e equidade de gênero; e do envolvimento dos atores locais no reconhecimento de seu saber (Inpi, 2023).

Nessa perspectiva, o programa propõe a interlocução e o registro de estudos e práticas de inserção da PI na educação, além da construção e consolidação do conhecimento, saberes, vivências e experiências de aplicação de habilidades e competências transversais de PI em sala de aula, promovendo a integração de saberes relativos à propriedade intelectual a partir das diretrizes e propostas curriculares, de forma a atender e potencializar as expectativas de ensino e de aprendizagem; a interdisciplinaridade – integração de disciplinas – e as transversalidades – definição de temas transversais – com a distribuição do tempo pelos componentes curriculares, orientação, atividade e materiais didáticos integrados, além de parâmetros e instrumentos de coleta de dados para avaliação (Inpi, 2023).

Ardissonne (2024) relata que, no ambiente internacional, a figura das “crianças inventoras” tem se tornado cada vez mais comum. O autor expõe o caso do artista britânico e criador do projeto INVENTORS! (INVENTORS Project, 2023), Dominic Wilcox, do Reino Unido, o qual realizou 19 workshops para mais de 450 crianças de 4 a 12 anos de sua cidade natal, Sunderland, e nas imediações. Após os workshops, Wilcox pediu a todas as crianças que pensassem na criação de invenções que pudessem resolver problemas práticos do cotidiano, ele conseguiu reunir cerca de seiscentos desenhos produzidos e, destes, selecionou alguns e os levou em seguida aos fabricantes locais.

Após conversar com as crianças inventoras, os fabricantes tiveram cerca de um mês para produzir as invenções que, depois, foram apresentadas em uma exposição.

Entre as invenções, pode-se mencionar a de uma criança chamada Henry, de 12 anos, que inventou uma escova de dentes com pasta acoplada, permitindo que a pasta seja levada à escova com o acionamento de um botão na base do cabo. Outra invenção interessante foi a de Layla, uma menina de 11 anos, que criou um abajur com persianas que controlam a luminosidade (Ardisson, 2024).

Sob tal perspectiva, o ensino de PI para crianças justifica-se por ensinar o respeito à originalidade dos trabalhos delas próprias e das outras pessoas, bem como oferece lições sobre como o poder do intelecto, da inventividade e da criatividade pode contribuir para a sustentabilidade da economia. A educação dos jovens na temática pode ser considerada útil em dois aspectos principais: mostrar a importância do respeito às criações alheias e promover a busca pela criatividade, enfatizando o valor social e econômico de uma mente criativa (Rêgo; Rocha, 2022).

Considerações finais

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa foi possível analisar que, mesmo com a presença constante da propriedade intelectual no cotidiano das pessoas, quando se trata da sua compreensão e importância em estimular a pesquisa e a inovação, além da proteção de tecnologias desenvolvidas, com o intuito de desenvolver o país, em termos científicos e socioeconômicos, esta apresenta-se muito aquém da idealidade.

Além disso, pode-se afirmar que a temática da propriedade intelectual se trata de um assunto relevante e necessário para o desenvolvimento de uma população cada vez mais consciente do contexto da propriedade intelectual e inovação e preparada para os novos desafios nas suas vidas profissionais e, portanto, merece ser

inserida no contexto escolar.

A pesquisa também demonstrou que temas ligados à propriedade intelectual e inovação podem ser considerados assuntos geralmente desconhecidos. No entanto, com a gradual inserção tecnológica é percebido que esse tema pode ser disseminado na vida da população em geral e no aprendizado das crianças e adolescentes, público com grande facilidade em manusear dispositivos móveis ou com a capacidade de reconhecer marcas famosas, mesmo antes de desenvolver plenamente a fala e a escrita. Esse contexto cria a necessidade de não desenvolvermos somente uma geração de consumidores tecnológicos, mas também estimular novos inventores, autores, críticos e analistas que possam contribuir para o surgimento de novas tecnologias, conteúdos e estudos na área, despertando desde cedo noções básicas sobre os principais conceitos.

Por fim, a pesquisa apontou que a propriedade intelectual é importante para acionar a mente empreendedora, preparar crianças e jovens na pesquisa do estado da arte e para um mundo (e profissões) em constante mudança e evolução, além de possibilitar a inserção nesse universo com maior consciência e protagonismo.

Referências

ALMEIDA, L. A integração da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) – o material da sala de aula. **Revista Campo do Saber**, v. 5, n. 2, 2019.

ARDISSONE, C. M. Propriedade intelectual e crianças inventoras: lições do personagem Franjinha, da Turma da Mônica, 2024. **Migalhas**. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/410851/propriedade-intelectual-e-criancas-inventoras-lico-es-turma-da-monica>. Acesso em: 2 de abr. 2025.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 1.787, de 14 de maio de 2013**. Dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de topografias de circuitos integrados. Brasília: Câmara dos Deputados, 2013. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=71FE89EAE4628453A104FB4B-5C458F30.proposicoesWebExterno2?codteor=12966&filename=Tramitacao-PL+1787/1996. Acesso em: 8 fev. 2025.

BRASIL. **Educação profissional e tecnológica (EPT)**. [S. l.]: [s. n.], [n. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/estruturaorganizacional-2/orgaos-especificos-singulares/secretaria-de-educacaoprofissional/educacao-profissional-e-tecnologica-ept>. Acesso: 15 dez. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 dez. 2008.

BRASIL. Lei nº 14.645, de 2 de agosto de 2023. Articula a formação profissional técnica de nível médio com a aprendizagem profissional, determinando a formulação de uma política nacional para o setor. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da

educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016 | 2022**. Brasília, DF: MCTIC, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): educação é a base**. Brasília, DF: MEC/Consed/Undime, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 10 dez. 2024.

CASTRO, L. M. de R.; MORAIS, W. R. de S. Propriedade intelectual do IFPA Câmpus Altamira: análise documental, percepção de servidores e prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, v. 17, n. 1, p. 133–146, 2024.

CONIF. **Diretrizes para a Educação Profissional e Tecnológica do Brasil**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://portal.conif.org.br/images/Docs/estudos/diretrizes-para-a-educacao-profissional-e-tecnologica-do-brasil_digital.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FICHEMAN, I. K.; SAGGIO, E.; LOPES, R. D. Estímulo ao desenvolvimento de projetos de ciências e engenharia na educação básica por meio da aproximação com a universidade. In: COBENGE – CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 36., 2008, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2008.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1967. 157 p.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Guia de implementação do Programa PI nas Escolas**. Rio de Janeiro: Inpi, 2023.

INVENTORS PROJECT. 2023. Disponível em: <https://inventorsproject.co.uk/website/>. Acesso em: 2 abr. 2025.

LEVADA, C. L.; LEVADA, M. M. O. O cinquentenário da invenção do chip. **Enciclopédia Biosfera**, v. 5, n. 8, p. 1–6, 2009.

MARTINS, W. H. L. **Produção científica: publicação versus patente: o caso CPGEI-U-TFPR. 2010.** 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2010.

MATTOS, K. R. C.; AMESTOY, M.; TOLENTINO NETO, L. C. B. O ensino de ciências da natureza nas versões da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 22–34, 2022.

NAISBITT, J. High tech–high touch: a tecnologia e a nossa busca por significado. São Paulo: Cultrix, 1999.

OMPI – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. Enabling innovation measurement at the sub–national level: a WIPO toolkit. Elaboração Gaétan de Rassenfosse (EPFL) e Sacha Wunsch–Vincent (OMPI). Genebra: OMPI; Departamento de Economia e Análise de Dados, 2024.

QUEIROZ, L. D. S. **Formação em propriedade intelectual no ensino médio técnico.** 2021. 107 f. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.

RÊGO, S. A. T. G.; ROCHA, A. M. A importância do ensino de propriedade intelectual para alunos do nível fundamental. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 12, p. 77396–77408, dec. 2022.

RODRIGUES, D. S.; DOS SANTOS, R. M. N.; DE OLIVEIRA, R. C. A temática de propriedade intelectual como parte da formação dos alunos dos cursos técnicos dos Institutos Federais da região Norte. **Cadernos de Prospeção**, v. 16, n. 1, p. 51–68, 2023.

SAMPAIO JUNIOR, P. A. Brazil: the national formation dilemma. In: BASTOS, P. P. Z.; GIMENEZ, D. M. **Campinas School of Political Economy Book Series**, v. 2. Curitiba: Editora CRV, 2023. p. 443–468.

TAKAGI, Y.; ALLMAN, L.; SINJELA, M. A. **Teaching of intellectual property.** Cambridge:

World Intellectual Property Organization, 2008. 333 p. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/teaching-of-intellectualproperty/A7036730EEA64AB-18C8301D170A2E350>. Acesso em: 10 fev. 2025.

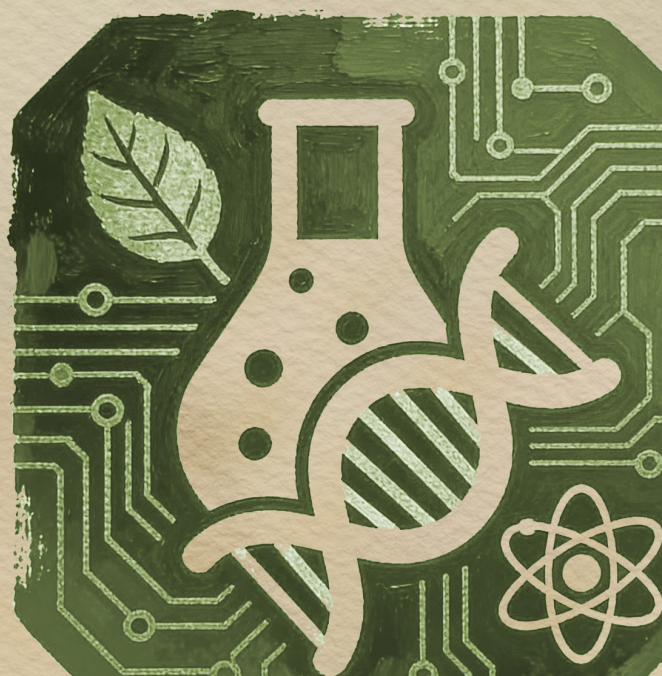
TEIXEIRA, O. P. B. A ciência, a natureza da ciência e o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, p. 851–854, 2019.

TRINDADE, M.; FERNANDES, M. Propriedade intelectual nas escolas: ciência e inovação começam aqui. **Agência de Notícias da Indústria**, 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/educacao/propriedade-intelectual-nas-escolas-ciencia-e-inovacao-comecam-aqui/>. Acesso em: 6 abr. 2025.

WIPO. **O que é propriedade intelectual?** 2021. Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_450_2020.pdf. Acesso em: 12 dez. 2024.

Laboratório de ideias:

*recursos, experimentos
e ambientes inovadores*



Capítulo 4

A experimentação no ensino de ciências: múltiplas abordagens e práticas pedagógicas inovadoras

Laísa Maria de Resende Castro

Natanael Charles da Silva

Introdução

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do ensino médio, proposta em 2017, destaca a importância da experimentação como um eixo central para o desenvolvimento de competências e habilidades, principalmente nas áreas de ciências da natureza (física, química e biologia). A experimentação é apresentada como um recurso pedagógico essencial para promover a compreensão de conceitos científicos, estimular o pensamento crítico e incentivar a investigação por parte dos estudantes.

Segundo a BNCC, o ensino de ciências deve ser baseado em práticas investigativas e experimentais que permitam aos alunos formular hipóteses, planejar e executar experimentos, analisar resultados e construir conclusões de forma autônoma. Esse enfoque aproxima os estudantes do método científico, promovendo um aprendizado ativo e reflexivo, e incentivando a contextualização dos conhecimentos teóricos em situações reais e cotidianas (Brasil, 2017).

Entretanto, o ensino das ciências ainda enfrenta inúmeras lacunas no processo de

ensino-aprendizagem, com o conhecimento científico muitas vezes sendo reduzido à mera reprodução de conteúdo expositivo. Os alunos frequentemente encontram dificuldades em relacionar a teoria desenvolvida em sala de aula com a realidade ao seu redor, o que cria uma barreira para a aprendizagem significativa (Bevilacqua; Silva, 2007).

Além disso, a experimentação em sala de aula tem sido usada, com frequência, como uma ferramenta de ilustração da teoria, restringindo seu uso a demonstrações práticas que reforçam conceitos já discutidos. Segundo Vidal e Porto (2012), essa abordagem limita o potencial da experimentação como uma ferramenta de ensino. Assim, embora a experimentação possa dinamizar o processo de ensino-aprendizagem, seu uso precisa ser cuidadosamente planejado para que possa alcançar uma aprendizagem mais significativa e prazerosa, como na adoção de atividades investigativas (Andrade, 2019).

Diante desse cenário, torna-se essencial que o uso da experimentação no ensino de ciências vá além de abordagens tradicionais, visto que a BNCC sugere que as atividades experimentais não se limitem aos espaços laboratoriais, mas que também possam ocorrer em outros ambientes, como no entorno escolar, utilizando-se de laboratórios virtuais e/ou materiais simples (Brasil, 2017).

Este capítulo, portanto, abordará três modalidades de atividades experimentais: a experimentação demonstrativa, a experimentação de verificação (ambas tradicionais) e a experimentação por investigação (inovadora) (Santos; Menezes, 2020).

Ressaltamos, portanto, que cada modalidade tem potencialidades e limitações, e a escolha de qual aplicar depende das competências que o professor deseja desenvolver em seus alunos, bem como dos recursos disponíveis. Além disso, para que se possa aproveitar ao máximo cada uma dessas práticas, é fundamental que o docente

compreenda as diferenças entre elas e saiba o momento apropriado para utilizá-las (Oliveira, 2010).

A experimentação demonstrativa, por exemplo, é elaborada e conduzida pelo professor, com os alunos atuando como observadores (Campos; Nigro, 1999). Embora essa modalidade seja útil para demonstrar técnicas, espécimes e fenômenos, seu uso é muitas vezes motivado pela necessidade de otimização do tempo ou pela falta de materiais suficientes para todos os alunos (Krasilchik, 2004). Já na experimentação de verificação, os alunos trabalham em pequenos grupos para seguir roteiros pre-estabelecidos, visando a comprovar teorias, o que permite maior interação com o experimento e entre os colegas (Felipak *et al.*, 2016).

Por outro lado, as atividades experimentais investigativas, que podem ser desenvolvidas em conformidade com o ensino por investigação, propõem uma mudança de postura, incentivando a participação ativa dos alunos na formulação e no teste de hipóteses. Essas atividades experimentais ressignificam o processo de aprendizagem, permitindo que os estudantes atuem de maneira mais autônoma e crítica, engajados na construção do conhecimento científico (Santos; Menezes, 2020).

A experimentação investigativa, portanto, possibilita a criação de um ambiente de ensino mais dinâmico, no qual a problematização, a elaboração e o teste de hipóteses desempenham um papel central (Bassoli, 2014). Assim, este capítulo tem como objetivo apresentar atividades práticas, com e sem o uso de espaços laboratoriais, que foram aplicadas em sala de aula no Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Altamira e obtiveram resultados exitosos.

Práticas experimentais no ensino de ciências

Nesta seção, apresentamos de maneira objetiva e contextualizada os experimentos que foram realizados em sala de aula e apresentaram resultados exitosos. Para tanto, o tópico foi dividido em três partes, sendo a primeira, dedicada à experimentação demonstrativa; a segunda, à experimentação por verificação; e a terceira, à experimentação por investigação. Ressaltamos também que todas essas atividades possuem foco em áreas da biologia, e são voltadas para os alunos do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio.

As atividades experimentais propostas possuem a natureza de serem simples na sua realização e acessíveis nos materiais utilizados, ou seja, possuem baixo custo e não apresentam a necessidade de espaços laboratoriais sofisticados ou longos períodos de preparação. Nosso objetivo é compartilhar estratégias pedagógicas práticas para que você, docente, possa conduzir aulas mais criativas e inovadoras, tornando o aprendizado mais dinâmico e envolvente.

Experimentação demonstrativa

A experimentação demonstrativa propõe atividades voltadas à apresentação de procedimentos práticos, sem a necessidade de recursos de maior sofisticação (Silva et al., 2020). A teoria pode ser “visualizada” a partir de uma experimentação demonstrativa, sem imposição de um reducionismo e de uma simplificação da abordagem conceitual, favorecendo o interesse dos alunos e incentivando sua capacidade reflexiva (Silva et al., 2020). Para os autores, a demonstração experimental relaciona

o conteúdo escolar com a experiência vivida pelo aluno em sua realidade, aproximando a ciência da sala de aula com aquela de seu próprio contexto (Silva *et al.*, 2020).

Observando a fotossíntese: demonstração do processo e seus elementos essenciais

Tema: Fotossíntese

Ano: 1º ano do ensino médio

Laboratório: Não é necessário

Custeio: R\$ 10,00*

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: A fotossíntese é um processo realizado por organismos autotróficos fotossintetizantes, como plantas, algas e alguns procariontes, que necessitam de gás carbônico (CO₂), água e energia solar, produzindo glicose (composto orgânico) e oxigênio (que é liberado para a atmosfera). A energia solar é absorvida pelos cloroplastos, devido ao seu pigmento verde (clorofila), ocorrendo, assim, uma série de reações químicas.

Objetivos: Identificar os elementos necessários para realização da fotossíntese; reconhecer o processo fotossintético.

Materiais utilizados

- 2 copos, béqueres ou garrafa de água transparente
- Colher ou bastão
- 4 folhas verdes coletadas na hora*
- 10 gramas (1 colher de sopa) de bicarbonato de sódio

- Água para cobrir o copo/béquero
- Lanterna do celular

*Usar a espécie *Elodea* (planta de aquário é mais rápido), mas se não tiver, pode ser qualquer folha, a exemplo de uma folha de mangueira.

Procedimentos

1. Coloque o bicarbonato de sódio em 1 (um) copo com água e misture até ficar homogêneo. Marque o copo como 1 (um).
2. O outro copo será o controle, que será o 0 (zero).
3. Adicione 2 folhas verdes em cada copo, e direcione a lanterna do celular para a folha.
4. Aguarde de 20 a 40 minutos.

Sugestão de análise e discussão dos resultados

Agora, escreva numa folha a resposta para as perguntas a seguir:

1. Por que as bolhas se formaram? E o que são essas bolhas?
2. A lanterna substitui qual fonte de energia?
3. Qual processo está ocorrendo no experimento?
4. Explique esse processo através de um esquema.

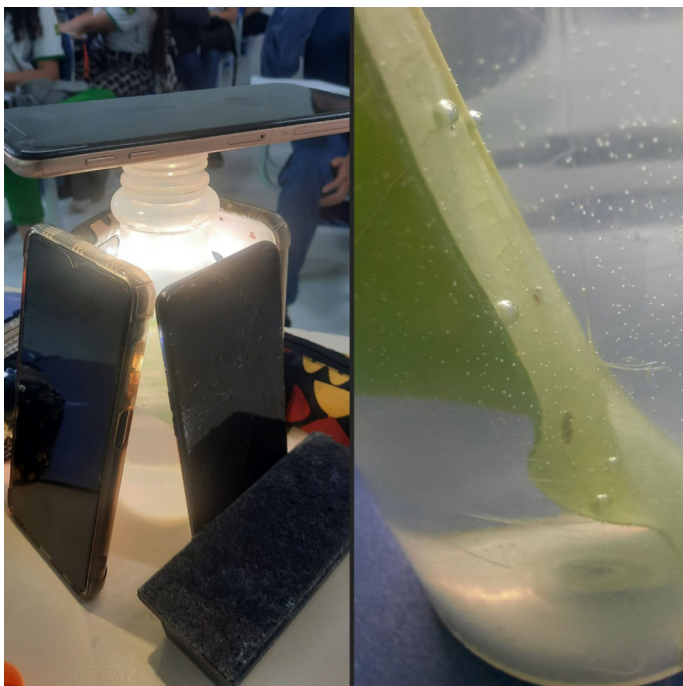


Figura 1 – Representação do experimento de fotossíntese, evidenciando sua simplicidade de execução. Na segunda imagem, observa-se a formação de bolhas, indicando que está ocorrendo o processo fotossintético (Fonte: arquivo dos autores (2024))

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Explorando a divisão celular: observando mitose e meiose em células vegetais

Tema: Mitose

Ano: 1º ano do ensino médio

Laboratório: Faz-se necessário

Custeio: Uso exclusivo de material disponível no espaço laboratorial

Duração: 4 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: A mitose é um processo fundamental de divisão celular que permite a replicação das células somáticas, resultando em duas células-filhas geneticamente idênticas à célula-mãe. Esse processo é essencial para o crescimento e o desenvolvimento dos organismos, especialmente nas raízes das plantas, onde as células se multiplicam rapidamente para facilitar a absorção de água e nutrientes do solo. Através da mitose, as raízes podem se expandir, aumentando a superfície de contato com o solo e permitindo que a planta se estabeleça e cresça de maneira saudável. Assim, a mitose não apenas sustenta o crescimento das raízes, mas também desempenha um papel vital na sobrevivência e adaptação das plantas ao ambiente.

Objetivos: Observar as fases da divisão celular através de uma atividade prática.

Materiais necessários

- Lâminas de microscópio com células de cebola (mitose)
- Microscópios
- Água
- Corante (como azul de metileno ou iodeto de potássio)
- Pipetas
- Lâminas e lamínulas

- Papel toalha
- Quadro branco e marcadores
- Projetor (opcional) para exibir imagens ilustrativas das fases da divisão celular

Procedimentos

1. Corte uma pequena fatia da cebola e coloque-a em um recipiente com água quente por 5 minutos, para soltar as células.
2. Retire a cebola e coloque-a em um recipiente com água e corante, permitindo que a coloração atue por mais 10 minutos.
3. Com cuidado, remova uma camada da cebola, coloque-a sobre uma lâmina, adicione algumas gotas de água e cubra com uma lamínula.
4. Divida a turma em grupos e forneça a cada grupo um microscópio.
5. Observem as lâminas preparadas, ajustando o foco e a iluminação.

Sugestão de análise e discussão dos resultados

Agora, escreva a resposta das perguntas a seguir:

1. Quais fases da divisão celular foram mais facilmente identificadas/visualizadas?
2. Por que a divisão celular é fundamental para os organismos?

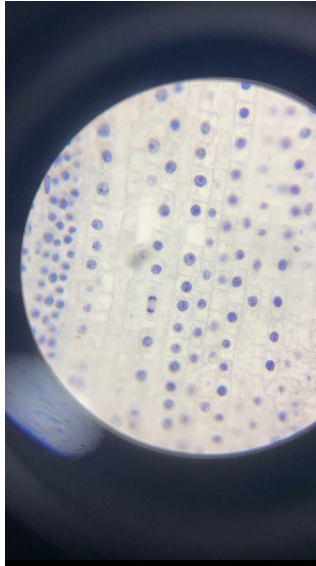


Figura 2 – Células da raiz de cebola em diferentes estágios da divisão celular
(Fonte: arquivo dos autores (2024))

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Experimentação de verificação

Com a experimentação de verificação, procura-se verificar ou comprovar certos fenômenos que são facilmente previsíveis nas leis e teorias já estabelecidas, cujo objetivo é facilitar a interpretação dos resultados, pois a explicação teórica já é conhecida pelos alunos (Oliveira *et al.*, 2020). Logo, essa abordagem é baseada na formulação de pressupostos que facilitem a interpretação dos parâmetros que determinam os fenômenos, visando a potencializar a aprendizagem pela maior participação dos alunos, inclusive estimulando a capacidade de construir generalizações (Oliveira *et al.*, 2020).

Construindo um osmômetro caseiro: explorando o processo de osmose

Tema: Osmose

Ano: 1º ano do ensino médio

Laboratório: Não se faz necessário

Custeio: R\$ 0,00

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: A permeabilidade celular é o processo que controla a entrada e a saída de substâncias na célula, e é necessária para a realização de seus fenômenos vitais. Essas trocas sempre se realizam entre soluções (soluto + solvente). A osmose é um transporte passivo, no qual ocorre a passagem de água (solvente) através da membrana sem gasto de energia.

Objetivo: Construir um osmômetro caseiro e realizar avaliações quantitativas sobre o processo de osmose.

Materiais utilizados

- Duas batatas inglesas cruas
- 1 faca sem ponta ou de plástico
- 1 colher (café)
- Sal
- Açúcar
- 5 pratos descartáveis
- Guardanapos de papel ou papel toalha
- Pincel e papel A4

Procedimentos

1. Corte as batatas ao meio.
 2. Faça um buraco, utilizando a colher, no centro de três metades da batata.
 3. Seque bem as metades de batata com papel toalha ou guardanapo.
 4. Marque três pontos, escrevendo, com caneta para retroprojeção ou usando fita crepe, “açúcar”, “sal” e “controle”. Os pratos devem estar limpos e secos antes de começar a experiência.
 5. Coloque uma metade da batata em cada um dos pratos descartáveis, com o buraco voltado para cima.
 6. Adicione uma medida de açúcar no buraco da batata marcada com “açúcar”, e uma medida de sal na batata marcada com “sal”. Na batata “controle”, não coloque nada. É importante que você coloque dentro do buraco a mesma quantidade de açúcar e sal.
 7. Nos outros pratos, sem batata, coloque uma medida de açúcar e uma medida de sal.
 8. Aguarde de 20 a 40 minutos, observando para ver o que vai acontecer.
- Sugestão de análise e discussão dos resultados

Agora, escreva na folha disponibilizada a resposta para as perguntas a seguir:

1. De onde veio a água que deve ter aparecido nos buracos?
2. Houve mudança de cor ou de consistência das batatas? Por quê?
3. Em qual momento do cotidiano podemos observar esse processo?

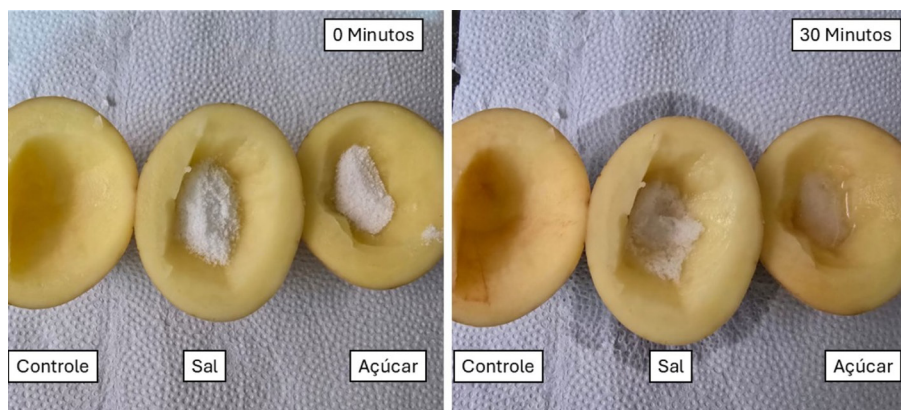


Figura 3 – Análise dos diferentes tratamentos com batatas. No controle, a batata não contém soluto. Nas demais imagens, as batatas tratadas com sal e açúcar exibem a presença de água, evidenciando o processo osmótico (Fonte: arquivo dos autores (2024))

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Fisiologia vegetal – absorção de metais tóxicos (alumínio)

Tema: Fisiologia vegetal

Ano: 2º ano do ensino médio

Laboratório: Laboratório Multidisciplinar

Custeio: R\$ 900,00

Duração: 4 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: A fisiologia vegetal estuda os processos vitais que ocorrem nas plantas, incluindo a absorção de nutrientes e a resposta a condições adversas do ambiente, como a presença de metais tóxicos. Um dos metais mais comuns em solos ácidos é o alumínio (Al^{3+}), que pode ser tóxico para as plantas quando em concentrações elevadas. A absorção de alumínio pelas raízes prejudica o desenvolvimento vegetal, afetando processos como a divisão celular, a elongação das raízes e a absorção de água e nutrientes. Compreender como o alumínio afeta a fisiologia das plantas é fundamental para mitigar seus impactos em solos agrícolas e desenvolver cultivos mais resistentes a ambientes desfavoráveis.

Objetivo: Analisar os impactos da toxicidade de metais no desenvolvimento e fisiologia das plantas.

Materiais utilizados

- Solução de Chrome Azurol S
- Galhos de plantas acumuladoras e não acumuladoras de alumínio, como: jambo; canela de velho; pau-terra; pau-terra-da-folha-larga; manga
- Tesoura de poda
- Conta-gotas
- Luvas descartáveis

Procedimento

1. Prepare uma solução de Chrome Azurol S.
2. Colete os galhos das plantas.
3. Utilize a solução de Chrome Azurol S, aplicando algumas gotas diretamente no pecíolo dos galhos com auxílio de um conta-gotas.
4. Observe a mudança de cor nos galhos; o resultado positivo apresenta cor de azul a roxo, e o resultado negativo apresenta cor vermelha.
5. Anote as diferenças de coloração entre as plantas expostas ao alumínio.
6. Tire fotos ou faça esboços das observações.

Sugestão de análise e discussão dos resultados

1. Quais partes das plantas absorveram mais alumínio? Como podemos relacionar isso ao funcionamento das raízes?
2. Quais seriam os impactos, a longo prazo, para a planta se estivesse em solo contaminado?
3. Discuta a importância do potencial hidrogeniônico (pH) do solo no aumento da concentração de alumínio disponível e como isso afeta as culturas agrícolas.



Figura 4 – Aplicação do Chrome Azurol S em campo, evidenciando reação positiva ao alumínio com coloração roxa e azul
(Fonte: arquivo dos autores (2024))

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Oxidação enzimática: verificando o escurecimento da maçã em diferentes tratamentos

Conteúdo: Enzimas

Ano: 1º ano

Laboratório: Não se faz necessário

Custeio: R\$ 8,00

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: As enzimas são proteínas fundamentais que atuam como catalisadores biológicos, acelerando reações químicas essenciais para o funcionamento do nosso corpo, como a digestão. Cada enzima é específica para um tipo de reação, ligando-se a substratos e facilitando sua conversão em produtos. A atividade enzimática é influenciada por fatores como temperatura, pH, concentração de substrato e a presença de inibidores ou ativadores. Por exemplo, as enzimas possuem uma temperatura e um pH ótimos, e sua eficiência pode aumentar com a concentração de substratos, mas ser reduzida na presença de inibidores. Compreender esses fatores é crucial para entender como o corpo regula suas funções e como as enzimas são aplicadas em diversas indústrias.

Objetivos: Compreender o processo de oxidação enzimática das frutas e verificar o efeito de diferentes tratamentos no escurecimento da maçã.

Materiais utilizados

- 1 maçã ou batata
- 1 faca
- Suco de 1 limão (tratamento 1)
- 2 pratos
- Cronômetro ou relógio

Procedimentos

1. Corte a maçã ao meio utilizando a faca, de modo que ambas as metades fiquem expostas ao ar.
2. Coloque uma metade em cada prato e deixe uma delas sem tratamento (essa será a amostra controle).
3. Esprema o suco de 1 limão sobre a superfície exposta da segunda metade da maçã, cobrindo-a completamente.
4. Coloque a maçã em outro prato e observe.
5. Observe e anote o tempo que leva para cada metade da maçã (controle e com limão) começar a escurecer.
6. Compare as mudanças de cor ao longo de 5 a 10 minutos.

Sugestão de análise e discussão dos resultados

1. O que aconteceu com a maçã sem tratamento (controle)?
2. Por que a maçã com limão não escureceu?
3. O que ocorreu com a maçã imersa em água?
4. Qual foi o tratamento mais eficaz em impedir o escurecimento?



Figura 5 – Experimentação de verificação: escurecimento da maçã em diferentes tratamentos
(Fonte: arquivo dos autores (2024))

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Experimentação investigativa

A experimentação por investigação se caracteriza por não se fazer uso de roteiros estruturalmente fechados, uma vez que ela é centralizada nos aspectos cognitivos do processo de ensino–aprendizagem, de maneira que visa à promoção da capacidade de julgamento, de generalização e de senso crítico (Oliveira et al., 2020). Nessa abordagem, os professores apenas direcionam as atividades e os alunos é que as executam (Oliveira et al., 2020). Para tanto, os alunos devem, coletivamente, discutir ideias, levantar hipóteses e utilizar a experimentação como meio para compreender os fenômenos (Oliveira et al., 2020).

Investigando a fermentação: observando o processo de respiração anaeróbica das leveduras

Tema: Fermentação

Ano: 1º e 2º ano do ensino médio

Laboratório: Não se faz necessário

Custeio: R\$ 20,00

Duração: 2 aulas (aproximadamente 50 minutos, cada)

Introdução: O fermento biológico é formado por leveduras micro–orgânicas cientificamente conhecidas como *Saccharomyces cerevisiae*. São fungos unicelulares que realizam respiração anaeróbica, sendo muito utilizados pela indústria.

Objetivos: Conhecer o processo de fermentação e descrever as reações envolvidas.

Problema norteador

Maria e Lurdes se encontram por acaso no supermercado “Gente Fina” e iniciam

uma discussão sobre qual seria o melhor fermento para uma receita de pão. Para Maria, o fermento químico deixa o pão mais macio e leve, agindo mais rapidamente no crescimento da massa. Já para Lurdes, o fermento biológico é mais indicado por ser natural; ela acredita que esse tipo de fermento é composto por seres vivos microscópicos que atuam no crescimento da massa do pão a partir do seu próprio desenvolvimento e, dessa forma, se tornam mais eficientes. Diante da situação, indique para Maria e Lurdes se existem, de fato, diferenças entre o fermento biológico e o fermento químico, descrevendo como é o efeito do fermento biológico no crescimento do pão e quais as reações que estão envolvidas nesse processo de fermentação. Explique também se as duas estão totalmente certas ou se existem equívocos em suas considerações a respeito do fermento e do processo de fermentação.

Atenção: Após disponibilizar a situação-problema inicial para os alunos, o professor pode disponibilizar os materiais a seguir e deixar que eles busquem informações e tentem resolver o problema. O professor pode atuar como um orientador na formulação de hipóteses e na realização de procedimentos que auxiliem na elucidação de respostas, como nos passos seguintes.

Materiais utilizados

- 3 tubos de ensaio
- 3 balões
- Açúcar
- Sal
- Fermento biológico seco
- Água morna
- Colher

Procedimento que pode ser orientado aos alunos

1. Coloque meio tablete de fermento biológico (5 gramas) em 250 mililitros de água morna e misture bem, até dissolver.

2. Adicione um pouco dessa mistura aos tubos de maneira igual (a quantidade em cada frasco vai depender do tamanho dele, mas deixe pelo menos 3–4 dedos até a abertura).

3. Em um dos frascos, adicione açúcar (1–2 colheres de sopa); em outro frasco, adicione 1–2 colheres de sal; e, em outro, adicione 1 colher de água morna. Misture bem.

4. Nomeie os tubos e anote o que você colocou em cada um.

5. Coloque uma bexiga murcha na abertura do frasco; certifique-se de que ela não esteja furada e que esteja bem presa.

6. Espere mais ou menos 30 minutos.

7. Confira os resultados, e analise!

Sugestão de análise e discussão dos resultados

Formule sua hipótese: Em qual tubo vocês acham que acontecerá a fermentação? Por quê?

Após o final do experimento

1. Você sabe qual processo está ocorrendo nos tubos? Explique-o.

2. Observando agora o experimento, em qual tubo a reação realmente ocorreu? Por quê?

3. Por que a reação não ocorreu nos outros tubos?

4. Qual é o gás que ficou preso na bexiga?

5. Processo semelhante ocorre na produção de algum alimento que você conhece? Cite-os.

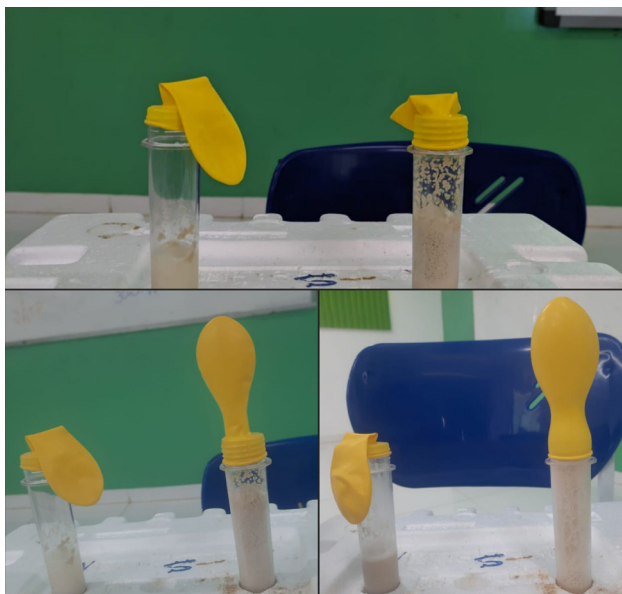


Figura 6 – Investigando a fermentação: observação da respiração anaeróbica das leveduras com a liberação de gás que infla o balão

Fonte: arquivo dos autores (2024)

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Explorando o micromundo: investigação prática sobre bactérias em diferentes ambientes

Tema: Bactérias

Ano: 2º ano do ensino médio

Laboratório: Fez-se necessário o uso do laboratório

Custeio: Uso exclusivo de material disponível no espaço laboratorial

Duração: 2 aulas (aproximadamente 90 minutos, cada)

Introdução: As bactérias estão presentes em praticamente todos os ambientes do planeta, desempenhando papéis fundamentais na natureza e na vida humana. Desde a decomposição de matéria orgânica até a produção de alimentos e medicamentos, esses microrganismos podem ser tanto benéficos quanto prejudiciais. No entanto, muitas vezes, não percebemos a extensão da sua presença no nosso cotidiano. Nesta aula prática, vamos explorar o “micromundo” das bactérias, coletando amostras de diferentes ambientes para investigar sua distribuição, seu crescimento e suas características. Isso permitirá aos alunos do 2º ano do ensino médio compreender melhor a importância das bactérias e seus impactos em nossa vida e no meio ambiente.

Objetivos: Investigar a presença de bactérias em diferentes ambientes, e observar as características das colônias bacterianas em cultura.

Problema norteador

O professor Marcelo faltou à aula e a turma do 2º ano do ensino médio foi avisada pela coordenadora pedagógica que o motivo da sua falta foi uma infecção causada por bactérias. Ao receber o aviso, João logo se levanta e fala: “Bactérias estão em todas as lixeiras; o professor deve ter pegado em uma lixeira e botado a mão na boca”. A turma toda riu, e logo Jaqueline revidou: “Não é só em lixeiras que existem bactérias,

não; elas estão em muitos outros lugares”. A turma entra em uma discussão sem fim e sem consenso, até que a coordenadora pedagógica sugere: “Pois, bem. Investiguem lugares onde podem ser encontradas bactérias e expliquem como ocorre o seu crescimento. Quais são esses lugares? Como isso pode ser observado?”.

Atenção: Após disponibilizar a situação-problema inicial para os alunos, o professor pode disponibilizar os materiais a seguir e deixar que eles busquem informações e tentem resolver o problema. O professor pode atuar como um orientador na formulação de hipóteses e na realização de procedimentos que auxiliem na elucidação de respostas, como nos passos a seguir.

Materiais utilizados

- Meios de cultura (agar nutritivo)
- Placas de Petri
- Swabs estéreis (cotonetes)
- Água destilada
- Amostras de ambientes diversos (ex: solo, água, frutas, superfícies)
- Lupa ou microscópio (se disponível)
- Etiquetas
- Caneta para marcação
- Luvas descartáveis
- Álcool 70 % (para limpeza)
- Incubadora (ou local quente, para manter as placas em temperatura adequada)

Procedimentos

1. Divida a turma em grupos pequenos e atribua a cada grupo um ambiente para coleta de amostras (ex: solo, água de um lago, superfície de mesas, frutas).
2. Use luvas descartáveis e os swabs estéreis para coletar amostras. Cada grupo

deve rotular as amostras com informações como local, data e tipo de amostra.

3. Abra a placa de Petri com cuidado.

4. Passe o swab sobre a superfície do meio de cultura, fazendo movimentos circulares.

5. Feche a placa e etiquete com as informações relevantes.

6. As placas devem ser incubadas (a uma temperatura entre 25 °C e 37 °C) por 24 a 48 horas. Se não houver incubadora, escolha um local quente e seguro.

7. Após 24–48 horas, peça aos alunos para observar as placas. Eles devem registrar o que veem, descrevendo o número de colônias, formas, cores e tamanhos.

Sugestão de análise e discussão dos resultados

1. Que tipos de bactérias vocês acham que cresceram?

2. Como a condição do ambiente pode ter influenciado no crescimento?

3. Qual a importância das bactérias observadas para o meio ambiente e para os seres humanos?

Para ter acesso à atividade, leia o QR Code:



Discussões gerais

As práticas experimentais apresentadas, independente da sua natureza, se investigativa ou de observação, representam possibilidades pedagógicas para que os

docentes da área de ensino de ciências possam diversificar suas aulas e inserir novos elementos na prática pedagógica, com possibilidades de despertar o pensamento reflexivo e crítico dos alunos diante de inquietações que se relacionam com seus saberes e vivências.

O uso de materiais e objetos conhecidos pelos discentes, como no caso das atividades aqui descritas, carrega a possibilidade de aproximação do conceito teórico com a realidade em que os alunos se encontram, além de auxiliar na desmistificação de que a ciência só ocorre em grandes e sofisticados espaços laboratoriais e que só é considerado cientista aquele que se encontra nesses espaços. Nessa perspectiva, Fonseca e Soares (2016) refletem que as atividades experimentais se tornam estratégias fundamentais para que o ensino de ciências adquira característica investigativa, além de contribuir efetivamente para o processo de aprendizagem, interpretações dos fenômenos da natureza e discussões diversas a respeito da ciência e dos conceitos científicos.

Para Santos e Menezes (2020), quando o professor insere elementos investigativos em suas aulas, essencialmente por meio da experimentação, aumenta-se a possibilidade de um ensino inovador, além da execução de práticas metodológicas diversificadas e com possibilidades de estimular o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem. Nesses casos, o professor passa a assumir o papel de orientador e estimulador das reflexões e discussões que podem vir a acontecer, deixando que os discentes desenvolvam suas capacidades de investigação e busquem por novas descobertas, ocorrendo construção de conhecimentos.

Estudos apontam para a eficiência da atuação do professor como orientador na exploração de novos saberes, espaços, respostas para os problemas e descobertas. Isso implica no estímulo para o desenvolvimento e a modificação das concepções in-

gênuas que os estudantes carregam a respeito da ciência e dos conceitos científicos, auxiliando na formulação de novas ideias e conexões entre os saberes culturais e científicos, por exemplo (Araújo, Lima, Silva, 2023; Lima, Silva, Araújo, 2023; Fonseca, Soares, 2016).

Acreditamos, portanto, que a experimentação deva ser proposta como abordagem desafiadora para os discentes, sem, no entanto, parecer algo impossível de ser resolvido ou solucionado. O estímulo para a investigação de um problema pode estar na sua simplicidade e no contexto em que ele foi inserido, fazendo com que os estudantes se sintam pertencentes àquela realidade e capazes de resolvê-lo. Assim, a partir de um problema a ser solucionado, os alunos poderão confrontar seus conhecimentos prévios com os conhecimentos e conceitos científicos, levantando suas hipóteses, testando-as, observando e gerando conflitos cognitivos, ou seja, construindo novos conhecimentos (Deitos; Malacarne 2020).

Destaca-se, contudo, que a experimentação, embora apresente toda essa diversidade e possibilidade de aprendizagem e contextos de aplicação na educação básica, precisa ser pensada e planejada cuidadosamente pelo professor, visto que apenas lançar uma situação problema para os estudantes, no caso da experimentação por investigação, ou entregar-lhes um roteiro, no caso da experimentação por observação, não significa que vá haver aprendizagem. Isso implica dizer que a experimentação precisa ter um significado para os estudantes e que o docente precisa estimular a formulação de hipóteses, o levantamento de dados, a reflexão diante das possibilidades de respostas e de resolução do problema e, até mesmo, reflexões a respeito dos conceitos e/ou situações que são trabalhados no processo de experimentação.

Considerações finais

Este trabalho teve como propósito apresentar atividades práticas experimentais realizadas no IFPA Campus Altamira, com o objetivo de oferecer aos docentes sugestões diversificadas para o ensino de ciências. Foram abordadas três modalidades de experimentação – demonstrativa, de verificação e investigativa – que se mostraram eficazes na promoção de uma aprendizagem mais dinâmica, significativa e conectada com a realidade dos estudantes do ensino médio.

As atividades desenvolvidas alinharam-se aos princípios da BNCC ao favorecerem a compreensão de conceitos científicos, o desenvolvimento do pensamento crítico e o estímulo à investigação. A adoção de materiais simples e de baixo custo evidenciou que é possível contornar limitações estruturais e aproximar o conhecimento científico do cotidiano dos alunos, tornando o processo educativo mais acessível e inclusivo.

Os resultados observados indicam que práticas experimentais bem planejadas e mediadas por professores comprometidos têm o potencial de promover uma aprendizagem ativa, reflexiva e contextualizada. Além disso, ressaltam a importância do papel do professor como mediador do processo de ensino-aprendizagem, estimulando a formulação de hipóteses, a análise de dados e a interpretação crítica dos resultados. Dessa forma, conclui-se que a experimentação, quando integrada de forma intencional e pedagógica ao currículo, pode contribuir significativamente para a formação de sujeitos mais críticos, autônomos e engajados com a construção do conhecimento científico.

Referências

- ANDRADE, M. F. D. de. O uso da experimentação no ensino de ciências e as perspectivas pedagógicas. **Revista Pró-Discente**, Vitória, v. 25, n. 2, p. 165–179, jul./dez. 2019.
- ARAÚJO, M. F. F.; LIMA, G. K. D.; SILVA, N. C. O ensino por investigação como abordagem didática para o ensino de ciências no contexto da educação de jovens e adultos. **Revista Prática Docente**, v. 8, p. e23041–e23041, 2023.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino–aprendizagem de ciência(s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 579–593, 2014.
- BEVILACQUA, G. D.; SILVA, R. C. O ensino de ciências na 5ª série através da experimentação. **Ciências & Cognição**, v. 10, p. 84–92, 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 4 out. 2024.
- CAMPOS, M. C. D. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências**: o ensino–aprendizagem como investigação. São Paulo: FDT, 1999.
- DEITOS, G. M. P.; MALACARNE, V. Experimentação no ensino de ciências: um olhar para os livros didáticos do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, 2020.
- FELIPAK, D. K.; PEREIRA, M.; MULLER, R.; MUNARETTO, L.; AIRES, J. A. Como vem sendo abordada a experimentação em artigos científicos brasileiros? In: ENEQ – ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 18., 2016, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ), 2016.
- FONSECA, W.; SOARES, J. A. A experimentação no ensino de ciências: relação teoria e prática. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE. **Cadernos PDE**, v. 1, n. 1, 2016.

KRASILCHIK, K, M. **Prática de ensino de biologia**. São Paulo: USP, 2004.

LIMA, G. K. D.; SILVA, N. C.; ARAÚJO, M. F. F. Concepções de professores de ciências da natureza sobre o ensino por investigação. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 15, n. 37, p. 204–216, 2023.

OLIVEIRA, D. F. de; MOREIRA, A. S.; SOARES, E. C.; RINALDI, C. Experimentação na concepção de professores mestrando em ensino de ciências naturais. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Universidade Federal de Mato Grosso, v. 8, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, J. R. S. A perspectiva sócio-histórica de Vygotsky e suas relações com a prática da experimentação no ensino de química. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25–45, 2010.

SANTOS, L. R. dos; MENEZES, J. A. de. A experimentação no ensino de química: principais abordagens, problemas e desafios. **Revista Eletrônica Pesquiseduca**, v. 12, n. 26, p. 180–207, jan./abr. 2020.

SILVA, A. L. S. da; SANTOS, M. E. dos; OLIVEIRA, D. T. de; CARVALHO, C. de Á. Experimentações demonstrativa e investigativa vs. realidades cotidiana e contextual: uma associação contributiva ao ensino da química. *In*: ENCONTRO SOBRE INVESTIGAÇÃO NA ESCOLA: EM DEFESA DA ESCOLA, DA CIÊNCIA E DA DEMOCRACIA, 16., 2020, Santo Antônio da Patrulha/RS. **Anais [...]**. Santo Antônio da Patrulha/RS: Universidade Federal do Rio Grande, 2020. p. 1.

VIDAL, P. H. O.; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291–308, 2012.

Capítulo 5

Artifícios didáticos podem fomentar aulas expositivas na educação profissional?

João Faustino Neto

Josilene Ferreira Mendes

Acácio de Andrade Pacheco

Pedro Paulo dos Santos

Introdução

A educação profissional formal contribui diretamente à especialização e preparação para o mundo do trabalho, por meio de egressos qualificados para enfrentar situações que exigem o pensamento crítico e inovador. Isocronicamente, investiga-se variedades de estratégias pedagógicas para oportunizar aprendizagem significativa em espaços escolares formais, levando em consideração o futuro perfil do experto (Amorim; Rocha, 2024).

Nas modalidades de integrados ao ensino médio, discentes são formados em disciplinas referentes ao eixo comum para o nível e naquelas profissionalizantes concomitantemente, sendo os Institutos Federais de Educação as principais instituições públicas a ofertar educação verticalizada (educação básica, profissional e educação superior) (Padilha; Lima-Filho, 2016). Entre essas disciplinas básicas, está biologia, a qual, como as demais de cunho científico, demanda metodologias teóricas e práticas

à sua execução, vencendo o estigma de “disciplina enciclopédica”, em que o educando é um mero espectador passivo do conhecimento (Krasilchik, 2008).

O curso técnico em Eletroeletrônica, incluso no eixo de Controle e Processos Industriais, de acordo com o Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos (Brasil, 2020), tem como perfil profissional as seguintes qualificações: “Elabora, desenvolve e executa projetos de instalações elétricas em edificações em baixa tensão, assim como realiza medições, testes e calibrações de equipamentos eletroeletrônicos”. Outrossim, todo conhecimento teórico deve ser aplicado em aulas ou atividades práticas ao longo do curso.

Na esperança de esclarecer a docência de ciências biológicas às turmas de educação profissional, tem-se em meta que as contribuições ao pensamento crítico, científico e tecnológico, tal como suas implicações sociais, se entrosam no interior da sala de aula cujo fim seja, prioritariamente, aferir a existência de percepções metodologicamente variadas e contribuintes às futuras abordagens escolares (Santos *et al.*, 2025). Como sequela, a incrementação dessas modalidades didáticas modeladas poderia ser verificada como instrumentos multissensoriais da aprendizagem significativa de Ausubel (Ausubel, Novak, Hanesian, 2014; Silva, 2020), efetivando a aquisição de conhecimento.

Em tempo, este capítulo versa sobre o diagnóstico da disciplina ciências biológicas para uma turma de educação profissional integrada ao ensino médio, e a execução de intervenção pedagógica na forma de incrementação de modalidade didática krasilchikiana com artifícios educacionais.

Fundamentação teórica

Pesquisas e relatos de experiências escolares sobre ensino de biologia tradicionalmente traçam alternativas às enfadonhas aulas expositivas preponderantemente teóricas, dissonantes de aulas ou atividades práticas e que inviabilizam o protagonismo discente e a construção de conhecimento com base em vivências prévias (Scarpa; Campos, 2018). Sob outra perspectiva, as modalidades didáticas krasilchikianas (Krasilchik, 2008) consolidam aplicações de conteúdos escolares tradicionais, porém, em etapas definidas e com artifícios que introduzem dinâmicas e alternâncias nas abordagens de modo flexível. Destarte, aulas expositivas, práticas, debate, discussões, exibição de mídias e informatização são planejadas, roteirizadas e inter-polarizadas entre si, culminando em participação dos estudantes, interação e composição da aprendizagem.

Entende-se identicamente que o diagnóstico da percepção estudantil de uma disciplina perpassa por modalidades didáticas aplicadas pelo professor ministrante das aulas, uma vez que o momento é fundamental à disponibilidade de aquisição de conhecimento (Portugal; Almeida; Esteves-Souza, 2024). Consequentemente, uma proposta de intervenção deve atribuir àquela investigação prévia um conjunto de recursos didáticos que contribua ao modo de ensinar e de acordo com o perfil dos aprendizes, sem ignorar que se trata de um momento excepcional na rotina escolar, todavia, devendo alicerçar futuras abordagens em sala de aula (Santos *et al.*, 2025).

A educação profissional brasileira, entre outros documentos, é norteada pela Lei de Diretrizes e Base da Educação (Brasil, 1996) e pela Resolução CNE/CP nº 01/2021 (Brasil, 2021), as quais conjecturam a formação para os mundos do trabalho e tecnológico juntamente com a formação cidadã crítica e participação social. Por conse-

guinte, ainda são contempladas nos documentos a indissociabilidade entre teoria e prática e as relações sociais consequentes das tecnologias, o que está em consonância com o ensino das ciências da natureza, na qual se organiza a biologia (Brasil, 2021; Auler, Delizoicov, 2015).

Por fim, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, em síntese, defende que o alcance de todo novo conhecimento está “ancorado” em experiências prévias do estudante (ideias-âncoras), assim, sendo necessário conectar-se à estrutura do pensar para a qual será subordinado; *a posteriori*, essa assimilação irá auxiliar a moldar a ideia-âncora e a cognição (aprendizado significativo) (Ausubel, Novak, Hanesian, 2014; Silva, 2020). O aprendizado significativo é o objetivo de toda aula de ciências, exigindo do docente cautela com o conteúdo e ao ministrá-lo, em respeito à estrutura cognitiva alvo da captação (Portugal; Almeida; Esteves-Souza, 2024).

Metodologia

A aplicação da proposta ocorreu no Instituto Federal do Pará (IFPA) campus Parauapebas, no mês de novembro de 2019, para 31 estudantes na faixa etária de 16 a 19 anos, da turma do último (terceiro) ano do técnico em Eletroeletrônica integrado ao ensino médio. Tais informações foram recolhidas junto ao relatório de perfil de ingressos no ano escolar da turma e aos formulários sobre manifestações da intervenção.

Durante a aula de Biologia III, a proposta de intervenção foi socializada para o público-alvo, mantidas as devidas proporções e esclarecidos causas e efeitos. Informou-se que a participação não era obrigatória e que haveria um Termo de Livre Consentimento e Esclarecimento (TLCE) e um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

(TALE) (Brasil, 2016).

Os discentes participantes responderam a um formulário impresso com questões abertas e fechadas referentes à disciplina de Biologia e às modalidades didáticas que melhor conseguem ofertar atenção. O referido questionário era constituído por 10 questões, nas quais os discentes puderam discorrer sobre suas expectativas e experiências em ensino teórico e prático. As respostas serviram de direcionamento para as modalidades didáticas a serem aplicadas, assim como para o tema a ser abordado durante as intervenções didáticas. Houve ainda entrevista com o coordenador do curso para que fosse possível traçar os perfis e as dinâmicas da turma, a fim de obter maior compreensão entre as visões estudantis e institucional.

A intervenção se estendeu por 8 horas, organizada em encontro semanal de 2 horas de duração. Na execução, os autores também observaram pontos como interação entre os estudantes, interação com o conteúdo, qualidade das participações, tempo de produção, aplicação dos conceitos referentes ao assunto, multidisciplinaridade entre disciplinas. Foi executado um pequeno debate, pós-intervenção, no qual os discentes puderam discutir questões suscitadas sobre o conteúdo ministrado, emitindo posicionamento também sobre a modalidade didática utilizada.

Resultados e discussão

Diagnóstico da disciplina de Ciências Biológicas

A caracterização da relação aluno/disciplina indicou afinidade e gosto por biologia em 80 % dos participantes, sendo que a justificativa mais comum pelos que informaram não ter identidade com os temas relacionados à matéria escolar foi “a

exigência de memorização de termos complexos”. Krasilchik (2008), ao debater os principais empecilhos à aceitação das ciências biológicas como disciplina da educação básica, frisa justamente a ideia errônea de “necessidade de memorização”, a qual foi estabelecida por anos de educação tecnicista e descontextualizada dos assuntos, somando-se a carência de aulas práticas, turismo escolar e de docentes com formação específica na área.

A formação continuada é destaque quando o assunto é docência em ciências biológicas, em todos os níveis de ensino, sendo inclusive relatados fracassos escolares e descontentamento profissional devido à lacuna na vivência prática e para o ensino das temáticas (Iatskiu *et al.*, 2014). Demo (2010) pondera que o histórico de ensino das ciências desvinculado da rotina dos estudantes só pode ser superado com a introdução da pesquisa como um princípio pedagógico, que tornaria o estudante autor e protagonista de seu aprendizado, construindo o verdadeiro saber científico.

Contrariando, as respostas dos que se manifestaram afins à disciplina de Biologia enfatizaram “o método científico das ciências biológicas (microscópio, laboratórios, aparelhos etc.)”, “a proximidade com o cotidiano”, “o autoconhecimento”, “animais”, “curiosidades da vida”, “saúde”, “plantas” e “formação profissional futura”. Para esses participantes, o conhecimento apresentado em sala de aula durante a construção do saber só terá valor se estiver aliado à rotina. Destarte, para serem atrativas, as disciplinas precisam estar em um contexto.

Considerando as duas manifestações, é possível afirmar que atualizações ao ensino de biologia na educação profissional precisam ir à fronteira da experimentação. No ínterim, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007) propõem a aplicação de temas transversais no ensino das ciências, realizando paralelos entre química, física e biologia com assuntos explicáveis simultaneamente por essas áreas. Para eles, essa se-

ria a forma de superar a memorização que assola o ensino de ciências e a reduz a uma alfabetização no nível funcional, quando o estudante se limita a conhecer apenas o conceito e a definição.

Quanto à dedicação para o estudo da disciplina de Biologia, 60 % informaram que se dedicam aos estudos e nas aulas, 35 % responderam que parcialmente e 5 % disseram que não se dedicam. Entre as complementações às respostas de dedicação, estavam apreciar as estratégias de ensino utilizadas pelo professor, e ser prazeroso. Para os que informaram “parcialmente”, vincularam-se à aplicação de exames avaliativos como único motivo.

Parte integrante de toda disciplina escolar são as avaliações, em que, inseridas em um sistema avaliativo de ensino adotado pelas instituições ou redes, a pontuação em um exame momentâneo configura-se como o mais comum instrumento de aferição de conhecimento obtido (Demo, 2010). Relembrando novamente Krasilchik (2008), a autora conecta os exames avaliativos às limitações à alfabetização científica de estudantes, à medida que apenas as repetições de conceitos e definições são exigidas, em detrimento da verdadeira exploração das diferentes ramificações e implicações que uma nova informação despertou no aprendiz.

Propícias foram as manifestações de apoio às estratégias de ensino aplicadas pelo professor e a contribuição desse instrumento para dedicação à disciplina, apontada pelos participantes. A Rede Federal de Ensino, diferentemente de outras, oferta plano de cargos e salários, com progressões na carreira, incentivando o corpo docente à qualificação e formação continuada, além da dedicação conjunta à rotina científica e extensionista (Brasil, 2012). Conforme observado junto a docentes de educação básica, dos principais estímulos à formação continuada está a ascensão em plano de carreira, todavia, devem ser feitas moderações, tendo em vista que o principal

deve ser o “bom fazer pedagógico” e as atribuições intrínsecas ao magistério (Iatskiu *et al.*, 2014). No tocante à interação professor-aluno, em sala de aula e fora dela, 90 % manifestaram ser importante e influenciar em suas aprendizagens, 5 % manifestaram influenciar parcialmente na aprendizagem e outros 5 % declararam não influenciar na aprendizagem. Eles ainda complementaram com tópicos como respeito, limitações e profissionalismo. Outra questão importante respondida, acordada entre todos, foi sobre a necessidade do docente de transmitir confiança no momento da transmissão de conhecimento. Apesar dessas duas questões apresentarem-se de modo distinto, estão intimamente conectadas.

Nos últimos tempos, com a inserção de redes sociais, o acesso a informações por meio de sistemas institucionais de divulgação e até, mesmo, a reconfiguração do papel funcional e social do professor dentro e fora da sala de aula, existe a urgência por habilidades socioemocionais, a exemplo de empatia, colaboração e tolerância, assim como as tradicionais competências cognitivas (Costa-Júnior *et al.*, 2023), consequentemente impactando no aprendizado e dedicação por parte do discente. Demo (2010) esclarece que, para a utilização do método pedagógico cujo fim seja o protagonismo do estudante, interação professor-aluno, no sentido mais amplo dessa afirmação, deve ser estabelecida. O aluno deve gostar da companhia do professor e vice-versa; ambos devem estar à vontade durante o encontro, pois a confiança é estabelecida. Deve haver respeito entre ambos.

Concomitantemente, observou-se a “segurança e confiança” do docente no momento das aulas como outro elemento necessário, na percepção discente, ao sucesso da disciplina. Reconhece-se que o domínio do conteúdo didático a ser ministrado não basta para o êxito do ensino-aprendizado, faz-se necessário inserção de instrumentos didáticos planejados e de objetivos bem definidos, a exemplo das modalidades

didáticas krasilchikianas (Krasilchik, 2008), sendo os recortes dos recursos uma alternativa viável para interação professor–aluno, reduzindo barreiras e transmitindo confiança a ambos.

Quando questionados sobre qual tópico ou quais deles trouxeram mais dificuldade à compreensão na disciplina de Ciências Biológicas, 35 % informaram que foi estudo dos reinos dos seres vivos, 30 % genética, 30 % citologia e 5 % nenhuma dificuldade. Sobre os tópicos de biologia que estavam mais ansiosos para realizar, destacaram-se anatomia e fisiologia humana em 50 % das indicações, 25 % genética, 20 % evolução humana, 5 % reinos dos seres vivos e citologia. Alguns desses complementaram que os assuntos apontados teriam afinidade com possíveis profissões pelas que gostariam também de optar.

Importante notar como o estudo dos seres vivos esteve entre o conteúdo de maior dificuldade. O tema estende-se por aproximadamente 50 % da carga horária da disciplina no currículo do terceiro ano da educação básica de nível médio. Para discutir a respeito, recorremos a Krasilchik (2008) por destacar que fazer o estudo da vida tradicionalmente envolve excessos de termos e conceitos, os quais demandam a absorção de informações diferentes em curto espaço de tempo. Provavelmente esse seja o motivo de figurar entre os assuntos obstáculos ao aprendizado.

Outrossim, Conrado, Nunes–Neto e El–Hani (2015) propõem que a capacidade de argumentação sobre o tema “problemas ambientais” deveria constar entre as competências de estudantes concluintes da educação básica, dentro das quais a redução drástica da diversidade de seres vivos (espécies) nos diferentes ecossistemas fosse um dos subtemas geradores. Os autores justificam a inserção como devido à relação direta com questionamentos críticos de afirmações científicas, compreensão de controvérsias, o caráter conjectural e a natureza em si. Entende-se, então, que, para

debater, faz-se antes compreensão da composição, diversidade e particularidades dos espécimes, o que somente é abordado na disciplina de Biologia em momentos de atribuição do conteúdo.

Em respeito às modalidades didáticas empregadas pelo professor da disciplina de Ciências Biológicas e, dentre essas, as que preferem, 45 % responderam “aulas práticas” e outros 45 %, “aulas expositivas”. Alegaram que, do modo que são aplicadas, elas permitem abordar questões do cotidiano e sanam dúvidas, viabilizando a compreensão, gerando produtos e revelando estudos na área de biologia. Os outros 10 % preferem aulas debate, nas quais o professor gera temas, propõe informações e permite discussões entre alunos.

Notas a se considerar: Pelas opções/justificativas apontadas, percebe-se: 1) o docente aplica mais de uma modalidade didática como instrumento à disciplina – expositiva, prática e debate; 2) as modalidades são percebidas pelos discentes sendo, então, aplicadas de modos distintos, ficando, assim, passíveis de preferência. A formação em licenciatura e a formação científica na área em que ministra disciplina mostram-se diretamente relacionadas com a diversidade de estratégias e instrumentos usada pelo docente, sendo que um professor licenciado em ciências biológicas ofertará uma gama de recursos que outro generalista não ofereceria (Silva; Lins, 2021).

Por tratar-se de uma turma de curso técnico, que tradicionalmente tende para métodos de ensino tecnicistas e que não estimula a tomada de decisões e neutralidade nas relações de aprendizagem por parte dos estudantes (Auler; Delizoicov, 2015), a diversidade de modalidades didáticas apresenta-se como uma alternativa viável que poderia estimular semelhante abordagem nas outras áreas de ensino (Santos, Marion, 2021; Santos, Pacheco, Santos, 2024). Por outro lado, bastante debatida é a

importância de aulas teóricas de ciência serem acompanhadas de atividades práticas e inserções no cotidiano do aprendiz, sendo essa uma condição minimamente atendida neste estudo de caso.

Ora imperativo no ensino de qualquer ciência, a educação para ciência, tecnologia e sociedade (CTS) deve ser aqui aplicada em contexto moderno de reconfiguração do ensino. O docente se importar não somente com a transmissão de conteúdo, mas também com a eficiência do aprendizado e suas implicações destaca questões importantes sobre os temas, entre as quais estão relevância do conhecimento, viabilidade sociotécnica, e soluções a obstáculos e problemas do cotidiano (Roso; Auler; Delizoicov, 2020). Deve-se ponderar que as respostas dos formulários não permitem um desenho das relações que se desenrolam naquela disciplina, porém, o fato de direcionarem frequentemente permite inferir fragmentos de Educação CTS.

Relativamente às modalidades didáticas aplicadas pelo professor da disciplina de Biologia às quais menos se sentem à vontade, 35 % responderam que com aula discursiva, 25 % com videoaulas, filmes, documentários, 25 % com aulas expositivas, e 15 % com aulas debates. Alegaram que essas modalidades exigem domínio de expressão e uma maturidade que ainda não apresentam, dificultando a aprendizagem. Em nova invocação das modalidades didáticas krasilchikianas (Krasilchik, 2008), entende-se que, assim como aulas discursivas exigem a capacidade argumentativa do educando, o qual pode ainda não dominar, sendo isso uma limitação (Conrado; Nunes-Neto; El-Hani, 2015), videoaulas, documentários e filmes em dissonância com conteúdo teórico ministrado e um roteiro também podem contribuir ao fracasso do aprendizado.

Aulas expositivas e aulas debates configuram entre as preferidas e, também, preteridas, de acordo com as duas últimas respostas. Momentos teóricos acompa-

nhados de modelos de estruturas diversificam aulas expositivas e inserem a possibilidade de identificação com atividades práticas (Santos *et al.*, 2025). Aulas debate exigem não somente a capacidade de argumentar, mas também a habilidade de defesa de opiniões e relatos de experiências, sendo, assim, extremamente importante à formação de profissionais críticos e integrados (Franco-Assis; Souza; Barbosa, 2021). Ainda sobre essa modalidade didática, é um recurso frequentemente inserido no cotidiano escolar por diferentes áreas do conhecimento, auxiliando nos processos avaliativos diagnósticos por docentes (Silva *et al.*, 2017). Por fim, as duas podem ser instrumentos ao aprendizado, mas também para o fracasso, como apontado nas duas categorias.

Execução da proposta de intervenção

Posto o diagnóstico da disciplina de Ciências Biológicas em base nas convicções dos discentes, foi então projetada a já referendada intervenção didática, com recursos diversos, com a finalidade da efetivação da atenção e aprendizagem dos participantes. O tema abordado fora acordado com o regente da turma e considerando a grade curricular da disciplina de Biologia III, bem como o contexto envolvido quanto à afinidade do tema pelos investigadores e autores e os anseios manifestados no formulário.

O tema de opção foi “corpo humano” e o subtema, “sistema de aeração”. Inicialmente, estimulou-se os participantes com perguntas sobre o assunto e as respostas foram mediadas, a respeito de “aspectos anato-morfofisiológicos”, “patologias” e “vivência para poluição do ar”. Subsequentemente, aplicou-se aula expositiva com os recursos de quadro branco e pincéis, projetor de slides digitais (apresentação de conteúdo digital em imagens e vídeos); caixas de som (efetivação sensorial da infor-

mação); estetoscópios – marca *MDF 747 dual head* (prática de percepção sensorial e mensuração de padrões respiratórios); aplicativo SDVM (Simulador Didático de Ventilação Mecânica).

Em nota breve sobre o software SDVM, destaca-se que foi desenvolvido em atendimento a artifícios de ensino para que os estudantes compreendessem os fenômenos envolvidos na aeração do corpo e a relação com pressão interna e externa, cuja falta de atividades práticas para acompanhar aulas expositivas geravam insegurança e obstáculo à aquisição do conhecimento teórico (Lopes; Oliveira, 2016). É um software livre, de simples instalação e manuseio, para estudantes de cursos técnicos, médios e superiores. Logo, atende também a complementação de ensino de informática previamente recebida pela turma escolar envolvida.

A opção pela modalidade didática de aula expositiva, a mais utilizada para o ensino de ciências da natureza, esteve relacionada diretamente, como apontado pelos estudantes, ao diagnóstico da disciplina. Todavia, a modalidade mencionada foi implementada por meio de recursos sensoriais (auditivos, visuais e somestésico), de tecnologia educacional multimídia. A inserção de artifícios de ensino digitais que estimulam diferentes sentidos parte do princípio de que número elevado de células receptoras será estimulado, transportando sinais para localidades distintas do sistema nervoso, estabelecendo codificações (sensações) e memórias em aspectos diversos, potencializando a eficiência da aprendizagem (Silva *et al.*, 2023).

Igualmente, a inserção de recursos informacionais, a exemplo de software, em aulas escolares formais em turmas de cursos técnicos, como o de Eletroeletrônica, permite pontes para multidisciplinaridades de ciência com tecnologias e até, mesmo, sociedade (Roso; Auler; Delizoicov, 2020). Experiência com software que permite a geração de conhecimento a partir da construção de informações com mecanismo de

mídia estimula a criatividade, a organização de pensamento, faz progredir na capacidade de síntese, refina a linguagem e as relações interpessoais (Portugal; Almeida; Esteves-Souza, 2024).

Com o decorrer da aula, os estudantes tenderam para a participação ativa, respondendo a perguntas, interagindo com o aplicativo e citando exemplos. A interação também ocorreu por meio dos recursos de mídia e da manipulação do equipamento estetoscópio. As tecnologias educacionais permitiram paulatinamente a confortabilidade com o interventor, considerando que eram novidade na rotina de aula.

Fundamentais às aulas expositivas eram os momentos de experimentar os artifícios educacionais aplicados, que serviram como interrupção a cada 20–25 minutos de projeções de slides. Essas ocasiões se estendiam de 10 a 15 minutos, quando os questionamentos poderiam ser realizados pelos interventores, com o fim de estabelecer associação de causa/efeito, previamente suscitada nas etapas totalmente teóricas. A alternativa para suscitar e estimular o desempenho dos estudantes foi não consolidar completamente os conceitos e definições, permitindo a possibilidade da formulação de interrogações pela compreensão superficial, evidentemente percebida no momento da utilização do software ou estetoscópio.

Um exemplo do que foi esclarecido no parágrafo anterior é a “frequência respiratória em repouso”, a qual sabe-se que oscila de acordo com a idade, é medida em incursões por minuto (ipm), pode ser simulada com auxílio do software SDVM e acompanhada pelo estetoscópio. Durante a etapa teórica, não foi citada qual a frequência de uma pessoa que esteja no entremeio etário dos participantes; logo, qual seria a ipm padrão a ser aferida? Outras perguntas levantadas na hora foram sobre “o significado de ipm”, “por que não outra unidade de medida”, “com o avançar da idade, a frequência ipm aumenta ou reduz”, “durante atividade física, a ipm estabili-

za, aumenta ou reduz”, “o que altera o ipm e por quê”, entre várias outras interrogações que se apresentaram para utilização dos recursos da aula.

A inserção de mecanismos sensoriais no ensino, conforme previamente discutido, também amplia a possibilidade de construção de conhecimento a partir da sua execução, pois as acomodações neuronais, produtos das repetições dos distintos estímulos, tornam-se bases para suplantarem dilemas de aprendizados semelhantes (Silva *et al.*, 2023; Portugal, Almeida, Esteves-Souza, 2024). Retornando ao exemplo da frequência respiratória, ao detectar uma pessoa em constância de 20 ipm, concluir-se-á que existe alteração, e que provavelmente está com perfil semelhante a um adulto, sendo bem capaz de propor a faixa etária quando perguntado. Além disso, será capaz de acompanhar a própria frequência em condições de prática esportiva, por exemplo.

Similarmente, por efeito dos princípios que o subtema alberga para esclarecimento do fenômeno da aeração do corpo humano, a multidisciplinaridade fez-se presente nas ciências da natureza (biologia, física e química) e ciências exatas (matemática e informática). Sem iniciar aqui uma discussão longa sobre o assunto, salienta-se que assuntos que permitem entrosamento disciplinar de epistemologias heterogêneas devem ser engrandecidos no espaço escolar, especialmente para turmas de educação profissional (Santos *et al.*, 2025), expondo aos educandos a realidade dos eventos e fenômenos, e a necessidade de dominar as áreas do saber (Auler; Delizoicov, 2015).

Não obstante, expressões de surpresa e até, mesmo, obstáculos ao aprendizado foram ostentados pelos participantes diante da multidisciplinaridade do subtema “aeração”. Os sistemas educacionais modernos permanecem vinculados à segregação de tópicos que devem ser estudados em área fixa do saber, e as hipóteses e leis

condizem apenas com a aludida realidade, sendo isso aceito por docentes, discentes e escola (Ocampo; Santos; Folmer, 2016). No íterim, negativas à investigação de outros princípios para explicação são boicotadas por falta de praxe ou afinidade com determinada disciplina em detrimento de outras (Santos *et al.*, 2025).

Avaliação da intervenção

A percepção dos participantes sobre as 8 horas de intervenção foi um momento em sala de aula, baseado em discursos e discussão, no qual foram incentivados a denotar os entrosamentos, aprendizados, dúvidas remanescentes e, inclusive, sugestões de alternativas ao que foi aplicado. A opção por essa estratégia avaliativa também se fez por influência dos participantes, intensamente comunicativos por meio verbal durante a intromissão e pela proposta de aula debate extraída dos formulários.

Estudantes caracterizados por mais intimidade com anotações optam por esse canal para melhor expressar-se em momentos de aprendizado, assim como outros são afins de desenhos e outros, de redações, sendo esse o modo de atestar o aprendizado significativo do conteúdo (Iatskiu *et al.*, 2014). Conforme as mencionadas autoras observaram, as avaliações pós-intervenções ao ensino de biologia são repletas de vivências e contextos, pois, agora, possuem argumentos para explicar o que já percebiam previamente. A pergunta inicial a incentivar as falas foi “Qual é a sua impressão ao final da realização da intervenção didática do conteúdo desenvolvido?”.

Organizando os posicionamentos e os juízos, foi possível identificar e classificar os participantes (quadro 1). A modalidade didática de aula expositiva, em conjunto com a de demonstrações e manipulações práticas, sensibilizou-os para o tema, inclusive despertando afinidades com a multidisciplinaridade, que, *a priori*, mostra-

va-se obstáculo. Possivelmente, o caráter investigativo gerado pelas interações estimulou a busca por conhecimento, fixação do conteúdo e afloramento de atenção dividida, com o auxílio de artifícios sensoriais e momentos teóricos curtos (Scarpa; Campos, 2018).

Quadro 1 – Quantitativo das impressões destacadas pelos discentes a respeito da proposta de intervenção em uma turma de curso técnico em Eletroeletrônica integrado ao ensino médio do IFPA Campus Parauapebas (2019)

Impressões relatadas pelos participantes	Quantidade de impressões
Incentiva o aprendizado	22
Permite maior interação entre os alunos	2
Aproximação teoria e prática	7
Multidisciplinaridade	7
Educação e prática social	2

Fonte: elaborado pelos autores

Posto que a intervenção aplicada foi uma aula expositiva sob a modalidade didática krasilchikiana, em todas as suas etapas e fins (Krasilchik, 2008), as falas dos participantes descreviam-na como abordagens diferentes, transmitindo a intenção de serem aulas teóricas e aulas práticas, certamente díspares. Atreve-se a defender que a percepção de conjunturas díspares acomodou-se entre os estudantes em razão do modelo tradicional e segregador de que teoria e prática são dissociadas quando em ambiente escolar (Costa-Júnior *et al.*, 2023; Santos, Pacheco, Santos, 2024).

Notadamente, a Resolução CNE/CP nº 01/2021 afirma que a educação profissional deve primar pela indissociabilidade entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem, outrossim, como as discussões realizadas aqui demonstram, a

percepção desse inciso não está recebendo *feedback* dos estudantes. Frente às pesquisas sobre ensino de biologia, que reverberam ainda ser um desafio superar aulas expositivas totalmente focadas em teorias, deve-se ponderar que propostas alternativas seriam facilmente perceptíveis.

Outro panorama a expor-se da Resolução CNE/CP nº 01/2021 é o inciso “respeito ao princípio constitucional e legal do pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas” durante a educação profissional. Embora tenhamos utilizado uma modalidade didática krasilchikiana (Krasilchik, 2008), implementou-se concepções pedagógicas díspares para desenvolver um único subtema, que foram desde a tradicional, nova diretiva, tecnicista até a libertadora e a histórico-crítica.

De forma pouco expressiva, reações a favor de interlocução de alunos e a relação entre educação e prática social foram igualmente apontadas diante da intervenção oferecida. De caráter intrínseco ao aprendizado são as interações, seja do ambiente para os indivíduos, seja entre indivíduos, pois somos espécie social e seres sociáveis; no entremeio, soma-se a isso o arcabouço cultural e histórico, determinante nas metodologias e nos fins da aquisição de conhecimento, e a formação de cidadão consonante com as práticas sociais (Scarpa; Campos, 2018).

Considerações finais

A disciplina de Biologia III para uma turma de educação profissional integrada ao ensino médio é ofertada em diferentes modalidades didáticas (aulas expositivas e práticas, debates, discussões e exibição de mídias), entre as quais aulas expositivas são preferidas e ciências biológicas constam nas aptidões de 80 % dos 40 alunos regularmente matriculados no ano de 2019. Com o fim de aprimorar esses momen-

tos pedagógicos, a intervenção com a modalidade didática krasilchikiana em aula expositiva foi executada de modo roteirizado e com artifícios de ensino sensoriais e práticos, despertando concepções variadas entre os participantes, apontando para aquisição de conhecimento cognitivo.

A contribuição desta proposta repousa sobre a possibilidade de esclarecer o que se desenrola nas interações de aprendizagens estabelecidas no interior das salas de aula das instituições profissionalizantes; concomitantemente, testa a viabilidade da inserção de variáveis nelas. Destarte, reconhece-se que o ensino se atualiza frequentemente, porém, que o fim continua sendo o aprendizado significativo, ousando-se para o futuro de formação de estudantes condizentes com e esclarecidos para a ciência, tecnologia e as relações sociais.

Referências

AMORIM, G. J. de; ROCHA, J. A. A formação integrada nos institutos federais: qual o princípio pedagógico? **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, n. 24, p. 1–17, e15213, 2024.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas Críticas**, v. 21, n. 45, p. 275–296, 2015.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educativa**: un punto de vista cognoscitivo. Madri: Trilhas, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Brasília, DF: MEC, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 27 ago. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.772, de 28 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre a estruturação do Plano de Carreiras e Cargos de Magistério Federal. Brasília, DF: Casa Civil, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12772.htm. Acesso em: 15 ago. 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510/2016, de 7 de abril de 2016**. Ética na pesquisa na área de ciências humanas e sociais. Brasília, DF: CNS, 2016. Disponível em: <http://http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos**. Brasília, DF: MEC, 2020. Disponível em: <https://cnct.mec.gov.br/cursos>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução CNE/CP nº 01/2021, de 5 de janeiro de 2021**. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional e Tecnológica. Brasília: MEC/CNE/CP, 2021. Disponível em: [http:// portal.mec.gov.br/index.php?option=com_con](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_con)

tent&view=article&id=90891. Acesso em: 27 ago. 2024.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. **Educação em Revista**, v. 31, n. 1, p. 329–357, 2015.

COSTA-JÚNIOR, J. F.; OLIVEIRA, C. C.; SOUSA, F. F.; SANTOS, K. T.; SILVA, M. I.; GOMES, N. C.; TORRES-JÚNIOR, J. H.; AMORIM, T. F. The new roles of the teacher in contemporary education. **Rebena – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 6, p. 124–149, 2023.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

DEMO, P. **Educação e alfabetização científica**. Campinas: Papirus, 2010. (Coleção Papirus Educação).

FRANCO-ASSIS, G. A.; SOUZA, E. E. F.; BARBOSA, A. G. Sexuality in school: challenges and possibilities beyond PCNS and BNCC. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 13662–13680, 2021.

IATSKIU, P.; MATTOS, R. R.; FLISSAK, J. C.; FERNANDES, N. M. K.; MACHADO, C. J.; BORRILE, J. M. Formação continuada e modalidades didáticas para o ensino de ciências e biologia. **Ensino & Pesquisa – Revista Multidisciplinar de Licenciatura e Formação Docente**, v. 12, n. 2, p. 1–13, 2014.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia**. 6. ed. São Paulo: Edusp, 2008. p. 80.

LOPES, T. A.; OLIVEIRA, M. F. A. **Manual do simulador didático de ventilação mecânica**. Volta Redonda: Unifoa, 2016.

OCAMPO, D. M.; SANTOS, M. E. T.; FOLMER, V. Interdisciplinary teaching is possible? Pros and cons in perspective of a mathematics teacher. **Bolema**, v. 30, n. 56, p. 1014–1030, 2016.

PADILHA, R. F. S. J.; LIMA-FILHO, D. L. A oferta de educação profissional verticalizada nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia: o que há de novo? *In*: REUNIÃO CIENTÍFICA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO, ANPED, 11., 2016, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ANPED, 2016.

PORTUGAL, C. G. S.; ALMEIDA, V. G. K.; ESTEVES-SOUZA, A. Padlet and sensory circuit of medicinal plants as methodology for introducing chemistry concepts to high school students. **Revista Ifes Ciência**, v. 10, n. 2, 2024.

ROSO, C. C.; AULER, D.; DELIZOICOV, D. Democratization in decision-making processes on CT: the role of the technician. **Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 225–249, 2020.

SANTOS, F. A.; CHAVES, P.S.; SANTOS, P. P.; VIEIRA, D.D.J. Percepção e intervenção didática na forma de estudo dirigido em turma da EJA Integrada. **Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, p. e18802–16, 2025.

SANTOS, P. P.; MARION, C. Ferramentas para o estudo do rio Parauapebas. *In*: DREHMER-MARQUES, K. C.; MARQUES, J. F. Z.; RODRIGUES-MOURA, S. (org.). Iniciação científica em ciências da natureza na educação básica: abordagens, teorias e práticas. **Cruz Alta: Ilustração**, 2021. p. 127–143.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de biologia por investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, 2018.

SILVA, A. C. M.; FREITAG, I. H.; TOMASELLI, M. V. F.; BARBOSA, C. P. The importance of didactic resources for the teaching-learning process. **Arquivos do Mudi**, v. 21, n. 2, p. 20–31, 2017.

SILVA, E. N.; LEAL, A. F.; ALVES, A. C. S.; TEODORO, W. L.; BRITO, F. P.; SOARES, A. F. C.; CARVALHO, M. R. M. A.; SOARES, G. A. An investigative teaching sequence in teaching sensory perceptions. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 11, p. 20299–20320, 2023.

SILVA, J. B. David Ausubel's theory of meaningful learning: an analysis of the necessary conditions. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e09932803, 2020.

SILVA, J. M.; LINS, A. E. Scientific literacy in biology and science teaching: teacher perception from public education network. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 3, p. 3535–3552, 2021.

Capítulo 6

Laboratório de biodiversidade, conservação e ensino de biologia: ambiente inovador para uso de coleções zoológicas e promoção da alfabetização científica

Natanael Charles da Silva

Adriana Farias Cardoso

Contextos introdutórios

Refletir sobre o ensino de biologia, especialmente na educação básica, na perspectiva da alfabetização científica, leva o professor a refletir sobre a sua prática pedagógica e sobre as relações que desenvolve com os discentes e com o espaço educacional em que está inserido. Considera-se, por exemplo, que a prática pedagógica é um caminho para que se possa dialogar com a realidade dos sujeitos, facilitando o entendimento a respeito de suas necessidades, anseios, perspectivas e capacidades de mudar a realidade em que estão inseridos. Assim, os saberes inerentes à biologia e à sua natureza devem dialogar com as diversas realidades (Santana; Mota, 2022).

Andrade e Abílio (2018) argumentam que existe uma correlação entre os fenômenos naturais, os cotidianos dos indivíduos (certamente presentes no estudo da biologia) e o conhecimento científico. Desse modo, a alfabetização científica busca entender e melhorar essa conexão, evidenciando a relação dos sujeitos com o mundo em que vivem e com a capacidade que possuem de modificá-lo, principalmente por

meio das suas concepções científicas. É nesse âmbito, também, que entendemos a alfabetização científica como uma possibilidade para que o estudante tenha contato com os saberes científicos e estabeleça relações entre esses saberes e as suas experiências culturais e formativas construídas ao longo da sua existência, além de considerar as relações em que estão inseridos, modificando e construindo conhecimentos científicos a partir de uma visão histórica e cultural (Sasseron, 2008; 2015).

Concordamos com Rodrigues, Silva e Araújo (2024a) quando afirmam que ensinar na perspectiva da alfabetização científica não é uma tarefa fácil, é desafiador e, muitas vezes, modifica a rotina da prática docente. Isso ocorre porque não somente os discentes passam a desenvolver uma postura mais crítica a respeito do mundo, mas, também, os docentes são desafiados a se questionar e a ver o mundo e os sujeitos ao seu redor como elementos necessários para que possamos compreender e refletir sobre as suas habilidades críticas de compreensão da natureza.

Argumenta-se, com isso, que a alfabetização científica pode ser entendida como um ato de construção política dos sujeitos, em que a leitura do mundo precede a leitura da palavra, auxiliando no entendimento de que o pensamento humano e a construção de uma consciência crítica os ajudem na organização e no desenvolvimento de interpretações construtivas a respeito da ciência e do mundo como um todo (Rodrigues; Silva; Araújo, 2023). Em corroboração com esse pensamento, Andrade e Abílio (2018) defendem que a alfabetização científica exige dos sujeitos um posicionamento ativo diante das questões da ciência e dos seus efeitos para a sociedade. Isso implica na necessidade, cada vez mais eminente, de uma formação acadêmica com bases no diálogo entre o fazer científico, a formação humana e a transformação social dos indivíduos, diante da necessidade de que se compreenda o mundo de forma crítica, construtiva e participativa.

Inserimos nessa discussão o fato de que as coleções biológicas, e isso inclui as coleções zoológicas, são espaços repletos de recursos e estratégias didáticas que possuem o potencial para dinamizar a prática pedagógica, contextualizar o conhecimento científico com o conhecimento cultural e formar os sujeitos em uma perspectiva sociocrítica com ênfase na formação cidadã, transformação social e alfabetização científica. É nesse contexto que destacamos que o Laboratório de Biodiversidade e Conservação (Labicon), vinculado ao Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Abaetetuba desde 2017, quando foi instituído, por seu objetivo de promover atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas à biodiversidade, contribui para o propósito prático de promover a alfabetização científica dos estudantes por meio das diversas possibilidades didático-pedagógicas que apresenta.

Assim, a coleção biológica do espaço (figura 1), constituída por amostras de animais e de plantas características da região do Baixo Tocantins, documenta a biodiversidade regional e conserva material testemunho das inúmeras pesquisas realizadas por docentes e discentes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas na região amazônica paraense (Costa *et al.*, 2021).

No Labicon, as coleções existentes de plantas e animais, além de serem importantes para a ciência de modo geral, também são muito úteis para o processo de ensino e aprendizagem tanto de discentes da educação básica quanto dos da formação em nível de graduação e pós-graduação. Ademais, também existem materiais didáticos que servem de suporte para os docentes em suas aulas, pois podem ser usados para demonstrar e explicar características diversas das plantas e dos animais além das que os estudantes podem ver e tocar no organismo biológico, tornando o aprendizado mais divertido, dinâmico e prático (Costa *et al.*, 2021).

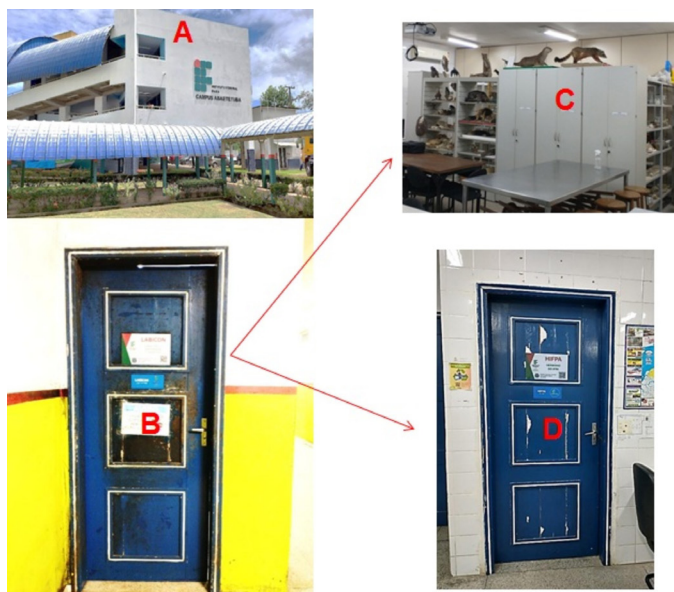


Figura 1 – (A) IFPA Campus Abaetetuba; (B) Labicon; (C) Coleção Zoológica
(D) Coleção Botânica (Herbário)

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

Neste trabalho, apresentamos uma descrição detalhada das atividades desenvolvidas no Labicon, com ênfase especial na coleção zoológica, que é um tipo específico de coleção biológica, mas em que se concentram apenas os animais. É o caso da Coleção Didático-Científica de Zoologia (CDZool) presente no Labicon, onde temos exemplares de diversos animais, como mamíferos, aves, répteis, anfíbios, peixes, insetos, aracnídeos e outros, incluindo espécimes inteiros ou apenas parte de determinado animal (como ossos, pelagens, ovos, órgãos ou outros). Esses animais estão preservados e conservados por meio de técnicas específicas (figura 2) que são utilizadas para tal finalidade. Assim, temos exemplares conservados em meio líquido (formol ou álcool), taxidermizados (empalhados) ou em meio seco (caixas entomo-

lógicas, fósseis e esqueletos).

Portanto, o objetivo aqui é discutir como os aspectos teórico-metodológicos da alfabetização científica se entrelaçam com e contribuem para o ensino de biologia por meio do uso de coleções zoológicas de modo prático e significativo.



Figura 2 – Exemplos da CDZoo conservados em (A) meio líquido,
(B) taxidermizados e (C) meio seco

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)



Figura 3 – Exemplos aquáticos conservados em meio líquido, como (A) peixes, (B) anfíbios e (C) invertebrados. A maioria está mantida no Labicon conservada em meio líquido

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

Apresentando o caminho, as reflexões e as perspectivas práticas que intencionamos

Para realizar a conservação dos espécimes em uma coleção zoológica, uma das técnicas empregadas é a técnica de conservação em meio líquido. Para isso, levamos em consideração não só o indivíduo, mas também o recipiente em que ficará armazenado. Como material de conservação, fazemos uso do formol, que, apesar de ser tóxico, contribui para a preservação da estrutura dos tecidos a longo prazo e impede a sua decomposição. Além disso, empregamos o álcool, geralmente em concentração de 70 % de etanol, que é considerado mais seguro do que o formol e possui a capaci-

dade de manter a cor e a forma dos organismos (figura 3).

É importante ressaltar que todo o procedimento de armazenamento e conservação deve ser realizado fazendo uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI), a exemplo de máscaras, luvas, jaleco e óculos de proteção.

Além do armazenamento em meio líquido, utilizamos a taxidermia, visto ser uma técnica que preserva apenas a pele, os pelos ou as penas de animais como mamíferos, aves e répteis, criando a impressão de que o animal está vivo. Durante esse processo, todos os músculos, ossos e órgãos internos são removidos, e a pele é tratada para evitar a decomposição. Em seguida, o exemplar é preenchido com algodão e espuma, sendo moldado para ser fixado em um suporte, mantendo uma postura semelhante àquela que teria na natureza (figura 4).



Figura 4 – Exemplares de mamíferos e aves taxidermizados da CDZool

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)



Figura 5 – Exemplos da CDZool conservados em meio seco: (A) fósseis;

(B) partes de esqueletos; (C) caixas entomológicas e (D) resina

Fonte: Acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

Além desses, a coleção em ambiente seco do Labicon inclui fósseis de organismos que ajudam a entender a evolução e a existência das espécies. Para isso, além de partes de esqueletos de animais utilizadas para estudos de anatomia, também preservamos, em caixas entomológicas, insetos como borboletas, besouros, baratas, entre outros, os quais são montados com alfinetes em uma base de isopor e armazenados em caixas de vidro. Também, alguns exemplares estão conservados em resina (figura 5).

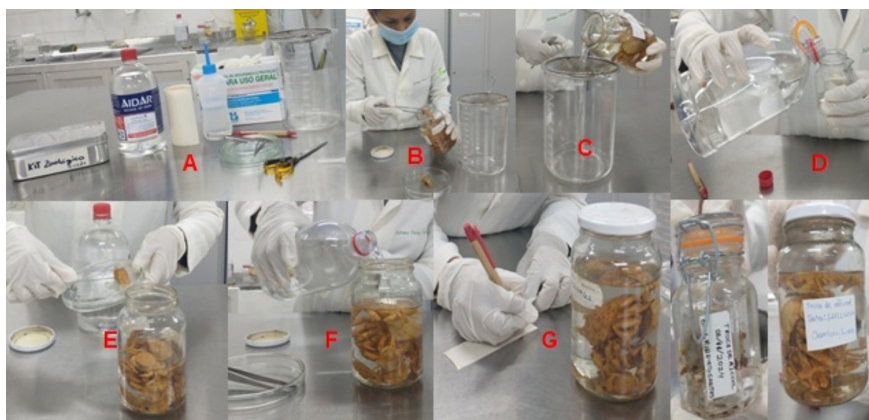


Figura 6 – Procedimento para a troca de álcool e manutenção das etiquetas na CDZool: (A) materiais necessários; (B) utilização de pinças para retirar o exemplar do recipiente com cuidado; (C) uso de um crivo para filtrar o líquido, conforme o tamanho do espécime; (D) adição do álcool novo no recipiente após a remoção do álcool antigo; (E) colocação do animal no recipiente; (F) adição de mais álcool até cobrir completamente o corpo do animal; (G) troca e atualização das etiquetas com a data da troca e o sobrenome do responsável

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

Na coleção, buscamos organizar os animais de maneira hierárquica conforme a taxonomia zoológica, ou seja, de acordo com os níveis de organização taxonômica que caracterizam cada grupo, iniciando do mais geral para o mais específico, sendo reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie. Nas estantes, o reino Animalia (ou Metazoa) é representado por exemplares de vertebrados e invertebrados, devidamente organizados por filos, como poríferos, cnidários, moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e chordata. Essa forma de apresentar os organismos ajuda a identificar os diferentes grupos de seres vivos e a entender como estão relacionados entre si ao longo da evolução biológica (Hickman *et al.*, 2016).

Outro processo associado à existência de uma coleção é o tombamento e o registro das espécies existentes no local. Para isso, é comum a existência de um livro de

tombo, onde os espécimes são registrados com informações como número de tombo, classificação taxonômica, coletor, data da coleta, local de coleta e coordenadas geográficas do ambiente em que a coleta foi realizada. No Labicon, a responsabilidade pela organização e integridade da coleção zoológica é compartilhada entre todos os membros da equipe, incluindo discentes voluntários e bolsistas, que realizam atividades como limpeza, organização, manutenção das etiquetas e troca de álcool.

Nesse processo, para realizar a troca do álcool, começamos verificando a data de validade da última troca. Essa operação sempre prioriza as etiquetas mais antigas, especialmente aquelas cuja validade já expirou. Recomenda-se que a troca ocorra, no mínimo, a cada três meses e, no máximo, a cada seis meses, ou sempre que houver necessidade. Durante o processo, utilizamos EPI, como jalecos, luvas e máscaras. Para o procedimento de troca é feito uso de materiais específicos, a exemplo de béquer, pinça, crivo, etiquetas, canetas esferográficas e álcool a 70 %, que é utilizado para conservar o espécime dentro do recipiente (figura 6).

Damos destaque também para o fato de que o filo Arthropoda, por ser o grupo com maior diversidade no reino Animalia, representando mais de 75 % de todas as espécies conhecidas, também é o que possui maior número de representantes armazenados na coleção zoológica do Labicon. O filo se caracteriza por incluir animais com pernas articuladas, um exoesqueleto rígido de quitina e um corpo segmentado (figura 7). Esse grupo inclui insetos, aracnídeos, crustáceos e miriápodes que habitam diversos ecossistemas, tanto terrestres quanto aquáticos. Sua diversidade é fundamental para o meio ambiente, contribuindo para diversos ciclos ecológicos (Brusca, Moore, Shuster, 2018; Hickman *et al.*, 2016; Pereira, Santana, Waldhelm, 2009).



Figura 7 – Representação do filo Arthropoda, na CDZool: aranhas (classe Arachnida), caranguejos, camarões e lagostas (classe Crustacea), além de borboletas, besouros, moscas, baratas e gafanhotos (classe Insecta)

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

É necessário mencionar que todas as atividades realizadas no Labicon, incluindo limpeza, organização, manutenção das etiquetas, troca de álcool e visitas ao espaço, são cuidadosamente registradas pelos membros da equipe de zoologia nos livros de registros de atividades diárias e visitas. Assim, as visitas à coleção zoológica ocorrem ao longo de todo o ano, especialmente durante o período letivo, em eventos que são realizados no campus e, também, é possível agendar visitas previamente por meio de ofícios, nos quais devem constar o dia, a data e a hora para a visita.

Nos últimos anos, o laboratório vem conquistando o público externo ao promover atividades de pesquisa e extensão que visam a proporcionar acesso às suas coleções. Isso ocorre por meio de visitas técnicas guiadas para estudantes oriundos dos níveis de ensino fundamental e médio de escolas públicas e/ou privadas de Abaetetuba/

PA e região, principalmente daquelas que não possuem laboratórios com coleções biológicas (figura 8). Assim, essas visitas permitem que os estudantes vivenciem e aprendam sobre a diversidade de seres vivos que existe em nossa região (Costa et al., 2021).



Figura 8 – Apresentação, discussão e correlações entre as diversas características anatômicas, fisiológicas e ecológicas dos animais presentes na CDZool durante as visitas

Fonte: acervo pessoal dos pesquisadores (2025)

Além disso, o Labicon também participa de eventos científicos, em que mostra suas coleções e pesquisas realizadas, dando destaque para a mostra de animais taxidermizados, que atrai a atenção das pessoas e promove a educação sobre a conservação da natureza. Assim, as ações extensionistas do espaço têm grande relevância para a comunidade, integrando pesquisa científica e educação escolar, beneficiando visitantes, estudantes, técnicos e docentes. A importância do Labicon reside em sua atuação nas áreas de ensino, pesquisa e extensão (Costa et al., 2021).

Portanto, é necessário reafirmarmos que o Labicon está se consolidando como um centro de referência em educação e pesquisa sobre biodiversidade, contribuindo para a formação de novos docentes e o envolvimento dos estudantes com a ciência. O laboratório combina pesquisa científica e educação escolar, oferecendo experiências

práticas que enriquecem a formação acadêmica e promovem atividades socialmente relevantes, ampliando o conhecimento da comunidade acadêmica e conscientizando sobre a biodiversidade e a importância da conservação ambiental.

É nesse aspecto que acreditamos existir uma estreita relação entre os fundamentos teórico-metodológicos da alfabetização científica e as práticas e vivências proporcionadas pelo ambiente da coleção zoológica e, consequentemente, o processo de ensino e aprendizagem em Biologia, visto que pesquisas dessa natureza ampliam as possibilidades de promoção da alfabetização científica, além da promoção e divulgação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) destacados na Agenda 2030, a exemplo dos ODS 4 (Educação de Qualidade) e 15 (Vida Terrestre). Assim, a divulgação dos ODS com suas respectivas metas também representa uma possibilidade para que a alfabetização científica aconteça de forma prática no ambiente de coleção zoológica, visto estar proporcionando a construção de um pensamento crítico dos sujeitos, bem como estimulando a sua participação na resolução de problemas socioambientais locais e globais (Rodrigues; Silva; Araújo, 2024b).

Nessa perspectiva, Gravina e Munk (2019) argumentam que a contextualização cultural e social dos sujeitos com saberes científicos, como aqui está sendo proposto, envolve os discentes e desperta maior engajamento na promoção de significados a respeito da construção de conhecimentos, bem como valoriza os saberes que esses estudantes já possuem, proporcionando aprendizado prático a eles e contribuindo com o seu processo de alfabetização científica.

Reflexões conclusivas

É necessário ressaltarmos que, nos últimos anos, as técnicas de conservação e armazenamento de amostras biológicas utilizadas no Labicon não apenas contribuíram para a preservação da biodiversidade local, mas também nos permitiram estudar os organismos da nossa região de maneira ampla, contextualizada e prática. Reafirmamos que os exemplares pertencentes à coleção são resultados de pesquisas de campo e de doações de animais já sem vida, geralmente vítimas de acidentes (como atropelamentos e eletrocutores). Assim, para garantir sua preservação, o armazenamento é realizado de acordo com as condições em que o espécime chega até a equipe de zoologia do espaço.

Esse processo contribui para que os docentes, não só do referido campus, mas também de outras instituições de ensino da região, possam fazer uso de um espaço equiparado a um museu de ciências naturais, visto não haver espaço equivalente na região. Dessa forma, proporciona-se condições necessárias e adequadas para que se promova a alfabetização científica, contribui-se para o alcance dos objetivos e metas da Agenda 2030 e, essencialmente, realiza-se ações de divulgação científica na educação básica e superior, considerando a carência de ações dessa natureza na região.

Com relação ao ensino de biologia, consideramos que a presença e manutenção de espaços dessa natureza na instituição de ensino representa uma rica contribuição para a área biológica, além de colaborar com outras áreas, visto a sua natureza multidisciplinar e contextualizada. Assim, o processo de ensino e aprendizagem em biologia conta com um espaço de representação biológica e natural, onde os conceitos científicos podem ser visualizados e discutidos na prática e em contexto com as

vivências e experiências dos estudantes.

A coleção zoológica representa um ambiente de promoção da alfabetização científica ao possibilitar reflexões a respeito da existência das espécies biológicas, incluindo a nossa, e das relações que estas desenvolvem ao longo do tempo, bem como ao proporcionar, de maneira prática, o posicionamento crítico dos sujeitos diante da responsabilidade socioambiental que possuem com os demais organismos presentes no planeta, sua permanência e existência para as próximas gerações.

Com isso, perspectivamos que a coleção, com suas possibilidades didático-pedagógicas e de reflexão e conhecimento científico, cultural e promoção da sustentabilidade, alcance cada vez mais público de diversas áreas e instituições de ensino, além de representantes da sociedade de modo geral e que não estão diretamente ligados ao ensino formal. A conscientização planetária para um mundo mais justo, sustentável e pacífico é uma necessidade global, e não apenas da comunidade científica.

Referências

ANDRADE, M. J. D.; ABÍLIO, F. J. P. Alfabetização científica no ensino de biologia: uma leitura fenomenológica de concepções docentes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 429–453, 2018.

BRUSCA, R. C.; MOORE, W.; SHUSTER, S. M. **Invertebrados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

COSTA, J. M.; SILVA, N. C. da; ALBUQUERQUE, L. C. da S. de; LIMA, N. R. L. Coleções biológicas no ensino de ciências/biologia: relato de experiência sobre um curso de formação continuada no Pará, Brasil. **Experiência – Revista Científica de Extensão**, Santa Maria/RS, v. 7, n. 2, p. 155–175, 2021.

GRAVINA, M. G. P.; MUNK, M. Dinâmicas de oficinas de textos em biologia: ferramentas para a alfabetização científica em tempos de fake news. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 612–620, 2019.

HICKMAN, C. P.; KEEN, S. L.; EISENHOUR, D. J.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A.; ANSON, H. **Princípios integrados de zoologia**. 16. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

LIMA, N. R. L.; SILVA, N. C.; COSTA, J. M.; MONTENEGRO, A. V. A formação continuada do professor de ciências e biologia da educação básica: uma proposta usando coleções biológicas. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 2, p. e22058–e22058, 2022.

PEREIRA, A. N.; SANTANA, M.; WALDHELM, M. **Ciências**, 7. ano, v. 2. São Paulo: Editora do Brasil, 2009.

RODRIGUES, M. de P.; SILVA, N. C. da; ARAÚJO, M. F. F. Alfabetização científica de meninas em privação de liberdade: reflexões e perspectivas de intervenção. **Reamec – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 11, n. 1, p. e23029–e23029, 2023.

RODRIGUES, M. de P.; SILVA, N. C. da; ARAÚJO, M. F. F. Alfabetização científica de adolescentes em privação de liberdade na cidade de Manaus (AM). **Terra e Didática**, Campinas, v. 20, p. e024015–e024015, 2024a.

RODRIGUES, M. de P.; SILVA, N. C. da; ARAÚJO, M. F. F. A música como ferramenta de socialização e promoção da alfabetização científica: uma experiência com adolescentes privadas de liberdade. **Revista Práxis**, v. 16, n. 30, 2024b.

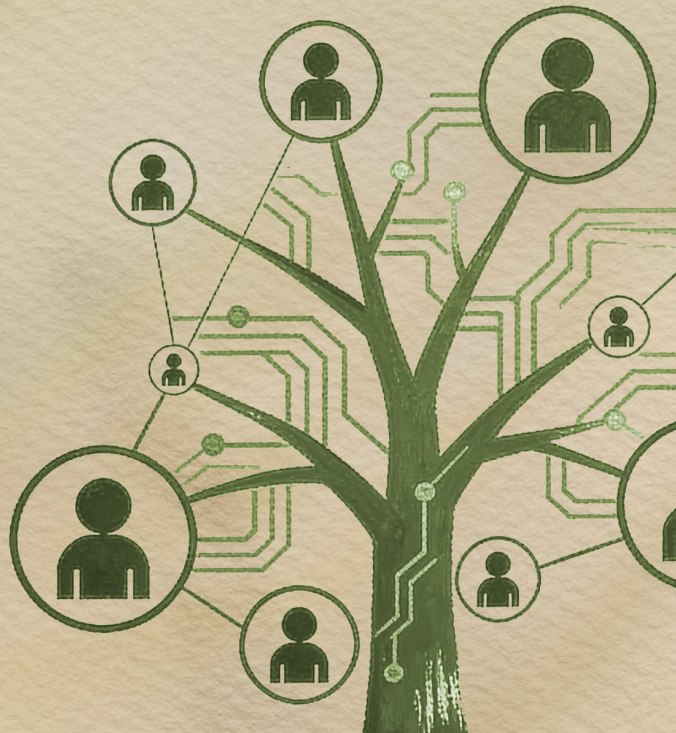
SANTANA, A. J. S.; MOTA, M. D. A. Natureza da biologia, ensino por investigação e alfabetização científica: uma revisão sistemática. **Revista Educar Mais**, v. 6, p. 450–466, 2022.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica no ensino fundamental**: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. 265 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Área de Concentração Ensino de Ciências e Matemática, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 49–67, 2015.

3

Construção coletiva: *colaboração, competências e pensamento criativo*



Capítulo 7

Desenvolvendo competências para inovar o ensino de estatística por meio do trabalho colaborativo

Rafael Pires Pinheiro

Daniele Socorro Ribeiro da Silva

Introdução

Em uma sociedade caracterizada pela crescente produção e circulação de dados, a estatística assume papel fundamental na formação de profissionais capazes de interpretar e utilizar informações quantitativas de forma crítica e contextualizada. No campo da educação, especialmente na educação profissional e tecnológica, o ensino de estatística deve ultrapassar a abordagem tradicional focada exclusivamente em procedimentos e cálculos, incorporando práticas pedagógicas que favoreçam a compreensão conceitual e a aplicação em situações do cotidiano (Brasil, 2008; Lorenzato, 2006).

De acordo com Cazorla e Brito (2019), a educação estatística deve possibilitar aos estudantes a leitura crítica do mundo, fornecendo subsídios para a tomada de decisões informadas tanto na vida pessoal quanto no ambiente profissional. Nesse sentido, Campos (2008) ressalta que o ensino de estatística deve promover o desenvolvimento do pensamento crítico, permitindo que o aluno compreenda a lógica dos dados, suas limitações e potencialidades. Para Ponte, Branco e Oliveira (2012), o uso de contextos reais é um recurso pedagógico potente para tornar o conteúdo mais

significativo e motivador, especialmente quando se considera a diversidade de trajetórias e realidades dos estudantes da educação profissional.

O presente estudo foi realizado no Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Conceição do Araguaia, localizado no sul do estado do Pará, uma região que apresenta desafios históricos em termos de acesso à educação e desenvolvimento socioeconômico. Nesse contexto, os cursos técnicos desempenham um papel estratégico na formação de jovens e adultos ao oferecer uma qualificação profissional articulada com a formação cidadã. O curso técnico em Manutenção e Suporte em Informática, ofertado na modalidade subsequente e com duração de três semestres, visa a formar profissionais aptos a instalar, configurar e realizar manutenção de equipamentos de informática, bem como prestar suporte técnico a usuários, atendendo às demandas locais e regionais por mão de obra qualificada (IFPA, 2023).

No âmbito desse curso, a disciplina de Estatística Básica, com carga horária de 33 horas, configurou-se como uma oportunidade para o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas. A experiência relatada neste artigo adotou uma abordagem prática e investigativa, na qual os estudantes foram desafiados a desenvolver projetos de pesquisa baseados em situações do seu cotidiano. Essa proposta dialoga com os pressupostos da pedagogia crítica, conforme defendido por Freire (1996), ao reconhecer o estudante como sujeito ativo do processo de aprendizagem, capaz de transformar a realidade por meio do conhecimento.

Durante a atividade, os alunos aplicaram os conteúdos estatísticos abordados em sala, como coleta, organização e análise de dados, culminando na apresentação dos resultados de suas investigações. Tal prática permitiu não apenas a consolidação dos conhecimentos teóricos, mas também o desenvolvimento de competências transversais, como autonomia, trabalho em equipe e comunicação científica. Conforme

apontam Skovsmose e Borba (2004), a estatística, quando inserida em práticas pedagógicas contextualizadas, pode se tornar uma ferramenta de empoderamento, permitindo aos estudantes interpretar criticamente os dados que permeiam sua vida social, política e econômica.

Assim, este capítulo tem como objetivo analisar uma experiência pedagógica no ensino de estatística no contexto da educação profissional, destacando suas contribuições para a aprendizagem dos estudantes e para a construção de práticas educativas alinhadas às realidades locais e às exigências contemporâneas do mundo do trabalho.

Transformando dados em conhecimento: projetos colaborativos no ensino de estatística no curso técnico

O ensino da estatística tem se consolidado ao longo das décadas como uma parte essencial dos currículos educacionais, dada sua importância na formação de indivíduos capazes de interpretar, analisar e comunicar informações quantitativas. Segundo Cazorla e Brito (2019), a educação estatística deve promover o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de lidar com dados em contextos reais, preparando os estudantes para a tomada de decisões informadas.

A presença da estatística nos currículos reflete movimentos de reforma educacional que buscaram aproximar a matemática da realidade social e ampliar suas aplicações práticas, como apontam Skovsmose e Borba (2004) ao defenderem uma abordagem crítica e contextualizada do conhecimento matemático. Atualmente, a estatística é inserida de forma progressiva desde o ensino fundamental até cursos técnicos e profissionais, assumindo papel central na formação de cidadãos críticos

e autônomos frente à cultura dos dados e à complexidade dos fenômenos sociais.

A crescente relevância da estatística está alinhada à necessidade de preparar os indivíduos para uma sociedade cada vez mais guiada por dados e informações. Assim, desenvolver competências estatísticas vai além de calcular e aplicar fórmulas; envolve também interpretar resultados, tomar decisões fundamentadas e comunicar informações de maneira clara e eficaz. Autores como Gal (2002) e Garfield (2002) destacam que o aprendizado em estatística deve englobar habilidades procedimentais, capacidade de interpretar fenômenos, literacia estatística e o uso de abordagens reflexivas.

Nesse sentido, é fundamental que o ensino da estatística se afaste de metodologias puramente expositivas e centradas na memorização, privilegiando práticas que estimulem o raciocínio crítico e a aplicação prática dos conhecimentos. A implementação de projetos de investigação, como aponta Balachowski (1998), é particularmente eficaz para atingir esses objetivos, pois permite que os estudantes participem ativamente do processo de aprendizagem, enfrentem problemas reais e desenvolvam autonomia e capacidade de trabalhar em equipe.

Além disso, a utilização de tecnologias digitais, como planilhas eletrônicas e softwares estatísticos, potencializa o ensino da estatística ao facilitar o trabalho com grandes volumes de dados e ao liberar mais tempo para a interpretação e discussão dos resultados (Jolliffe, 2007). Essas ferramentas possibilitam uma abordagem mais dinâmica e conectada ao mundo real, especialmente em cursos técnicos, onde o aprendizado prático é essencial para a formação profissional.

A promoção de tarefas colaborativas e contextualizadas também é destacada por estudos como os de Petocz e Reid (2007), que enfatizam que o trabalho em grupo e a discussão coletiva contribuem para o desenvolvimento de habilidades interpes-

soais e para a formação de uma visão crítica sobre os dados analisados. No ensino técnico, como no curso de Manutenção e Suporte em Informática, essa abordagem ganha ainda mais relevância, pois conecta o aprendizado aos interesses e contextos profissionais dos estudantes, tornando o ensino mais significativo e motivador.

Esses pressupostos fundamentam a prática pedagógica descrita neste trabalho, que utilizou uma abordagem baseada em projetos para ensinar estatística a estudantes do ensino técnico. Por meio da realização de investigações estatísticas sobre temas de interesse dos alunos, foi possível alinhar o aprendizado teórico à sua aplicação prática, promovendo competências técnicas e transversais indispensáveis para sua formação acadêmica e profissional. De acordo com Kilpatrick (1918) e retomado por Hernández e Ventura (1998), a aprendizagem baseada em problemas permite que os estudantes assumam papel ativo no processo educativo, construindo conhecimento a partir de problemas reais e significativos. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, colaboração e autonomia, características centrais também destacadas por Grant (2002) ao afirmar que o aprendizado baseado em projetos envolve os alunos em tarefas autênticas, com o objetivo de investigar e responder a uma questão complexa. No contexto da educação profissional e tecnológica, essa metodologia se mostra especialmente eficaz ao integrar teoria e prática, conforme apontam Moraes e Machado (2017), pois aproxima o conteúdo curricular das exigências do mundo do trabalho.

O trabalho colaborativo no ensino da estatística

O trabalho colaborativo tem ganhado relevância como abordagem pedagógica no ensino da matemática, destacando-se pela capacidade de promover uma apren-

dizagem ativa e significativa entre os estudantes. Esse enfoque não apenas favorece o desenvolvimento de competências técnicas, mas também estimula habilidades socioemocionais, como comunicação, resolução de problemas e cooperação. Nesse contexto, ao aplicá-lo ao ensino da estatística, é possível transformar a sala de aula em um ambiente dinâmico, no qual os alunos trabalham juntos para compreender conceitos, resolver problemas e aplicar os conhecimentos em situações práticas e reais.

Conforme Parrilla (1996), o trabalho colaborativo se caracteriza pelo compartilhamento de responsabilidades entre os integrantes de um grupo, com cada participante contribuindo de acordo com suas capacidades e interesses. No ensino da estatística, essa abordagem incentiva os alunos a discutirem diferentes perspectivas e estratégias para solucionar problemas, possibilitando a construção coletiva do conhecimento. Quando aplicada ao ensino técnico, essa prática se torna ainda mais relevante, pois permite que os estudantes conectem os conteúdos estatísticos às demandas de suas futuras profissões.

Além disso, as interações entre pares criadas no trabalho colaborativo promovem não apenas a compreensão de conceitos complexos, mas também o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas. A abordagem se alinha à teoria de Vygotsky (1998), que argumenta que a aprendizagem é mediada pelas interações sociais e que atividades realizadas em grupo oferecem benefícios significativos em comparação ao aprendizado individualizado. A zona de desenvolvimento proximal (ZDP), proposta por Vygotsky, reforça que os indivíduos podem atingir níveis mais avançados de compreensão e autonomia quando trabalham em colaboração, com a mediação de colegas mais experientes ou do professor.

No ensino da estatística, o trabalho colaborativo possibilita a realização de ta-

refas contextualizadas e práticas, como a investigação de problemas reais. Essas atividades ampliam o engajamento dos estudantes e promovem o desenvolvimento de competências interpessoais, como a habilidade de trabalhar em equipe e a capacidade de refletir criticamente sobre dados e informações. Estudos como os de Petocz e Reid (2007) mostram que a colaboração em projetos estimula os alunos a explorarem diferentes perspectivas, compartilharem ideias e participarem ativamente no processo de aprendizagem, criando representações mais ricas e complexas dos conceitos estatísticos.

Para que o trabalho colaborativo seja eficaz, é necessário que os professores assumam um papel mediador, selecionando e adaptando tarefas que considerem as características e os interesses dos alunos. Fullan e Hargreaves (2000) destacam que o desenvolvimento de uma cultura colaborativa requer não apenas a implementação de atividades em grupo, mas também o fomento de interações significativas e dialogadas que promovam a corresponsabilidade e a confiança mútua entre os participantes.

No contexto do ensino técnico, como no curso de Manutenção e Suporte em Informática, o trabalho colaborativo na estatística é uma estratégia eficaz para conectar a teoria à prática, ajudando os estudantes a perceberem a aplicabilidade dos conceitos estatísticos em situações do cotidiano e em suas áreas profissionais. Ao incentivar a resolução conjunta de problemas e a análise crítica de dados, essa abordagem contribui para o fortalecimento das competências técnicas e sociais necessárias para o mercado de trabalho e para a vida em sociedade.

Métodos utilizados na prática pedagógica

A prática pedagógica implementada na disciplina de Estatística Básica foi fundamentada na aprendizagem baseada em problemas, uma metodologia ativa que coloca o aluno no centro do processo educacional, incentivando-o a construir conhecimento por meio da resolução de problemas contextualizados. De acordo com Borochovcivius e Tortella (2014), a aprendizagem baseada em problemas visa a capacitar o aluno a desenvolver aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais ao expô-lo a situações motivadoras que o preparem para o mundo do trabalho.

A aplicação da aprendizagem baseada em problemas ocorreu em uma turma noturna do curso técnico subsequente em Manutenção e Suporte em Informática, composta por 20 alunos matriculados, dos quais 17 estavam frequentando a disciplina no momento da atividade. Os estudantes, no segundo período de um curso com duração de três períodos, participaram de quatro etapas distintas, conforme o quadro 1, totalizando oito aulas de duas horas cada, organizadas da seguinte forma:

Quadro 1 – Etapas de aplicação da prática pedagógica

Etapas	Ação
Organização dos grupos e definição dos problemas de pesquisa (duas aulas)	Inicialmente, os alunos foram divididos em três grupos, sendo dois compostos por seis integrantes e um, por sete. Cada grupo foi incentivado a identificar um problema de pesquisa relevante e de seu interesse, com orientação para delimitar o tema, levantar hipóteses e definir objetivos claros para a investigação.

Elaboração dos instrumentos de coleta de dados (duas aulas)	Na segunda etapa, os grupos desenvolveram instrumentos de coleta de dados, optando por questionários elaborados no Google Formulários, direcionados aos alunos da própria instituição. O professor auxiliou na construção dos questionários, garantindo que estivessem alinhados aos objetivos da pesquisa e que respeitassem os princípios éticos.
Tabulação, organização dos dados e estruturação do trabalho escrito (duas aulas)	Após a coleta de dados, os alunos tabularam e organizaram as informações utilizando ferramentas estatísticas abordadas durante o curso, como tabelas de frequência, gráficos e medidas de tendência central. Paralelamente, iniciaram a redação do trabalho, estruturando-o em introdução, metodologia, resultados e discussão, com suporte contínuo do professor.
Culminância e apresentação dos trabalhos (duas aulas)	Na etapa final, os grupos apresentaram suas pesquisas para a turma, promovendo a troca de conhecimentos e o desenvolvimento de habilidades de comunicação e argumentação. Esse momento permitiu a reflexão sobre os resultados obtidos e a consolidação dos conceitos estatísticos aprendidos.

Fonte: elaborado pelos autores

A implementação da aprendizagem baseada em problemas nessa prática pedagógica proporcionou aos alunos uma experiência de aprendizagem significativa, conectando teoria e prática e desenvolvendo competências essenciais para sua for-

mação profissional e acadêmica.

Discussão e implicações dos resultados

A prática pedagógica fundamentada na aprendizagem baseada em problemas trouxe contribuições significativas para o aprendizado dos estudantes e para a consolidação dos conceitos de estatística básica. Desenvolvido pelo grupo, o projeto intitulado “Satisfação dos alunos com os laboratórios de informática: uma análise estatística” revelou não apenas insights importantes sobre a percepção da comunidade acadêmica acerca da infraestrutura do campus, mas também proporcionou aos alunos uma oportunidade de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula de maneira prática e contextualizada.

Análise dos resultados da prática pedagógica

A proposta de utilizar a pesquisa como estratégia de ensino, fundamentada na aprendizagem baseada em problemas, trouxe resultados significativos para o aprendizado dos alunos e para a prática pedagógica. Essa abordagem permitiu que os estudantes aplicassem os conteúdos teóricos da disciplina de Estatística Básica a um contexto prático e relevante, o que favoreceu o desenvolvimento de competências técnicas e transversais alinhadas às necessidades do mundo acadêmico e profissional.

De acordo com Borochovcicius e Tortella (2014), a aprendizagem baseada em problemas incentiva os alunos a construir seu aprendizado a partir da resolução de problemas contextualizados, promovendo autonomia e engajamento. Nesse sentido,

a prática de propor uma pesquisa como disparador de aprendizagem ajudou os estudantes a compreender a importância da estatística como ferramenta para a análise e interpretação de dados em situações do cotidiano. Essa percepção transformou a relação dos alunos com a disciplina, antes vista como abstrata, para algo concreto e aplicável.

A prática também trouxe avanços significativos no desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e reflexivo, uma vez que os alunos precisaram interpretar os resultados obtidos, relacionar as análises aos conceitos estatísticos trabalhados em sala e responder a questionamentos que surgiram ao longo do processo. Essa dinâmica reforça a argumentação de Barrows (1996), segundo a qual a aprendizagem baseada em problemas estimula o aprendizado ativo ao desafiar os estudantes a interligar teoria e prática de forma colaborativa.

Outro aspecto importante observado foi o impacto da colaboração no aprendizado. Os alunos, organizados em grupos, precisaram negociar ideias, dividir tarefas e construir em conjunto os instrumentos de coleta, a análise de dados e as apresentações. Segundo Petocz e Reid (2007), o trabalho em equipe no contexto da estatística é especialmente valioso, pois permite que os estudantes compartilhem diferentes perspectivas, promovendo uma aprendizagem mais rica e abrangente.

Apesar dos avanços, alguns desafios emergiram ao longo da prática, especialmente relacionados à interpretação de conceitos como dispersão e variabilidade. Esse tipo de dificuldade, segundo BorochoVICIUS e Tortella (2014), é esperado em metodologias ativas, pois os alunos são expostos a situações que exigem maior autonomia e reflexão. No entanto, tais momentos tornam-se oportunidades valiosas para consolidar o aprendizado, como ocorreu ao revisar a tabulação incorreta da média de idade, quando os alunos perceberam o erro e revisitaram os conceitos de variáveis

contínuas. Esses episódios de ajuste e correção reforçam o papel do professor como mediador, alinhando-se à visão de Barrows (1996) sobre o papel ativo do educador na aprendizagem baseada em problemas.

Para o ensino da estatística, essa prática demonstrou que a integração entre teoria e prática é uma estratégia eficaz para promover a motivação e o engajamento dos estudantes. O uso de problemas contextualizados, aliados a uma abordagem colaborativa, tornou os conceitos estatísticos mais acessíveis e significativos, contribuindo para a formação de indivíduos capazes de aplicar esses conhecimentos em diferentes contextos. Além disso, a experiência mostrou que desafios e erros podem ser transformados em oportunidades de aprendizado, reforçando a importância de uma pedagogia que valorize a reflexão e o questionamento como parte do processo educativo.

Aprendizagem e motivação dos estudantes

A implementação da prática pedagógica fundamentada na aprendizagem baseada em problemas evidenciou um impacto significativo na motivação e no engajamento dos estudantes em relação à disciplina de Estatística Básica. A proposta de realizar uma pesquisa prática permitiu que os alunos percebessem a aplicabilidade dos conteúdos teóricos em situações reais, o que contribuiu para transformar sua percepção sobre a importância da estatística. Essa experiência está alinhada às ideias de Skovsmose (2001), que argumenta que o ensino da matemática deve promover uma relação significativa entre os conteúdos e a realidade dos alunos, integrando-os às suas experiências de vida.

A abordagem humanista, defendida por D'Ambrosio (2001), também encontra ressonância nessa prática. O autor destaca que a matemática deve ser ensinada

como uma ciência que promove a autonomia, o pensamento crítico e a resolução de problemas reais, em vez de ser vista como um conjunto de regras e fórmulas descontextualizadas. A realização da pesquisa pelos estudantes exemplificou essa perspectiva, pois os incentivou a desenvolver habilidades analíticas e interpretativas ao aplicarem os conceitos estatísticos para responder a questões de relevância para sua comunidade acadêmica.

Durante a prática, observou-se um aumento no senso de responsabilidade dos estudantes em relação ao aprendizado. A autonomia exigida pela metodologia de aprendizagem baseada em problemas motivou os alunos a buscarem soluções para os problemas de forma colaborativa, reforçando o papel do professor como mediador e orientador. De acordo com Borochovcicius e Tortella (2014), metodologias que colocam o aluno no centro do processo de ensino favorecem a construção de conhecimentos sólidos, pois os desafios apresentados geram maior envolvimento e engajamento no aprendizado.

A motivação dos estudantes também foi evidenciada no esforço de superar dificuldades encontradas ao longo do processo, a exemplo da interpretação de conceitos de dispersão e variabilidade ou do ajuste de cálculos equivocados, como o erro na tabulação das médias. Esses momentos de reflexão e revisão são valiosos, pois, segundo Skovsmose (2001), é nas situações de incerteza e questionamento que o aprendizado crítico se consolida. Ao permitir que os alunos enfrentassem e superassem esses desafios com apoio do professor, a prática contribuiu para o desenvolvimento de competências técnicas e transversais essenciais para sua formação acadêmica e profissional.

Por fim, essa experiência demonstrou que práticas pedagógicas humanistas, como a aprendizagem baseada em problemas, promovem não apenas a aprendiza-

gem dos conteúdos, mas também a valorização da individualidade dos estudantes e de suas capacidades. Ao conectar teoria e prática, essa abordagem estimula a curiosidade, o senso crítico e a motivação intrínseca, preparando os alunos para enfrentarem os desafios do mundo contemporâneo de maneira ética e responsável.

Contribuições pedagógicas e implicações para a prática

A prática pedagógica desenvolvida na disciplina de Estatística Básica apresentou contribuições relevantes tanto para o aprendizado dos estudantes quanto para a prática docente. Apoiada na aprendizagem baseada em problemas e alinhada aos princípios da matemática humanista, a proposta proporcionou um ambiente de aprendizagem significativo, no qual a teoria se conectou diretamente à prática, valorizando o protagonismo dos estudantes. Essa abordagem é respaldada por Skovsmose (2001), que defende que a matemática deve ser ensinada de maneira crítica e contextualizada, para que os alunos compreendam sua relevância em diferentes esferas da vida.

Ao incentivar os estudantes a desenvolver pesquisas colaborativas, a prática reforçou competências como autonomia, pensamento crítico e trabalho em equipe, que vão além do aprendizado técnico da estatística. Essas habilidades são fundamentais no ensino técnico e profissional, pois preparam os alunos para lidar com situações complexas de maneira ética e eficaz. Conforme D'Ambrosio (2001), a matemática deve ser vista como uma prática humanizadora, própria para desenvolver nos estudantes a capacidade de transformar a realidade por meio do conhecimento.

Para o ensino de estatística, a aplicação dessa abordagem revelou-se eficaz ao transformar o processo de ensino-aprendizagem em uma experiência prática e dinâmica. Os alunos puderam observar como os conceitos de tabelas de frequência,

medidas de tendência central e dispersão são utilizados para interpretar dados reais e gerar informações úteis. Segundo Borochovcicius e Tortella (2014), práticas que envolvem os estudantes em problemas reais aumentam sua motivação e engajamento, permitindo-lhes compreender a aplicabilidade do conhecimento teórico.

A experiência também evidenciou a importância do professor como mediador e facilitador do aprendizado. Ao propor desafios e oferecer suporte em momentos de dúvida, o docente contribuiu para a consolidação dos conceitos trabalhados em sala. Essa mediação ativa está alinhada à visão de Skovsmose (2001), que destaca o papel do educador na criação de ambientes reflexivos, nos quais os alunos podem desenvolver suas capacidades em situações que envolvam tomada de decisões e resolução de problemas.

Do ponto de vista pedagógico, a prática destacou a necessidade de integrar metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas, ao ensino de disciplinas tradicionalmente vistas como abstratas ou distantes do cotidiano dos estudantes. Essa integração não apenas favorece o engajamento dos alunos, mas também amplia suas perspectivas sobre o papel do conhecimento estatístico em suas vidas pessoais e profissionais. Para os cursos técnicos, em especial, essa abordagem mostra-se essencial para formar profissionais críticos, criativos e capazes de enfrentar os desafios do mercado de trabalho e da sociedade contemporânea.

Por fim, as implicações dessa prática para a docência destacam a importância de inovar no ensino da estatística, promovendo a articulação entre teoria e prática e priorizando a construção coletiva do conhecimento. Essa experiência reafirma a necessidade de desenvolver práticas pedagógicas que valorizem a interação, a reflexão e a aplicabilidade dos conteúdos, tornando o aprendizado mais significativo e transformador.

Considerações finais

A prática pedagógica desenvolvida na disciplina de Estatística Básica evidenciou como a aprendizagem baseada em problemas pode transformar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente em cursos técnicos. A proposta de realizar pesquisas práticas, fundamentada em problemas reais e relevantes, proporcionou aos estudantes uma experiência significativa, que conectou a teoria à prática e fortaleceu competências essenciais para sua formação acadêmica e profissional.

Os principais resultados demonstraram um aumento expressivo na motivação e no engajamento dos alunos, que perceberam a aplicabilidade dos conceitos estatísticos em situações do cotidiano. A prática permitiu que desenvolvessem habilidades críticas e colaborativas, como a organização de dados, a interpretação de informações e a comunicação de resultados. Além disso, os desafios encontrados ao longo do processo, como a interpretação de medidas de dispersão e variabilidade, reforçaram a importância de uma mediação docente ativa e de um ambiente que valorize o questionamento e a reflexão.

Essa experiência pedagógica também reafirmou a relevância de integrar metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas, ao ensino de disciplinas tradicionalmente vistas como abstratas. Tal abordagem não apenas amplia a compreensão dos alunos sobre o papel da estatística, mas também contribui para a formação de cidadãos críticos, capazes de usar o conhecimento para analisar e transformar a realidade. A articulação entre teoria e prática, destacada por autores como Skovsmose (2001) e D'Ambrosio (2001), mostrou-se central para tornar o aprendizado significativo e para preparar os estudantes para os desafios do mundo

contemporâneo.

Como reflexão final, destaca-se que práticas como essa podem servir de referência para outras disciplinas e contextos educacionais, promovendo o protagonismo do aluno e o desenvolvimento de competências transversais. Futuras pesquisas poderiam explorar o impacto de metodologias ativas no ensino de outras áreas do conhecimento, investigando como essas abordagens contribuem para a construção de aprendizagens mais críticas e humanizadoras. Além disso, práticas pedagógicas como essa abrem espaço para inovações que valorizem a participação dos estudantes, fomentem o trabalho em equipe e conectem o aprendizado escolar às demandas da sociedade.

Por fim, essa experiência confirma a importância de um ensino que vá além da mera transmissão de conteúdos, priorizando a formação integral do aluno. A estatística, quando ensinada de forma contextualizada e colaborativa, revela-se uma ferramenta poderosa para compreender o mundo e participar ativamente de sua transformação, contribuindo para a construção de uma educação mais crítica, inclusiva e conectada às realidades contemporâneas.

Referências

BALACHOWSKI, M. M. Tendências na sala de aula de estatística desde os padrões da NCTM. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ENSINO DE ESTATÍSTICA – ICOTS, 5., 1998, Singapura. **Anais [...]**. Singapura: Associação Internacional para Educação Estatística, 1998. Disponível em: <https://iaseweb.org/documents/papers/icots5/topic2s.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025.

BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. **New Directions for Teaching and Learning**, n. 68, p. 3–12, 1996. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tl.37219966804>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem baseada em problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 22, n. 83, p. 263–294, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/QQXPb5SbP54VJtpmvThLBTc/?format=pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos**. Brasília: MEC, 2008.

CAMPOS, T. M. L. **O ensino da estatística e o desenvolvimento do pensamento estatístico**: uma proposta para o ensino fundamental. 2008. 213 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2008.

CAZORLA, I. S.; BRITO, R. A. A. (org.). **Educação estatística**: pesquisas e práticas para a formação de professores. São Paulo: Livraria da Física, 2019.

D’AMBROSIO, U. **Etnomatemática**: elo entre as tradições e a modernidade. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 23. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FULLAN, M.; HARGREAVES, A. **A escola como organização aprendente**: buscando uma educação de qualidade. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

GAL, I. Adult statistical literacy: meanings, components, responsibilities. **International Statistical Review**, v. 70, n. 1, p. 1–25, 2002. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1403713>. Acesso em: 3 abr. 2025.

GARFIELD, J. B. (ed.). **The challenge of developing statistical literacy, reasoning, and thinking**. Dordrecht: Springer, 2002.

GRANT, M. M. Getting a grip on project-based learning: teoria, casos e recomendações. **Meridian: A Middle School Computer Technologies Journal**, v. 5, n. 1, p. 83, 2002. Disponível em: <https://www.ncsu.edu/meridian/win2002/514/project-based.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2025.

HERNÁNDEZ, F.; VENTURA, M. **A organização do currículo por projetos de trabalho**: o conhecimento é um caleidoscópio. Porto Alegre: Artmed, 1998.

IFPA – INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ. **Projeto pedagógico do curso técnico em Manutenção e Suporte em Informática**: modalidade subsequente. Conceição do Araguaia: Instituto Federal do Pará, 2023.

JOLLIFFE, F. **Assessment methods in statistical education**: an international perspective. Chichester: Wiley, 2007.

KILPATRICK, W. H. The project method. **Teachers College Record**, v. 19, n. 4, p. 319–335, 1918. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016146811801900404>. Acesso em: 3 abr. 2025.

LORENZATO, S. **O que é, afinal, uma boa explicação em aula de matemática?** Campinas: Autores Associados, 2006.

MORAES, L. C.; MACHADO, M. C. Metodologias ativas na educação profissional e tecnológica: possibilidades para a integração curricular. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, n. 10, p. 8–17, 2017. Disponível em: <https://cadernose-tec.org.br/rbep/article/view/748>. Acesso em: 3 abr. 2025.

PARRILLA LATAS, M. A. **Apoyo a la escuela**: un proceso de colaboración. Bilbao: Mensajero, 1996.

PETOCZ, P.; REID, A. Learning and assessment in statistics. *In*: IASE/ISI SATELLITE CONFERENCE ON ASSESSING STUDENT LEARNING IN STATISTICS, 2007, Lisboa. **Proceedings** [...]. Lisboa: International Association for Statistical Education, 2007. Disponível em: <https://researchers.mq.edu.au/en/publications/learning-and-assessment-in-statistics>. Acesso em: 3 abr. 2025.

PONTE, J. P.; BRANCO, N.; OLIVEIRA, H. Exploração de situações reais e desenvolvimento do sentido estatístico. **Bolema – Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 26, n. 42A, p. 1–23, 2012.

SKOVSMOSE, O. **Educação matemática crítica**: a questão da democracia. Campinas, SP: Papirus, 2001.

SKOVSMOSE, O.; BORBA, M. Metodologia de pesquisa e educação matemática crítica. *In*: VALERO, P.; ZEICHNER, K. M. (org.). **Pesquisando as dimensões sociopolíticas da educação matemática**: questões de poder na teoria e na metodologia. Boston: Springer US, 2004. p. 207–226.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Capítulo 8

Pensamento criativo e inovador potencializado pela computação evolucionária

Denis Carlos Lima Costa

Heictor Alves de Oliveira Costa

Hugo Carlos Machado da Silva

Silvio Tadeu Teles da Silva

A nossa existência é orientada por escolhas.

Essas escolhas geram inúmeros resultados,

com diversos cenários.

Otimizar é encontrar o corte transversal dessas

realidades prováveis.

Introdução

A inserção das tecnologias digitais nos cenários educacionais, juntamente com as discussões sobre elas, data de mais de 30 anos. Vai desde o início, com a chegada de computadores nas escolas para uso dos estudantes, perpassando pelo uso da internet, de jogos digitais, de aplicativos, até o cenário atual, com a “chegada” da Inteligência Artificial (IA), a exemplo dos tutores inteligentes, dos softwares para detecção de plágio, das assistentes virtuais, da personalização de ensino, da aprendizagem

adaptativa, dentre outras aplicações que temos hoje (Alves, 2023).

Muitas discussões têm tido como foco o pensamento sobre a exclusão do profissional em detrimento do trabalho realizado por máquinas, alegando-se possíveis riscos futuros no uso exacerbado da tecnologia nesse sentido. Para Alves (2023), porém, uma tecnologia dotada de IA não irá excluir a nossa capacidade de pensar, de tomar decisões e de solucionar problemas; pelo contrário: ela pode e deve ser utilizada em nosso favor, quando criamos diferentes maneiras de apropriações e interações com esse artefato para construir novas trilhas de aprendizagem.

Há bastante tempo, os documentos oficiais que orientam a educação no Brasil têm apontado para o uso de tecnologias, tanto a utilização dela para o desenvolvimento do aluno quanto no desenvolvimento deste para a expansão dela (Brasil, 2023).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento orientador do ensino na educação básica da atualidade, aponta para a urgência de formar o cidadão para um mundo cada vez mais tecnológico. Assim, em umas das competências gerais que ela prevê que o estudante desenvolva, diz-se que ele deve “exercitar a curiosidade intelectual [...] para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas” (Brasil, 2018, p. 9). Aprofunda a sugestão a partir da competência geral 5, que prevê que o aluno precisa

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p. 9).

Para o ensino de matemática, em relação às competências específicas da área no ensino fundamental, elencamos duas. A primeira, competência específica 5, diz que o aluno deve “utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados”. Já a competência específica 6 diz que o aluno deve “enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, incluindo-se situações imaginadas [...] utilizando diferentes registros e linguagens (gráficos, tabelas, texto na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados)” (Brasil, 2018, p. 267).

No que tange aos processos matemáticos, destaca-se que

Os processos matemáticos de resolução de problemas, de investigação, de desenvolvimento de projetos e da modelagem podem ser citados como formas privilegiadas da atividade matemática, motivo pelo qual são, ao mesmo tempo, objeto e estratégia para a aprendizagem ao longo de todo o Ensino Fundamental. Esses processos de aprendizagem são potencialmente ricos para o desenvolvimento de competências fundamentais para o letramento matemático (raciocínio, representação, comunicação e argumentação) e para o desenvolvimento do pensamento computacional (Brasil, 2018, p. 266).

Mais adiante, expõe-se ainda que “outro aspecto a ser considerado é que a aprendizagem de Álgebra [...] pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento computacional dos alunos” e vice-versa, quando diz que “[...] A linguagem algorítmica tem pontos em comum com a linguagem algébrica, sobretudo em relação ao conceito de variável [...] e à identificação de padrões para se estabelecer generalizações, propriedades e algoritmos” (Brasil, 2018, p. 271).

Em relação ao ensino superior, mais especificamente aos cursos de tecnologia, indica-se que o ensino seja ofertado de forma a:

- I – Incentivar o desenvolvimento da capacidade empreendedora e **da compreensão do processo tecnológico, em suas causas e efeitos;**
- II – Incentivar a produção e a inovação científico-tecnológica, e suas respectivas aplicações no mundo do trabalho;
- III – Desenvolver **competências profissionais tecnológicas, gerais e específicas, para a gestão de processos e a produção de bens e serviços;**
- IV – Propiciar a compreensão e a avaliação dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da produção, gestão e incorporação de novas tecnologias;
- V – **Promover a capacidade de continuar aprendendo e de acompanhar as mudanças nas condições de trabalho,** bem como propiciar o prosseguimento de estudos em cursos de pós-graduação; [...] (Brasil, 2002, p. 2, grifos nossos).

Fica evidente, por meio dessas orientações, que o aluno deve saber bem mais do que algoritmos e formas mecânicas de resolver problemas fechados fornecidos pelo professor, que por vezes possui contextos desconexos ou que não conseguem gerar um nível de complexidade próximo ao da realidade do mercado, tampouco podem ser extrapolados para cenários possíveis, mas não imaginados até o momento. Os documentos oficiais e a teoria educacional da atualidade direcionam o ensino visando ao protagonismo do aluno, a valorização de sua criatividade, criticidade e imaginação.

A partir do exposto, ficam evidentes as possibilidades e potencialidades do ensino de matemática (e outros componentes escolares) por meio de tecnologias. Dessa forma, neste capítulo, serão tratadas aplicações de computação evolucionária para o âmbito do ensino superior – graduações e pós-graduações. No entanto, as estratégias apresentadas poderão ser adaptadas para a educação básica, sobretudo para

o ensino médio.

O ser humano possui a capacidade de raciocínio e lógica, que lhe permite compreender o espaço que ocupa e as relações que estabelece. Sob esse pressuposto, as habilidades desenvolvidas pelo indivíduo e suas competências promovem a evolução do pensamento, abrangendo aspectos filosóficos, epistemológicos e tecnológicos. No que concerne a este último aspecto, surge a discussão sobre a IA. Sendo um campo composto por diversas técnicas que tentam performar, em máquinas, comportamentos similares aos encontrados na natureza, por meio de processos matemáticos e métodos computacionais, a Inteligência Artificial, ou simplesmente IA, inclui sistemas especialistas, processamento de linguagem natural, reconhecimento de fala, visão de máquina, redes neurais artificiais e algoritmo genético como alguns exemplos.

Com um treinamento avançado, a IA pode executar ações ou funções semelhantes aos humanos, conforme o nível de dificuldades que foi configurado. Para Song (2017), um agente pedagógico (agente ensinável), por exemplo, é um modelo de software educacional que tem características humanas e é projetado para dar suporte aos estudantes em ambientes de aprendizagem online. A oportunidade do desenvolvimento autônomo do estudante, tendo como suporte as IA, vem sendo evidenciada na contemporaneidade educacional pós-quarentena. Sistemas baseados em IA possuem a capacidade de aplicar regras lógicas, previamente estabelecidas por seres humanos, e confrontá-las com um conjunto de dados disponíveis, a fim de obter resultados e gerando aprendizado. Destaca-se que o emprego de IA na educação está cada vez mais popular, principalmente aquelas que usam plataformas de conversas.

A IA tem provocado uma excitação no pensamento criativo e inovador em vários campos, especialmente no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos. O uso rotinei-

ro da IA poderá alterar nossas habilidades acadêmicas, cobrindo-nos por uma tecnologia cada vez mais sofisticada. Gao (2020) estima que, com o desenvolvimento da tecnologia de computadores, a IA continuará a se expandir e inovar, permitindo que os estudantes desenvolvam e aprimorem mais habilidades matemáticas e cognitivas no aprendizado, desenvolvendo, assim, o pensamento crítico e reflexivo dentro da sociedade. Partindo dessa premissa, para o ensino superior, foco deste capítulo, entende-se que a tecnologia tem como atribuição aperfeiçoar o pensamento humano, aprimorando o processo educacional. Para essa etapa dos estudos, percebe-se que a IA ajuda os estudantes a encontrar soluções mais simples, com maior precisão e em um menor intervalo de tempo, de tal modo que otimiza os processos estabelecidos.

Grande parte das informações repassadas nas aulas pode ser facilmente acessada pelos estudantes usando os softwares que disponibilizam o uso da IA. Popeni e Kerr (2017) indicam que, nesta geração, os estudantes estão mais inclinados a aprender e explorar novos conhecimentos de forma independente. Dessa maneira, essa ferramenta influenciadora pode ajudar os estudantes nas suas explorações científicas, despertando a autonomia e o sentimento de inovação. Todavia, conforme avisam Cope, Kalantzis e Sears (2020), a IA não pode, em hipótese alguma, assumir o papel do educador, embora seja uma ferramenta integrante no processo de mediação, especialmente em simulações que buscam atribuir sentido e significado à prática do ensino.

Um caso concreto dos aspectos dialogados até aqui é o curso de bacharelado em Ciência e Tecnologia do Instituto Federal do Pará (IFPA) Campus Ananindeua, que tem, no seu projeto pedagógico, estratégias que incluem a IA no ensino e aprendizagem. Contudo, a execução bem-sucedida dessa tecnologia depende das atitudes dos professores que conduzem os componentes curriculares. Apesar do valor das ações

educacionais e técnicas pedagógicas que envolvem o uso de IA, ainda há poucos trabalhos acadêmicos que utilizam esse instrumento. Verifica-se que isso ocorre devido à falta de experiência sobre como ela, a IA, pode ser usada na sala de aula, bem como à falta de conhecimento específico sobre como seriam as ferramentas adotadas por esse recurso e como elas fariam a composição nos planos de ensino. Wardat *et al.* (2024) revelaram que a IA poderia ser usada como uma ferramenta educacional para facilitar o ensino e desenvolver o desempenho dos estudantes, incluindo sistemas e aplicações de IA nos currículos.

Uma das principais motivações ao uso da IA, especialmente do algoritmo genético (AG), está vinculada ao processo de otimização de sistemas (Costa; Costa; Neves, 2019). Determinar a solução ótima para um problema não é tão simples, principalmente, quando nos aproximamos do mundo real. Quanto maior for o número de condições de contorno e restrições do sistema, mais robusta será a estrutura matemática a ser processada. Em muitos casos, como esclarecem Costa *et al.* (2021a), o modelo matemático que explica o comportamento de um fenômeno apresenta limitações em seu conjunto domínio, dificultando as operações diferenciais em virtude da continuidade da função. Devido a isso, apresenta-se o AG como mais um recurso para potencialização dos resultados e, conseqüentemente, tomada de decisão.

Dessa maneira, como forma de ampliar o uso da IA no ensino e, por consequência, na pesquisa, este capítulo tem como principal finalidade apresentar o AG como um modelo, fundamentado nas ações biológicas, capaz de encontrar o melhor valor de uma função matemática e proporcionar uma oportunidade de aprendizado em sala de aula. Considerando que essa função representa o comportamento de um fenômeno, o AG será capaz de encontrar a solução que melhor satisfaça as condições e restrições nas quais esse fenômeno estará inserido. Tendo como premissa a função

enquanto processo que relaciona as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de dados, busca-se, dentro de condições lógico-rationais, a melhor solução possível.

Experimentos e aplicações

Excepcionalmente apresentados por Costa (2024), os algoritmos evolutivos operam em função da ideia de uma população que prospera no decurso das fases de geração ao longo de seu tempo, produzindo indivíduos melhores; então, esses indivíduos serão analisados como possíveis soluções para o problema otimizado. Para casos de minimização de processos, o indivíduo que apresentar o menor valor da função de aptidão, pertencente ao domínio da função, será a melhor solução disponível. Em destaque, Costa (2024) cita o algoritmo genético (AG) como uma das principais estratégias de otimização, uma vez que o AG assimila a dinâmica primária do neoevolucionismo darwinista (Holland, 1992). Nesse algoritmo, a população escolhe seus melhores indivíduos para o cruzamento e, a partir daí, instaura um fator de mutação para simular o comportamento estocástico presente na observação da natureza.

O AG é uma excepcional técnica para comparar a dispersão dos dados. A geração inicial é uniformemente distribuída por todo o espaço de busca (domínio da função), conforme indicam Costa e Oliveira (2024). Isso aumenta os efeitos de seleção, cruzamento e mutação na população, imitando os efeitos de fenômenos biológicos, como mostra a figura 1.

A seguir, serão apresentados experimentos que poderão ser replicados por docentes e discentes em aulas práticas, buscando atribuir significância e sentido aos conceitos estudados em matemática e física e, de forma inovadora, executar simulações em ambiente computacional. Para isso, optamos por utilizar a linguagem Oc-

tave, por se tratar de um ambiente de software aberto para computação numérica, similar ao Matlab. Como o Octave tem a característica de ser livre e de código aberto, julgamos ter bastante acessibilidade e flexibilidade, no entanto, as práticas apresentadas a seguir podem ser implementadas em outro ambiente da preferência do professor.



Figura 1 – Representação do algoritmo genético
Fonte: autores (adaptado de Costa e Oliveira, 2024)

Experimento 1. Considere uma partícula em movimento ao longo de uma reta, livre da ação do atrito, de acordo com a função horária dada pela expressão (1) (no SI), em que P é posição da partícula em um instante t (Costa et al., 2021a).

$$p(t) = p_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a_0 t^2 + \frac{1}{6} A_0 t^3 + \frac{1}{12} a_p t^4 \quad (1)$$

em que, $p_0 \rightarrow$ posição inicial (m); $v_0 \rightarrow$ velocidade inicial ($\frac{m}{s}$); $t \rightarrow$ instante de tempo (s); $a_0 \rightarrow$ aceleração inicial ($\frac{m}{s^2}$); $A_0 \rightarrow$ arranque inicial ($\frac{m}{s^3}$); $a_p \rightarrow$ aceleração ponderada ($\frac{m}{s^4}$). Considerando $p_0 = 0$, $v_0 = 12$, $a_0 = -14$, $A_0 = 6$ e $a_p = 0$, tem-se que

$$p(t) = t^3 - 7t^2 + 12t \quad (2)$$

A modelagem computacional de (2), desenvolvida em linguagem Octave (GNU Octave, 2024), está representada na figura 2.

```

1  % Modelagem Matemática-Computacional
2  % Domínio da função: t --> variável independente
3  t = [0:0.05:5];
4  % Polinômio: p(t) --> pt
5  pt = t.^3 - 7*t.^2 + 12*t;
6  % Coeficientes do Polinômio pt: cp
7  cp = [1 -7 12 0];
8  % Cálculo das raízes (zeros) de p(t): roots(cp)
9  zeros = roots(cp);
10 % Valor numérico do polinômio para t0: polyval(cp,t0)
11 t0 = [0.5;2.7;4.4]; p0 = polyval(cp,t0);
12 % Representação Gráfica de p(t): plot
13 plot(t,pt,'b','linewidth',2)
14 xlabel('t [s]') % Título do eixo x
15 ylabel('P [m]') % Título do eixo y
16 title('Função Polinomial do 3º grau') % Título do diagrama
17 % Legenda do diagrama
18 legend('P = f(t)', 'Location', 'Northwest', 'NumColumns', 1)
19 grid on % Linhas de grade
20 disp('=====')
21 disp('>>>>> Zeros da função <<<<')
22 fprintf(' t1 = %.2f \n', zeros(3:3))
23 fprintf(' t2 = %.2f \n', zeros(2:2))
24 fprintf(' t3 = %.2f \n', zeros(1:1))
25 disp('>>>>> Interpolação <<<<')
26 fprintf(' t = %.2f \n', t0(1:1))
27 fprintf(' -> p = %.2f \n', p0(1:1))
28 fprintf(' t = %.2f \n', t0(2:2))
29 fprintf(' -> p = %.2f \n', p0(2:2))
30 fprintf(' t = %.2f \n', t0(3:3))
31 fprintf(' -> p = %.2f \n', p0(3:3))
32 disp('=====')
```

Figura 2 – Script-1a para representação da função (2)

Fonte: autores (adaptado de Costa et al., 2021a)

Os resultados da simulação computacional, em linguagem Octave, estão exibidos na figura 3.

```
=====
>>>> Zeros da função <<<<
      t1 = 0.00
      t2 = 3.00
      t3 = 4.00
>>>> Interpolação <<<<
      t = 0.50
      -> p = 4.38
      t = 2.70
      -> p = 1.05
      t = 4.40
      -> p = 2.46
=====
```

Figura 3 – Display Octave

Fonte: elaborado pelos autores

O comportamento desse fenômeno, as raízes da função (2) e os valores interpolados podem ser observados no gráfico da figura 4.

A fim de encontrar o valor ótimo de (2), aplica-se AG, destacado no Script-1b, conforme mostra a figura 5. Os resultados estão exibidos na figura 6 e, graficamente, na figura 7.


```

=====
Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural
Autores:
Denis Costa, Heitor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva
Grupo de Pesquisa:
GM²SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional
=====

>>>>>> Valores ótimos determinados pelo AG <<<<<<<
  Instante: t = 3.54 [t]
  Posição: P = -0.88 [m]
=====

```

Figura 6 – Resultados ótimos via algoritmo genético

Fonte: autores

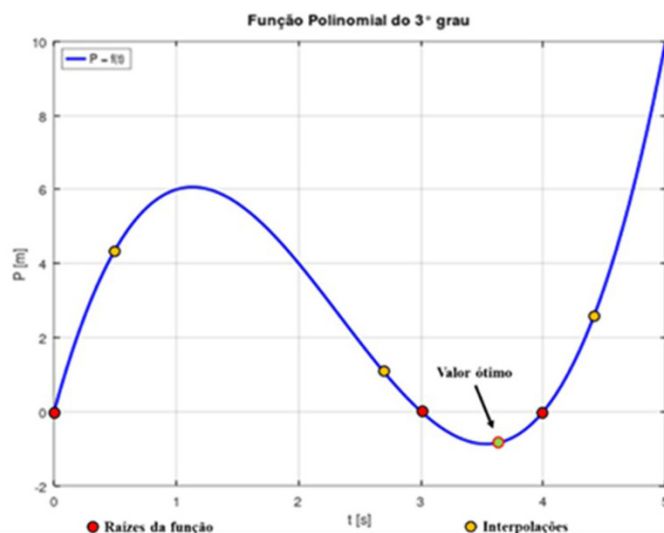


Figura 7 – Representação gráfica dos resultados

Fonte: autores

Experimento 2. Em Costa et al. (2021a), foi realizada uma análise do movimento de uma partícula com a intenção de identificar a sua localização em função das posições (em). O modelo matemático que descreve esse fenômeno é dado por uma função multivariável representada pela expressão (3).

$$z(x, y) = 2x^2 - 4y^2 + 3 \quad (3)$$

O modelo computacional para avaliar o comportamento dado por (3) está apresentado na figura 8. A sua representação gráfica está exibida na figura 9.

Figura 8 – Script para a localização z

Fonte: elaborada pelos autores (adaptado de Costa et al., 2021a)

```
1  % Visualização do Espaço de busca para o AG
2  [x,y] = meshgrid(-10:0.5:10);
3  % Função (3)
4  z = 2*x.^2-4*y.^2+3;
5  % Gráfico: comando surf
6  surf(x,y,z)
7  xlabel('Valores de x')
8  ylabel('Valores de y')
9  zlabel('Valores de z')
10 title('Localização z em função de x,y')
11 legend('z(x,y) = 2x^2 - 4y^2 + 3')
12 grid on
```

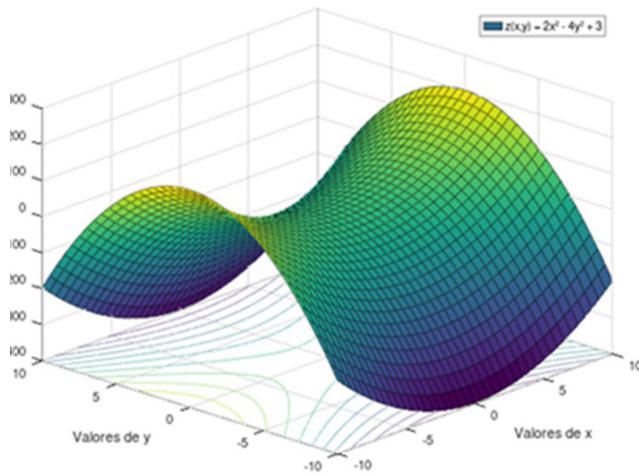


Figura 9 – Superfície definida por (3)

Fonte: elaborada pelos autores

O AG foi aplicado para encontrar o melhor conjunto de pontos modelados em (3), conforme indicado na figura 10.

```

1 disp('=====')
2 disp('Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural')
3 disp('Autores: ')
4 disp('Denis Costa, Heitor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva')
5 disp('Grupo de Pesquisa: ')
6 disp(' GM²SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional')
7 disp('=====')
8 disp('')
9 % Instalar a package GA: https://octave.sourceforge.io/ga/index.html
10 % Carregar a package GA: pkg ga load
11 % Função de avaliação
12 z = @(x) 2*x(1).^2 - 4*x(2).^2 + 3;
13 % Número de variáveis independentes
14 nvars = 2;
15 % Restrições do sistema
16 % x1 + x2 ≤ 8
17 % -x1 - x2 ≤ 7 (x1 + x2 > -7)
18 A = [1 1; -1 -1]; b = [8; 7];
19 % Intervalo de observação
20 lb = [-10]; ub = [10];
21 % Controles do Algoritmo Genético
22 [x,fval] = ga(z,nvars,A,b,[],[],lb,ub);
23 disp('=====>>>> Valores ótimos determinados pelo AG <<<<====')
24 fprintf('          x = %.2f [µm]\n', x(:,1))
25 fprintf('          y = %.2f [µm]\n', x(:,2))
26 fprintf('          z = %.2f [µm]\n', fval)
27 disp('=====')

```

Figura 10 – Algoritmo genético aplicado a uma função com múltiplas variáveis

Fonte: elaborada pelos autores

Os resultados encontrados pelo AG para (3) estão exibidos nas figuras 11 e 12.

```
=====
Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural
Autores:
Denis Costa, Heictor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva
Grupo de Pesquisa:
GM2SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional
=====

>>>> Valores ótimos determinados pelo AG <<<<
      x = -3.77 [μm]
      y = 1.77 [μm]
      z = -18.91 [μm]
=====
```

Figura 11 – Valores ótimos de x, y, z

Fonte: elaborada pelos autores

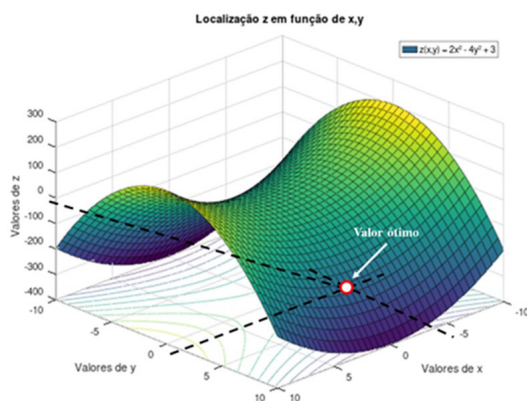


Figura 12 – Valores ótimos de x, y, z

Fonte: elaborada pelos autores

Experimento 3. Costa (2024) apresenta o problema envolvendo vaso de pressão, cujo objetivo é determinar o menor custo (em \$), que inclui materiais, moldagem e soldagem. Esse custo de construção é composto por quatro variáveis, relacionadas à geometria do vaso (mm/\$), medidas em centímetros, conforme mostrado na figura 13.

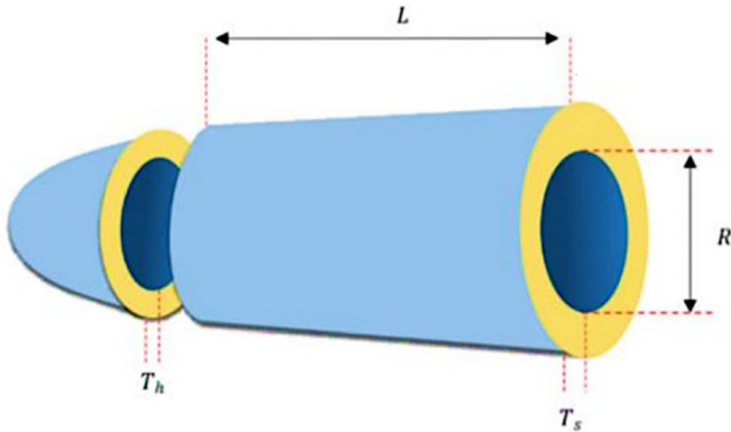


Figura 13 – Estrutura do vaso de pressão

Fonte: Yang (2023)

A variável x_1 está relacionada à espessura T_s ; x_2 é a variável da espessura T_h ; o raio R é uma função de x_3 ; o comprimento L é uma função de x_4 . Ou seja: $T_s = f(x_1)$; $T_h = f(x_2)$; $R = f(x_3)$ e $L = f(x_4)$. A função a ser minimizada está representada pela expressão (4).

$$C = 0,6224 x_1 x_3 x_4 + 1,7781 x_2 x_3^2 + 3,1661 x_1^2 x_4 + 19,84 x_1^2 x_3 \quad (4)$$

As restrições estruturais estão representadas pelo sistema de inequações (5).

$$\begin{cases} -x_1 + 0,0193 x_3 \leq 0 \\ -x_2 + 0,00954 x_3 \leq 0 \\ -\pi x_3^2 x_4 - \frac{4}{3} \pi x_3^3 + 1296000 \leq 0 \\ x_4 - 240 \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

O conjunto Domínio, para análise das variáveis, está definido nos intervalos a seguir:

$$0,1 \leq x_i \leq 100 \text{ para } i = 1 \text{ e } 2.$$

$$10 \leq x_i \leq 200 \text{ para } i = 3 \text{ e } 4.$$

O modelo computacional, implementado em linguagem Octave, para execução do AG no caso 3, apresenta-se na figura 14a. Destaca-se, nesse script, a inclusão de uma inequação, não linear, como uma das restrições do fenômeno. Essa restrição recebe uma rotina que deverá ser executada paralelamente ao código principal, como destaca a figura 14b. Esse tipo de incorporação de restrição é uma das grandes vantagens apresentadas pelas estratégias de computação evolucionária. No AG, em especial, a sub-rotina restrição deverá estar no mesmo diretório do código-fonte principal. A sua ativação é feita mediante o comando `@(x)restricao(x, a1)`, sendo `x` o conjunto de variáveis independentes e `a1`, a constante de característica, ou seja, o fator de viés.

Os resultados, para o caso 3, encontrados pelo AG estão mostrados na figura 15.

```

1 disp('-----')
2 disp('Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural')
3 disp('Autores: ')
4 disp('Denis Costa, Heitor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva')
5 disp('Grupo de Pesquisa: ')
6 disp(' GM*SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional')
7 disp('-----')
8 disp('')
9
10 % Instalar a package GA: https://octave.sourceforge.io/ga/index.html
11 % Carregar a package GA: pkg ga load
12 % Função de avaliação
13 c = @(x) 0.6224*x(1).*x(3).*x(4) + 1.7781*x(2).*x(3).^2 + ...
14 | | | 3.1661*x(1).^2*x(4) + 19.84*x(1).^2.*x(3);
15 % Número de variáveis independentes
16 nvars = 4;
17 % Restrições do sistema
18 % -x(1)+0.0193*x(3) ≤ 0
19 % -x(2)+0.00954*x(3) ≤ 0
20 % -n*x(3)^2*x(4)-4/3*n*x(3)^3+1296000 ≤ 0
21 % x(4)-240 ≤ 0
22 A = [-1 0 0.0193 0; 0 -1 0.00954 0; 0 0 0 1]; b = [0; 0; 240];
23 % Intervalo de observação
24 lb = [0.1; 0.1; 10; 10]; ub = [100; 100; 200; 200];
25 % Constante de viés: a1
26 a1 = 1296000;
27 % Controles do Algoritmo Genético
28 % Subrotina: restricao
29 [x,fval] = ga(c,nvars,A,b,[],[],lb,ub,@(x)restricao(x,a1));
30 disp('>>>> Valores ótimos determinados pelo AG <<<<')
31 fprintf('          x1 = %.2f [cm]\n', x(:,1))
32 fprintf('          x2 = %.2f [cm]\n', x(:,2))
33 fprintf('          x3 = %.2f [cm]\n', x(:,3))
34 fprintf('          x4 = %.2f [cm]\n', x(:,4))
35 fprintf('          C = %.2f [mm/$]\n', fval)
36 disp('-----')

```

Figura 14a – Algoritmo genético para o caso de estudo 3

Fonte: elaborada pelos autores

```

1 function [c,ceq] = restricao(x,a1)
2
3     % Restrição de desigualdade, não linear: c
4     c = [-pi*x(3).^2*x(4) - 4/3*pi*x(3).^3 + a1];
5     % Sem restrição de igualdade, não linear:ceq
6     ceq = [];
7 % Subrotina complementar ao AG: execução paralela

```

Figura 14b – Sub-rotina para inequação de restrição não linear

Fonte: elaborada pelos autores

```

=====
Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural
Autores:
Denis Costa, Heictor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva
Grupo de Pesquisa:
GM²SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional
=====
Optimization finished: norm of the step is less than 2.2204e-16 and
>>>> Valores ótimos determinados pelo AG <<<<
      x1 = 3.01 [cm]
      x2 = 1.51 [cm]
      x3 = 154.32 [cm]
      x4 = 193.91 [cm]
      C = 153218.09 [mm/$]
=====

```

Figura 15 – Valores ótimos do algoritmo genético para o caso 3

Fonte: autores

Experimento 4. Como apresentado em Chapra (2018), a pressão e a temperatura da atmosfera estão em constante mudança, influenciadas por uma série de fatores, como por exemplo altitude, latitude, longitude, hora do dia e estação. Para realizar uma análise relevante sobre o design e o desempenho dos veículos de voo, temos que considerar todas essas variações. Portanto, uma atmosfera ótima é frequentemente usada para fornecer aos engenheiros e cientistas uma referência comum para

suas pesquisas e desenvolvimento. A atmosfera padrão internacional é um desses modelos de como as condições da atmosfera da Terra mudam em uma ampla faixa de altitudes ou elevações. A tabela 1 mostra os valores de temperatura e pressão em altitudes selecionadas.

Tabela 1 – Valores da atmosfera padrão

Camada	Base Geopotencial (km)	Taxa de Lapso (°C/km)	Temperatura (°C)	Pressão (Pa)
Troposfera	0	–6,5	15	101,325
Tropopausa	11	0	–56,5	22,632
Estratosfera	20	1	–56,5	5474,9
Estratosfera	32	2,8	–44,5	868,02
Estratopausa	47	0	–2,5	110,91
Mesosfera	51	–2,8	–2,5	66,939
Mesosfera	71	–2	–58,5	3,9564
Mesopausa	84,852	–1	–86,28	0,3734

Fonte: Chapra (2018)

A partir da estratégia de inteligência computacional, aplica-se o método de regressão não linear, a fim de encontrar a melhor curva de resposta para, então, determinar os valores ótimos às relações:

- Temperatura em função da Base Geopotencial $\rightarrow T = f(Geo)$ e Temperatura em função da Taxa de Lapso $\rightarrow T = f(Taxa)$;
- Pressão em função da Base Geopotencial $\rightarrow P = f(Geo)$ e Pressão em função da Taxa de Lapso $\rightarrow P = f(Taxa)$.

Para melhor compreensão do processo, o código-fonte curva de resposta será apresentado em duas partes:

A primeira parte, apresentada na figura 16, destaca os comandos para implementar a curva de resposta e a estimação de novos valores. Foram aplicados modelos quadráticos, contudo, estruturas polinomiais mais complexas poderão ser utilizadas. Os valores da base geopotencial e taxa de lapso são utilizados como variáveis independentes. Temperatura e pressão, separadamente, são as variáveis dependentes. E, ainda, com o objetivo de avaliar a qualidade das curvas de resposta, aplicou-se o coeficiente de determinação. Como a relação de causalidade já fora estipulada em Chapra (2018), o valor de R^2 refere-se à confiabilidade do ajuste.

```

1  clc,clf;
2  disp('-----')
3  disp('Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natu
4  disp('Autores: ')
5  disp('Denis Costa, Heitor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva')
6  disp('Grupo de Pesquisa: ')
7  disp('GM²SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacion
8  disp('-----')
9  disp('')
10 % Composição das Curvas de Resposta:
11 % Vetores X: Xg e Xt
12 Xg = [0 11 20 32 47 51 71 84.852];
13 Xt = [-6.5 0 1 2.8 0 -2.8 -2 -1];
14 % Vetores Y: T e P
15 T = [15 -56.5 -56.5 -44.5 -2.5 -2.5 -58.5 -86.28];
16 P = [101.325 22.632 5474.9 868.02 110.91 66.939 3.9564 0.3734];
17 % Curva de Resposta para T = f(Xg)
18 CTXg = polyfit(Xg,T,2);
19 % Valores estimados para T: TXg
20 TXg = polyval(CTXg,Xg);
21 % Curva de Resposta para T = f(Xt)
22 CTXt = polyfit(Xt,T,2);
23 % Valores estimados para T: TXT
24 TXT = polyval(CTXt,Xt);
25 % Curva de Resposta para P = f(Xg)
26 CPXg = polyfit(Xg,P,2);
27 % Valores estimados para P: TPXg
28 PXXg = polyval(CPXg,Xg);
29 % Curva de Resposta para P = f(Xt)
30 CPXt = polyfit(Xt,P,2);
31 % Valores estimados para P: TPXt
32 PXT = polyval(CPXt,Xt);
33 % Precisão: Valores de R²
34 r2_CTXg = cov(Xg,TXg) / (std(Xg) * std(TXg));
35 r2_CTXt = cov(Xt,TXT) / (std(Xt) * std(TXT));
36 r2_CPXg = cov(Xg,PXXg) / (std(Xg) * std(PXXg));
37 r2_CPXt = cov(Xt,PXT) / (std(Xt) * std(PXT));
38 %-----
39 disp('>>>>> Coeficientes das Curvas de Resposta <<<<<<')
40 disp('')
41 disp('Temperatura em função da Base Geopotencial')
42 fprintf('      CTXg: a = %.4f x²\n', CTXg(:,1))
43 fprintf('      CTXg: b = %.4f x\n', CTXg(:,2))
44 fprintf('      CTXg: c = %.4f \n', CTXg(:,3))
45 disp('Temperatura em função da Taxa de Lapso')
46 fprintf('      CTXt: a = %.4f x²\n', CTXt(:,1))
47 fprintf('      CTXt: b = %.4f x\n', CTXt(:,2))
48 fprintf('      CTXt: c = %.4f \n', CTXt(:,3))
49 disp('')
50 disp('Pressão em função da Base Geopotencial')
51 fprintf('      CPXg: a = %.4f x²\n', CPXg(:,1))
52 fprintf('      CPXg: b = %.4f x\n', CPXg(:,2))
53 fprintf('      CPXg: c = %.4f \n', CPXg(:,3))
54 disp('Pressão em função da Taxa de Lapso')
55 fprintf('      CPXt: a = %.4f x²\n', CPXt(:,1))
56 fprintf('      CPXt: b = %.4f x\n', CPXt(:,2))
57 fprintf('      CPXt: c = %.4f \n', CPXt(:,3))
58 disp('')
59 disp('>>>>>>> Precisão das Curvas de Resposta <<<<<<<<')
60 fprintf('      CTXg: R² = %.4f \n', abs(r2_CTXg))
61 fprintf('      CTXt: R² = %.4f \n', abs(r2_CTXt))
62 fprintf('      CPXg: R² = %.4f \n', abs(r2_CPXg))
63 fprintf('      CPXt: R² = %.4f \n', abs(r2_CPXt))
64 disp('-----')

```

Figura 16 – Script curva de resposta – parte 1

Fonte: elaborada pelos autores

```

65 % Representações Gráficas:
66 % T = f(Xg)
67 subplot(2,2,1)
68 plot(Xg,T,'or','LineWidth',2,Xg,Txg,'sb','LineWidth',2)
69 xlabel('Base Geopotencial (km)')
70 ylabel('Temperatura (°C)')
71 legend('Factuais','Ajustados')
72 grid on
73 % T = f(Xp)
74 subplot(2,2,2)
75 plot(Xt,T,'or','LineWidth',2,Xt,Txt,'sb','LineWidth',2)
76 xlabel('Taxa de Lapso (°C/km)')
77 ylabel('Temperatura (°C)')
78 legend('Factuais','Ajustados')
79 grid on
80 % P = f(Xg)
81 subplot(2,2,3)
82 plot(Xg,P,'or','LineWidth',2,Xg,Pxg,'sb','LineWidth',2)
83 xlabel('Base Geopotencial (km)')
84 ylabel('Pressão (Pa)')
85 legend('Factuais','Ajustados')
86 grid on
87 % P = f(Xt)
88 subplot(2,2,4)
89 plot(Xt,P,'or','LineWidth',2,Xt,Pxt,'sb','LineWidth',2)
90 xlabel('Taxa de Lapso (°C/km)')
91 ylabel('Pressão (Pa)')
92 legend('Factuais','Ajustados')
93 grid on
94

```

Figura 17 – Script curva de resposta – parte 2

Fonte: elaborada pelos autores

A segunda parte, apresentada na figura 17, destaca os comandos para representação gráfica das curvas de respostas. Nesse caso, utilizou-se o comando subplot com o propósito de comparar cada ajuste aplicado.

A figura 18 exibe os resultados analíticos da execução do script curvas de resposta.

```
=====
Modelagem e Otimização de Sistemas utilizando a Computação Natural
Autores:
Denis Costa, Heictor Costa, Hugo Machado, Silvio da Silva
Grupo de Pesquisa:
GM²SC-Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional
=====

>>>>> Coeficientes das Curvas de Resposta <<<<<

Temperatura em função da Base Geopotencial
CTxg: a = -0.0116 x²
CTxg: b = 0.4335 x
CTxg: c = -26.6786
Temperatura em função da Taxa de Lapso
CTxt: a = 1.2902 x²
CTxt: b = -1.8553 x
CTxt: c = -48.8169

Pressão em função da Base Geopotencial
CPxg: a = -0.5521 x²
CPxg: b = 27.3156 x
CPxg: c = 1032.5291
Pressão em função da Taxa de Lapso
CPxt: a = 33.3154 x²
CPxt: b = 387.4121 x
CPxt: c = 976.5258

>>>>>> Precisão das Curvas de Resposta <<<<<<<
CTxg: R² = 0.8851
CTxt: R² = 0.8555
CPxg: R² = 0.8158
CPxt: R² = 0.9221
=====
```

Figura 18 – Resultados do código curva de resposta

Fonte: elaborada pelos autores

A figura 19 exibe as representações gráficas da execução do script curvas de res-
posta.

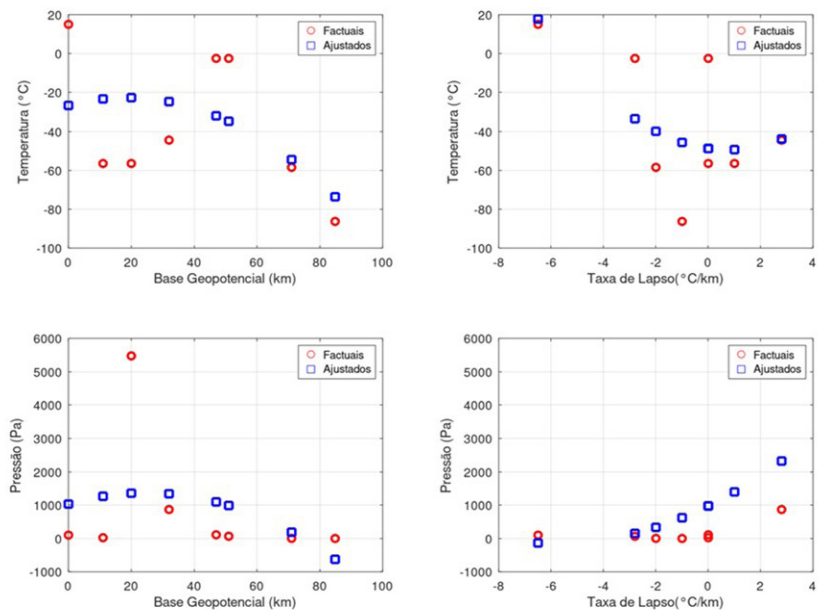


Figura 19 – Gráficos do código curva de resposta
Fonte: elaborada pelos autores

Considerações finais

A Inteligência Artificial (IA) tem gerado uma grande excitação no campo do pensamento criativo e inovador, particularmente no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos. A utilização crescente da IA pode transformar significativamente as habilidades acadêmicas, à medida que nos tornamos cada vez mais dependentes de tecnologias sofisticadas. Essa tendência é reforçada pelo avanço contínuo em dispositivos como computadores, celulares e tablets, que possuem capacidades de processamento cada vez maiores. Esse paradigma tecnológico levanta importantes questões sobre o processo de ensino-aprendizagem.

A integração da tecnologia com o desenvolvimento científico tem desafiado e redefinido o próprio conceito de método científico. No âmbito do curso de bacharelado em Ciência e Tecnologia do IFPA Campus Ananindeua, o projeto pedagógico aborda estratégias que incorporam a IA no processo educativo. No entanto, é fundamental que a IA seja utilizada de forma a promover o desenvolvimento do sentido e significado dos estudantes, alcançando objetivos que incentivem uma cidadania plena, o pensamento crítico e a reflexão, além de contribuir para o avanço da ciência. A implementação bem-sucedida dessa tecnologia depende das atitudes e competências dos professores responsáveis pelas disciplinas curriculares.

Este capítulo teve como objetivo explorar o algoritmo genético (AG) como um modelo inspirado em processos biológicos, capaz de encontrar o valor ótimo de uma função matemática e oferecer oportunidades de aprendizado em sala de aula. Considerando que a função matemática representa o comportamento de um fenômeno, o AG é capaz de identificar a solução que melhor atende às condições e restrições impostas por esse fenômeno. A função, enquanto processo que relaciona entradas

(input) e saídas (output) de dados, é usada para buscar a melhor solução dentro de um conjunto de condições lógico-rationais.

Para alcançar os objetivos estabelecidos, foram apresentados estudos de caso que permitiram uma análise preliminar dos conceitos, seguidos de uma estrutura breve que facilita a institucionalização do ensino, atribuindo significado aos conceitos estudados e possibilitando a realização de simulações em ambiente computacional. Essa estrutura permite a simulação de fenômenos e a aplicação dos conceitos por meio das técnicas do AG, destacando a importância dessas técnicas para comparar a dispersão dos dados. A geração inicial é uniformemente distribuída pelo espaço de busca, o que potencializa os efeitos de seleção, cruzamento e mutação na população, imitando os fenômenos biológicos, conforme indicam Costa e Oliveira (2024).

O primeiro estudo de caso envolveu o movimento e a relação entre tempo e velocidade, buscando um ponto ótimo por meio da simulação e compreensão desse fenômeno. A aplicação lógica na construção da modelagem destaca a importância dos conceitos físicos e matemáticos, e o AG é utilizado para encontrar o valor ótimo da nova função definida, oferecendo ao professor a oportunidade de discutir a aplicação do conceito ótimo.

O segundo estudo de caso abordou uma função multivariável, facilitando o desenvolvimento do pensamento funcional e a relação espacial a partir de um sistema de coordenadas. Compreendido o problema, o AG busca a melhor combinação de valores para o desenvolvimento do gráfico, enfatizando a importância da descrição computacional de imagens e permitindo ao professor explorar conceitos como funções deriváveis e o movimento preditivo das funções.

O terceiro estudo de caso tratou do problema do vaso de pressão, cujo objetivo era determinar o menor custo, incluindo materiais, moldagem e soldagem. Apesar de

exigir menos abstração, esse estudo promoveu a prática de técnicas e discussões relacionadas a heurísticas e metaheurísticas, além de proporcionar ao estudante uma experiência prática com o AG. Esse caso possibilita ao discente a prática da leitura abstrata aplicada ao real e a compreensão da estrutura da natureza por meio de modelagens lógicas racionais.

Portanto, as experiências proporcionadas pelos estudos de caso em sala de aula são valiosas pela interação entre docentes, discentes e máquinas, e promovem uma reflexão sobre a importância de a educação adotar conceitos e ferramentas computacionais. Isso permite que a educação se alinhe com a ciência e que ambas, de forma sincrônica, contribuam para o desenvolvimento social e tecnológico com o menor impacto possível.

Sugere-se que futuras pesquisas explorem a prática de ferramentas computacionais em diversos contextos, interdisciplinarizados, por exemplo, pela análise da segurança em sistemas de potência, mediante redes neurais artificiais e árvore de decisão. Também, almeja-se incorporar estratégias de metodologias ilustrativas para expressar resultados de maneira mais intuitiva, como fluxogramas para o comportamento dos algoritmos e boxplot para a dispersão dos valores obtidos pelos processos computacionais.

Referências

ALVES, Lynn (org.). **Inteligência artificial e educação**: refletindo sobre os desafios contemporâneos. Salvador: EDUFBA, 2023

BRASIL. **Lei nº 9394/96. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Brasília: 1996.

BRASIL. **Resolução CNE/CP nº 1, de 18 de fevereiro de 2002**. Brasília: Portal MEC Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01_02.pdf>. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. Institui a Política Nacional de Educação Digital. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. extra, seção 1, p. 1–4, 11 jan. 2023.

CHAPRA, Steven C. **Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists**. Berger Chair in Computing and Engineering, Tufts University. Fourth edition. New York, NY: McGraw–Hill Education. 2018.

COPE, B.; KALANTZIS, M.; SEARSMITH, D. Artificial intelligence for education: Knowledge and its assessment in AI-enabled learning ecologies. **Educational Philosophy and Theory**, 53(12), 1229–1245. <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1728732>. 2020. 2020.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; NEVES, Lucas P. **Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais**. EduCapes. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/725265>. 2019.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; SILVA, Hugo C. M. da; SILVA, Silvio T. T. da. **Matemática Computacional Aplicada à Ciência & Tecnologia**. EduCapes. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/602651>. 2021a.

COSTA, Heictor A. de O.; COSTA, Denis C. L.; FRANCÊS, Carlos R.; GOMES, Larissa L.; ROCHA, E. M.; ANDRADE, S. H. Fractional Order Differential Calculus Applied on Decision Making System to Smart Grid Management via Decision Trees. **Research, Society and Development**, [S. L.], v. 10, n. 16, p. e38101623387. DOI: 10.33448/rsd-v10i16.23387. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23387>. 2021b.

COSTA, Denis C. L.; COSTA, Heictor A. de O.; MENESES, Lair A. de; LIMA, Mara L. V. de; REIS, A. C. F.; PINHEIRO, H. F. B.; COSTA, E. F. da; SILVA, A. R. dos S. da; REIS, A. C. F.; RAIOL, F. M.; SANTOS, R. C. P. dos. Thermoelectric generation with reduced pollutants made possible by bio-inspired computing. **Research, Society and Development**, [S. L.], v. 11, n. 1, p. e7611124568. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.24568. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24568>. 2022a.

COSTA, Denis C. L.; ROSÁRIO, Danileno M. do; SUZUKI, Júlio C. Ensino-Aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia – São Paulo: FFLCH/USP. **Raízes da Educação**, v.3. ISBN 978-85-7506-411-5. DOI 10.11606/9788575064115. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/view/865/780/2863>. 2022b.

COSTA, Heictor A. de O. **Métodos de Auto Sintonização Bioinspirados para o Algoritmo Genético**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará – UFPA – Instituto de Tecnologia – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Disponível em: <https://ppgee.propesp.ufpa.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/dissertacoes/959-2024>. 2024.

COSTA, Heictor A. de O.; OLIVEIRA, Roberto. Adaptive Radiation as an Autotuning Strategy for Genetic Algorithms on Dynamic Problems. XVI Brazilian Conference on Computational Intelligence (CBIC 2023). **Anais...** Salvador, October 8th to 11th. Disponível em: https://sbic.org.br/wp-content/uploads/2023/10/pdf/CBIC_2023_paper050.pdf. 2024.

GNU OCTAVE. **High-level language, primarily intended for numerical computations.** Disponível em: <https://OCTAVE.org/>. 2024.

GAO, S. Innovative teaching of integration of artificial intelligence and university mathematics in big data environment. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 750(1), 012137. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/750/1/012137>. 2020.

HOLAND, J. H. **Adaptation in Natural and Artificial Systems.** Ann Arbor: MIT Press, 1992.

POPENICI, S. A., & KERR, S. Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, 12(22), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>. 2017.

SONG, D. Designing a teachable agent system for mathematics learning. **Contemporary Educational Technology**, 8(2), 176-190. <https://doi.org/10.30935/cedtech/6194>. 2017.

WARDAT, Yousef; TASHTOUSH, Mohammad A.; ALALI, Rommel; SALEH, Shoeb. Artificial Intelligence in Education: Mathematics Teachers, Perspectives, Practices and Challenges. **Iraqi Journal for Computer Science and Mathematics**, v. 5, n. 1, 20. DOI: <https://doi.org/10.52866/ijcsm.2024.05.01.004>. 2024.

YANG, Xu; LI, Hongru; HUANG, Youhe. An adaptive dynamic multi-swarm particle swarm optimization with stagnation detection and spatial exclusion for solving continuous optimization problems. **Elsevier – Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v.123. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197623003998>. 2023.

ZIMMERMAN, R. D.; MURILLO-SANCHEZ, C. E; THOMAS, R. J. "MATPOWER: Steady-State Operations, Planning and Analysis Tools for Power Systems Research and Education," Power Systems. **IEEE Transactions on**, vol. 26, no 1, pp. 12-19. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5491276>. 2011. 2011.

Capítulo 9

Prática de educação CTS como promotora do pensamento crítico e criativo no ensino de ciências: entre debates e proposições

Sebastião Rodrigues–Moura

Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida

Leonir Lorenzetti

Rui Marques Vieira

Introdução

A sociedade atual, diante de um mundo interconectado e de múltiplas relações, tem exigido debates pragmáticos no campo das implicações do desenvolvimento científico, tecnológico e social. Isso implica em impactos que atuam diretamente no cenário educacional – do planejamento à avaliação pedagógica – e que incluem a prática docente e o processo de aprendizagem científica.

Marcados profundamente pelos avanços da ciência e da tecnologia, os processos educacionais nem sempre conseguem acompanhar ou dialogar com as complexidades de transformação social. Por essa ótica, a Educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com suas raízes nos movimentos educacionais da década de 1970 (Aikenhead, 1994; 2005; Auler, 2002; Martins, 2002; Santos; Mortimer, 2002), tem mobilizado proposições inovadoras para um ensino de ciências capaz de superar o modelo tradicional, não só pela proposta, mas pelo enveredamento que conseguem

dinamizar na aprendizagem.

As práticas de Educação CTS têm tido amplitude sobre os diversos espaços educacionais como forma de trabalhar temas sociais relevantes, que conduza um processo que lide com estudantes mais engajados, comprometidos, que opinam, julgam ideias, tomam decisões e agem na coletividade social (Santos; Auler, 2019). Nesse alinhamento, a promoção do Pensamento Crítico e Criativo (PCC) tem sido revelada em pesquisas como um cenário potencial para que sejam mobilizadas disposições e capacidades de um pensamento racional, reflexivo e afetivo dos estudantes, sobretudo em tempos de uma sociedade em crise e necessidade de uma formação cidadã (Ennis, 1987; Vieira, 2003; Vieira; Tenreiro-Vieira, 2005; Tenreiro-Vieira; Vieira, 2022; 2024).

Importante refletir que “pensamento crítico” não se trata de um conceito superficial ou generalizante, mas que possui base teórica e epistemológica na taxonomia de Ennis (1987, p. 10, tradução nossa) como um quadro teórico referencial que define ser um “pensamento reflexivo e racional que se concentra em decidir no que acreditar ou fazer”. Nesse sentido, o ensinar e o aprender por meio do pensamento crítico exigem olhares específicos do professor para que planeje, desenvolva e avalie uma prática coerente com a intencionalidade pedagógica, tanto no processo de ensino-aprendizagem como na formação de professores (Vieira, 2003).

Alinhados a esse pensamento, destacamos em Piaget (1978, p. 246, tradução nossa) que “o principal objetivo da educação é criar homens e mulheres [...] que tenham mentes que possam ser críticas, que possam verificar e que não aceitem tudo o que lhes é oferecido”. Nesses termos, um olhar atento sobre as práticas pedagógicas articulando Educação CTS/PCC como campo de transformação social nos exige pensar em dinamicidade do espaço escolar, em que os estudantes possam ter um papel

fundamental em sua aprendizagem sob a mediação pedagógica do professor (Vieira, 2003; Tenreiro-Vieira; Vieira, 2021).

Ao pensar nessas possibilidades, nossos olhares miram o campo do planejamento e avaliação educacional (Hoffman, 1993; Luckesi, 2005; Vasconcellos, 2007; Libâneo, 2013), sobretudo no debate e proposição de uma prática contextualizada, bem pensada e elaborada, que culmine em um espaço aberto, crítico, reflexivo e criativo, capaz de mobilizar as capacidades do pensamento crítico dos estudantes por meio de um tema socialmente relevante.

Do exposto e diante do contexto da 30ª Conferência das Partes da Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP30), que ocorreu em Belém do Pará, Amazônia brasileira, de 10 a 21 de novembro de 2025, a cidade passou por um processo de mudanças e modificação da infraestrutura local e da região metropolitana. Esse processo tem deixado o trânsito ainda mais caótico, em função de várias obras, e pensar na mobilidade urbana para trazer soluções inovadoras avança no desenvolvimento de aprendizagem e na promoção do pensamento crítico dos estudantes, haja vista ser um tema socialmente relevante e que abre horizontes sobre o papel da ciência e da tecnologia.

Nesses termos, este capítulo realiza um debate teórico sobre um campo em ascensão no Brasil que discute a Educação CTS como promotora do pensamento crítico e criativo, sobretudo na Amazônia. Para além do debate teórico, é concebida uma prática contextualizada em Educação CTS/PCC com uma rubrica de avaliação para o professor de ciências, como uma forma de compreensão da progressão de aprendizagem dos estudantes, voltada para uma educação científica com formação cidadã.

A Educação em Ciências, a Educação CTS e o Pensamento Crítico e Criativo

Mesmo diante de muitos referenciais teórico-metodológicos, a aprendizagem científica ainda é uma problemática quando se fala na formação cidadã dos estudantes, em um cenário no qual se amplia o olhar para um aprendizado coerente com os conteúdos de ciências e uma ação de prática social, resultante de processo de escolarização. As escolas ainda têm sido muito conteudistas, em pleno século XXI, mesmo reforçadas pela necessidade de alinhar-se ao mundo vivido pelos estudantes e suas necessidades, um mundo socialmente tecnológico e digital, rápido e de transformações ágeis.

É preciso repensar a intencionalidade pedagógica do professor frente ao desafio de se trabalhar conteúdos científicos e engajar os estudantes diante do desenvolvimento científico e tecnológico. Isso para que “professores e alunos [passem] a descobrir, a pesquisar juntos, a construir e/ou produzir o conhecimento científico, que deixa de ser considerado algo sagrado e inviolável” (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007, p. 77), pois, como destaca Santos (2007), ainda há muitos equívocos no ensino de ciências, com pouca ou nenhuma relação dos conceitos científicos com o contexto dos estudantes.

Mudanças são necessárias para a educação em ciências como um campo amplo de debates propício a suscitar novos ideais para o contexto real de sala de aula, sobretudo por um ensino de ciências ativo, participativo e capaz de formar cidadãos críticos e reflexivos, de forma a pensar sobre a sua vivência de mundo e tomar decisões alinhadas às necessidades de uma sociedade permeada por problemáticas que

precisam de ações urgentes da comunidade global (Santos; Auler, 2019).

Por esse olhar do ensino de ciências, apontamos a potencialidade de uma prática contextualizada capaz de promover uma transformação social na formação dos estudantes, tecendo perspectivas ao processo de ensino-aprendizagem, como geradora de participação social, engajamento político e ações propositivas de uma educação cidadã mobilizadora de novos patamares para a educação em ciências, em diversos contextos e realidades onde possa ser implementada.

A Educação CTS ganha potencial em práticas inovadoras e contextualizadas por ser capaz de fazer debates sobre o desenvolvimento científico e tecnológico em suas implicações sociais, aproximar os estudantes de problemas práticos e reais, quanto à capacidade de agir e pensar criticamente, o que torna as aulas de ciências mais engajadoras e atrativas aos estudantes. Isso para que lidem com temas sociais, desenvolvam reflexão e criticidade, bem como tomem decisões alinhadas ao pensamento de uma sociedade globalizada em tempos de crise (Tenreiro-Vieira; Vieira, 2014; Roso; Auler, 2016; Santos; Auler, 2019).

De que práticas estamos falando? Não é preciso somente pensar em compor sequências de atividades para implementar em sala de aula, porque as práticas em Educação CTS precisam ter sentido e significado quanto ao contexto de vida dos estudantes, estar ligadas ao seu cotidiano, ser um tema socialmente relevante e que traga o estudante a um cenário mais ativo e participativo, para desenvolver a criticidade, a reflexão, um pensamento prático e que possa transformar a sua formação cidadã para a coletividade (Tenreiro-Vieira; Vieira, 2014).

Nesse sentido, inspirados em Aikenhead (1994; 2005), apontamos que uma prática contextualizada deve partir de uma dimensão social e, aqui, apontamos a problemática do trânsito em Belém e as questões de mobilidade urbana, relacionando-as

às questões tecnológicas e ao conhecimento científico. Partimos de um tema social diretamente conectado ao cotidiano dos estudantes, colocando-os no cenário da ação, para que possam refletir, ter ideias, pensar em soluções e inovar na aprendizagem.

Por essa ótica, é preciso desenvolver disposições e capacidades dos estudantes para pensar e aprender sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade, mas que não sirva somente para “ensinar e aprender conteúdos de ciências”. No aprimoramento dessas práticas, Vieira (2003), Freire (2007), Tenreiro-Vieira e Vieira (2014) vêem grande potencial de desenvolver o pensamento crítico dos estudantes por meio da Educação CTS, o que legitima as práticas contextualizadas em Educação CTS/PCC como potencializadoras da formação cidadã dos estudantes.

Baseados na taxonomia de Ennis (1987), um quadro teórico assumido como o referencial mais utilizado e recomendado nos debates sobre pensamento crítico, há uma conceitualização e definição que foca em um pensamento racional e reflexivo, em que se pode decidir sobre o que acreditar ou o que fazer sobre determinados temas. O pensamento crítico envolve disposições que se relacionam a um aspecto mais afetivo, assim como há capacidades que se reportam ao campo mais cognitivo do processo e, de forma integrada ao pensamento crítico, tem emergido a relevância do pensamento crítico e criativo (Vieira; Tenreiro-Vieira, 2021).

De modo geral, essas disposições tendem a um compromisso para agir de forma crítica e as capacidades, organizadas em áreas, apontam para uma decisão racional sobre o que será feito ou em que será acreditado, conforme alguns critérios/normas e conhecimentos, como expomos no quadro 1.

Quadro 1 – Elementos do pensamento crítico e criativo

Capacidades	Disposições/Atitudes/ Valores	Critérios/ Normas	Conhecimentos
Clarificação Elementar, como: resumir, identificar e apontar razões, argumentar	Ter abertura de espírito Procurar e apontar razões e assumi-las publicamente	Clareza e rigor	Teorias e explicações científicas e tecnológicas
Suporte Básico, como: fazer e avaliar a credibilidade de uma fonte e observações	Utilizar e mencionar fontes credíveis e estar bem-informado	Precisão tendo em consideração a situação no seu todo	História da ciência e da tecnologia (C&T)
Clarificação Elaborada, como: definir operacionalmente e sob a forma de classificação	Considerar e procurar alternativas Ser sensível aos sentimentos, níveis de conhecimento e grau de elaboração dos outros	Metacognição Consistência e coerência	Natureza da ciência e do pensamento crítico e criativo
Inferências, como: induções, fazer e avaliar juízos de valor	Colaboração, integridade e satisfação intelectual	Sistematicidade Independência intelectual	Grandes ideias e conceitos da C&T
Estratégias e táticas, como: decidir e interatuar com outros, para, por exemplo, apresentar uma posição a uma audiência em particular	Respeito pela evidência Perseverança, resiliência e sem temor pelo erro	Prudência e inquirição Imparcialidade Planificação e estratégia	Campos e contextos de investigação atual em C&T

Criatividade, como: originalidade, flexibi- lidade e elaboração	Valores como justiça, vida, verdade e ho- nestidade		
---	---	--	--

Fonte: adaptado de Tenreiro-Vieira e Vieira (2021)

Ao destacar o potencial das práticas contextualizadas em Educação CTS e as disposições e capacidades do pensamento crítico e criativo, damos ênfase ao fato de que essas práticas requerem planejamento e avaliação eficientes, que deem suporte ao processo de ensino-aprendizagem. Vasconcellos (2007) e Libâneo (2013) ressaltam a importância do ato de planejar, por ser um processo de racionalização, organização e coordenação da prática pedagógica, cuja atividade escolar deve estar atrelada ao contexto social da escola e ser capaz de viabilizar as ações da prática escolar.

Nesse alinhamento, um planejamento bem elaborado reside em um processo de avaliação da aprendizagem que seja eficaz como forma de subsidiar a tomada de decisão, para que o professor saiba o melhor direcionamento para a qualidade da aprendizagem dos estudantes, sendo processual e dinâmica, em reflexão permanente sobre a realidade, analisando-a cuidadosamente para criar estratégias de ensino-aprendizagem que dêem garantias à aprendizagem (Hoffman, 1993; Luckesi, 2005).

Inspirados em Latorre, Varela, García (2017) e Freitas *et al.* (2022), apresentamos uma rubrica de avaliação da prática contextualizada que propõe critérios e níveis específicos para que o professor avalie a progressão de aprendizagem científica dos estudantes. Nesse sentido, a rubrica é relevante por (a) conter um padrão de referência para compreender a qualidade educacional; (b) emitir diagnósticos mais precisos, tanto qualitativos como quantitativos; (c) poder ser adaptada a diferentes contextos

educacionais; e (d) possuir perspectiva formativa ou autorreguladora da avaliação.

Nesses termos, Roso e Auler (2016), Santos e Auler (2019), Tenreiro-Vieira e Vieira (2014) reforçam que as práticas em Educação CTS primam por uma participação social, que não deve ser limitada apenas a uma avaliação dos impactos da ciência e da tecnologia na sociedade, mas que deve envolver a participação cidadã, a ação pública e uma compreensão dos aspectos sociais relacionados ao fenômeno científico-tecnológico. Ao propor práticas em Educação CTS/PCC, há uma variedade de instrumentos que atuam na avaliação de atividades, estratégias de ensino-aprendizagem e práticas que mobilizam o pensamento crítico e criativo, conforme propõem Vieira (2003), Tenreiro-Vieira, Vieira (2005; 2014) e Torres e Vieira (2012).

Proposta de prática contextualizada em Educação CTS/PCC

Motivados a pensar a temática social sobre o trânsito e a mobilidade urbana em Belém, estado do Pará, cidade que sediou a COP30 em 2025, fomos instigados a pensar esse assunto em razão dos sérios problemas que a população enfrenta e porque, diante desse evento global, a região ganhou destaque por ser a primeira cidade da Amazônia a sediar um evento dessa magnitude. Nesse cenário, a cidade e a região metropolitana passaram por grandes reformas de infraestrutura e urbanismo, causando diversos transtornos às pessoas e diversos problemas de ordem socioambiental, como enchentes mais recorrentes, desmatamentos de áreas para abrir novas vias e depósitos irregulares de resíduos, sobretudo em bairros periféricos.

Nesse sentido, a população enfrenta grandes desafios quanto à qualidade de vida e questões ambientais, o que exige uma reflexão crítica sobre as problemáticas, po-

líticas públicas, uso de tecnologias e participação social mais efetiva como cidadãos residentes. Importante lembrar que Belém enfrenta um crescimento desordenado, com uma infraestrutura viária insuficiente, dotada de tráfegos caóticos rotineiros, gerando danos de poluição e à saúde da população, com pouquíssimas alternativas de mobilidade.

Partindo dessa problemática, esta proposta tem como objetivo promover competências do pensamento crítico e criativo de estudantes do ensino médio a partir de uma análise crítica do trânsito em Belém, de modo a integrar estudos em ciência e tecnologia por meio de ideias e soluções inovadoras para uma mobilidade sustentável. Elencamos alguns debates e concepções teóricas necessárias para integrar a proposta de Educação CTS/PCC como forma de prever o trabalho pedagógico como uma prática de transformação social, conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Proposta contextualizada de temáticas e problemáticas e sua interdisciplinaridade

Física	Química	Biologia	Debates
Poluição do ar (material particulado, CO ₂)	Composição química dos poluentes atmosféricos (NO _x , SO _x , O ₃)	Doenças respiratórias e cardiovasculares	Qualidade de vida (saúde física, mental...)
Fluxo de veículos e engarrafamentos	Reações químicas de combustão	Impactos do estresse no organismo	Desigualdade no acesso ao transporte
Energia e combustíveis (eficácia de biocombustíveis)	Avaliação da eficácia e impactos ambientais dos biocombustíveis	Ecossistemas urbanos e microclima	Políticas públicas de mobilidade urbana
Poluição sonora	Emissão de gases tóxicos e poluentes invisíveis	Flora e fauna urbana	Participação social no planejamento viário

Tecnologia aplicada a ônibus elétricos	Tecnologias de redução de emissões e catalisadores	Questões socioambientais	Desmatamento para construção de novas vias
--	--	--------------------------	--

Fonte: elaborado pelos autores

Dessa proposta, compreendemos ser necessário haver articulações e conexões com outras áreas. Aqui, apontamos para o campo das ciências da natureza e suas tecnologias, de modo interdisciplinar, como meio de articular conceitos de física, química e biologia. Não é um roteiro engessado, mas passível de adaptações e contextualizações, inclusive com outras áreas de conhecimento. Idealmente, sugerimos que a proposta seja acrescida com dados reais de Belém, em que podem ser usados relatórios públicos de mobilização urbana da cidade, dados do IBGE, por exemplo, e de qualidade do ar na cidade.

Além disso, incluímos que as atividades desenvolvidas sejam dinâmicas, para que os estudantes possam ser engajados a pensar soluções e ideias inovadoras para uma mobilidade urbana em Belém e que, por meio de propostas, desenvolvam proposições críticas, inovadoras e criativas para a população. Nesse sentido, o quadro 3 apresenta uma visão geral da proposta, organizada em 9 encontros, pensados estrategicamente e planejados de forma rigorosa, próprio para contemplar um ambiente de uma escola pública, de forma interdisciplinar.

Quadro 3 – Proposta contextualizada de Educação CTS/PCC

Encontros	Sumário da aula	Capacidades – pensamento crítico e criativo
1 Diagnóstico do problema	Atividade: Análise crítica e argumentativa de reportagens e dados sobre trânsito em Belém Discussão: “Quais são as causas das dificuldades no trânsito?” Recurso: Google Street View, para comparar vias de Belém com cidades modelo (ex.: Curitiba)	• Focar numa questão • Analisar argumentos • Analisar a credibilidade de uma fonte
2 Minha experiência no trânsito	Atividades: Os alunos desenhem ou escrevam uma cena marcante (positiva/negativa) que viveram no trânsito de Belém Debate: Socializar as histórias e identificar padrões (ex.: falta de ciclovias, ônibus lotados) Reflexão: “Quem decide como será o trânsito em nossa cidade?”; “Como a tecnologia pode ser usada para incluir, e não excluir, pessoas?”; “O que VOCÊ pode fazer para melhorar a mobilidade no seu bairro?”	• Focar numa questão • Fazer/responder questões de clarificação e desafio

3 Ouvindo o outro	Atividade: Os estudantes devem investigar diferentes personagens da cidade (motorista, ciclista, trabalhador...). Elaborar um roteiro de perguntas aos estudantes para analisar os argumentos. Feito durante a aula com contatos que eles possuem Debate: Socializar os relatos em “mural de escuta”	•Analisar argumentos •Fazer e avaliar observações
4 Role-play: audiência pública	Simulação: Fazer com que um aluno represente a prefeitura, um motorista de ônibus, um ciclista, um pedestre e um empresário, por exemplo Debate: “Vale a pena investir em mais avenidas ou em transporte coletivo?”	•Analisar argumentos •Decidir sobre uma ação •Interatuar com os outros
5 Ciência e tecnologia em debate	Grupo de Trabalho (GT) – Debates sobre poluição ambiental (ar, sonora...), doenças adquiridas e qualidade de vida das pessoas Produção: Criar um infográfico para exposição na escola	•Analisar argumentos •Avaliar a credibilidade de uma fonte •Fazer/avaliar juízos de valor
6 Ciência e tecnologia em debate	GT – Energia, combustíveis e fluxo urbano, ecossistemas urbanos e políticas públicas de mobilidade Produção: Criar um infográfico para exposição na escola	•Analisar argumentos •Avaliar a credibilidade de uma fonte •Fazer/avaliar juízos de valor
7 Ciência e tecnologia em debate	GT – Tecnologia e mobilidade, construção de novas vias, desmatamento, flora e fauna urbana Produção: Criar um infográfico para exposição na escola	

8 Desafio prático	Desafio e ação social: Criar uma campanha ou protótipo (ex.: maquete de via sustentável, <i>app</i> de carona solidária). Proposição: “Sua solução atende a, pelo menos, um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU?” Debate: Os alunos precisam apresentar e debater cada proposta	•Focar numa questão •Decidir sobre uma ação
9 Socialização coletiva	Escrita de uma carta para o prefeito e Câmara dos vereadores apontando soluções críticas e criativas para otimizar a mobilidade urbana em Belém	•Focar numa questão •Analisar argumentos •Fazer/avaliar juízos de valor

Fonte: elaborado pelos autores

Nessa proposta de prática contextualizada em Educação CTS/PCC, reforçamos o compromisso de um planejamento educacional que se alinhe a pressupostos metodológicos cuja intencionalidade pedagógica garanta uma mediação coerente do professor. Isso usando recursos variados, temas específicos que instiguem os alunos e um processo de ensino que possa ser desenvolvido em uma escola pública, com foco no trânsito e em temas correlacionados, podendo ser usado também em outros contextos, pois a proposta possui versatilidade, dinamicidade e possibilidade de adaptação a outras realidades.

Nesse sentido, ainda incluímos como indicativos de orientações ao professor:

- Uso de metodologias e atividades com maior interatividade dos estudantes: O professor pode adaptar a proposta usando metodologias e/ou referenciais que sejam compatíveis com sua prática, em que possua experiência em termos de sala de aula,

desde que garantam interação aos estudantes, dando-lhes um papel mais ativo no processo de aprendizagem.

- Utilizar reportagens e notícias atualizadas e de fontes públicas/confiáveis: O professor pode usar notícias veiculadas na cidade, como de revistas ou jornais que tragam informações atualizadas, inclusive dados de órgãos públicos que revelem informações sobre a mobilidade urbana, dando mais confiabilidade às atividades.

- Conectar o conteúdo ao cotidiano dos alunos, aumentando o engajamento: Ao usar o tema do trânsito como relacionado ao cotidiano dos estudantes, criar-se-á engajamento e permitir-se-á que se sintam mais à vontade para discutir o tema, criar debates e propor soluções inovadoras.

- Combater o pessimismo (do tipo “nada muda”) com ações criativas e tangíveis: Pelo fato de a proposta ser relacionada ao cotidiano, ter versatilidade e estar ligada ao contexto de mobilidade urbana dos estudantes, o professor também precisa se engajar e trazer para a sala os conceitos de ciência e tecnologia capazes de modificar o pensamento dos alunos de que as aulas são monótonas ou sem sentido, mas que, por meio desse processo, o estudante pense, reflita, aja coletivamente e tome decisões conscientes para a sociedade.

- Formar cidadãos críticos e propositivos, não apenas espectadores: O professor ganha um cenário mais ativo para que os estudantes pensem, proponham, ajam e criem alternativas inovadoras ao trânsito, o que muda o contexto da sala de aula e possibilita uma formação cidadã coerente com a sociedade moderna de hoje.

- Substituir protótipos digitais, em caso de viabilidade, por desenhos em cartolina ou teatros para apresentar ideias: Em situações de escolas em que não haja possibilidade de criação de materiais digitais, como proposto, o professor pode usar recursos variados e alternativos, desde que contemple minimamente o objetivo de

interação e de proposições críticas e criativas dos estudantes.

- Trabalhar com estudantes individualmente e em grupos de trabalho (GT): Ao se trabalhar com grupos de estudantes, ampliamos o debate sobre a formação cidadã como necessidade de um olhar para uma sociedade que é coletiva em sua estrutura e que requer dos estudantes ir para além do individual, tornando-os mais ativos e capazes de criar estratégias de gestão e liderança no coletivo.

- Usar recursos educativos variados, conforme disponibilidade: Reforçamos que a proposta não é engessada nem pronta/acabada, mas pode ser adaptada conforme a necessidade do professor e do contexto da escola, desde que garanta a intencionalidade pedagógica da Educação CTS como promotora do pensamento crítico criativo dos estudantes.

Nossos olhares se ampliam para além da proposta, a fim de que não seja pensada somente como um planejamento da prática para implementação em sala de aula, mas que traga olhares sobre o processo de avaliação. Somos conhecedores de que há muitas propostas de Educação CTS que são feitas para o contexto real de sala de aula, porém, falar sobre o processo de avaliação da aprendizagem ainda é um tema desafiador, e muitas práticas são feitas com uma avaliação tradicional ou que pouco reflete o processo de progressão de aprendizagem dos estudantes.

Desse modo, desenvolvemos uma rubrica de avaliação, inspirados em Latorre, Varela, García (2017) e Freitas *et al.* (2022), para que o professor possa avaliar os estudantes a partir do que consegue observar/detectar das capacidades do pensamento crítico e criativo e, dessa forma, estruturar uma avaliação sobre a aprendizagem, de

forma intencional, progressiva, racional e reflexiva, tal como mostrado no quadro 4.

Quadro 4 – Rubrica de avaliação para atividades individuais

Critério	Nível 1 (Emergente)	Nível 3 (Intermediário)	Nível 5 (Avançado)
Argumentação	Reproduz informações sem análise	Questiona fontes e identifica contradições	Analisa criticamente dados, confronta perspectivas e justifica posições
Ideias inovadoras	Propõe soluções óbvias ou repetitivas	Gera ideias originais, mas pouco aprofundadas	Desenvolve soluções inovadoras, viáveis e contextualizadas
Relações entre os conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade	Não relaciona conceitos científicos com impactos sociais	Reconhece relações simples entre ciência, tecnologia e sociedade	Discute implicações éticas e propõe ações sustentáveis
Autonomia de aprendizagem	Depende de orientações para refletir	Autoavalia-se com apoio do professor	Identifica lacunas em seu aprendizado e busca melhorias ativamente

Fonte: elaborado pelos autores

O Quadro 4 é um ensaio que esboça um avanço para o processo de planejamento de propostas sobre avaliação em Educação CTS/PCC que temos desenvolvido em nossos grupos de pesquisa, para que professores vejam possibilidades de uma avaliação mais real, concisa e menos burocrática com reflexão prática, para uma avaliação individual. Pelo fato de a nossa proposta possuir também atividades em grupo, em GT, propomos uma rubrica para avaliação coletiva, como mostrado no quadro 5.

Quadro 5 – Rubrica de avaliação para atividades coletivas

Critério	Nível 1 (Emergente)	Nível 3 (Intermediário)	Nível 5 (Avançado)
Colaboração crítica	Divisão desigual de tarefas sem diálogo	Respeitam opiniões, mas sem debate profundo	Promovem discussões críticas e integra contribuições diversificadas
Criatividade coletiva	Solução convencional, sem originalidade	Combinam ideias dos membros para gerar propostas	Criam produtos/soluções disruptivos com base em consenso criativo
Relações entre os conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade	Ignoram impactos sociais da tecnologia	Analísam parcialmente efeitos socioambientais	Propõem soluções tecnológicas com justiça social e sustentabilidade
Comunicação	Apresentação desorganizada e pouco clara	Exposição coerente, mas sem persuasão	Comunicam com clareza, fundamentação e engajamento

Fonte: elaborado pelos autores

Apesar dos esforços, sabemos que essa avaliação irá resultar em uma nota, um número, conforme cobrado pelos sistemas educacionais, mas que esse movimento aponta para horizontes práticos da avaliação educacional, capaz de ser pensada pelo professor para fazer uma avaliação da aprendizagem mais democrática e que seja um reflexo da progressão dos estudantes diante de debates, tomada de decisões, pensamentos e ideias inovadoras para um tema real e que é do seu cotidiano, em que podem opinar e agir sobre o seu próprio contexto.

Portanto, reiteramos que essa proposta contempla um espaço coletivo de ações e reforços para um ensino de ciências com base na Educação CTS/PCC mais conectado à realidade dos estudantes, capaz de mobilizar o pensamento crítico, ter tomada de decisões conscientes para agir na coletividade, bem como ser um ambiente de diálogo

go, de ideias, de soluções criativas e inovadoras, tal como se espera de uma educação capaz de formar cidadãos racionais e reflexivos.

Considerações finais

As discussões apresentadas evidenciam a importância de uma abordagem prática de sala de aula que articule a Educação CTS e as propostas do pensamento crítico e criativo no ensino de ciências. Enfatizamos que compreender os fenômenos científicos em sua dimensão social, ética e ambiental amplia o papel da escola na formação cidadã, estimulando reflexões sobre a função da ciência e da tecnologia no mundo contemporâneo. Nesse contexto, propostas em Educação CTS/PCC surgem como um referencial potente para provocar questionamentos, fomentar a argumentação e desenvolver capacidades cognitivas indispensáveis para a participação ativa e transformadora na sociedade.

Diante disso, propomos uma prática contextualizada que explora a problemática da mobilidade urbana na cidade de Belém, considerando seus múltiplos aspectos: sociais, ambientais, políticos e tecnológicos. A atividade pode envolver a investigação, por parte dos estudantes, sobre os impactos do fluxo de veículos na qualidade do ar, no microclima urbano e na saúde da população. A partir desse diagnóstico, os estudantes podem propor soluções sustentáveis, como o incentivo ao transporte público, o uso de bicicletas e a preservação de áreas verdes, integrando conhecimentos de física, química, biologia e outras áreas do conhecimento. Essa proposta pedagógica valoriza o protagonismo estudantil, pode promover o pensamento crítico e criativo dos estudantes e estimula o professor a avaliar a aprendizagem dos estudantes

por meio de rubricas de avaliação.

Portanto, ressaltamos que práticas como essa favorecem o desenvolvimento das capacidades de pensamento crítico e criativo, pois estimulam os estudantes a analisar problemas reais, ponderar diferentes perspectivas, construir argumentos e elaborar propostas inovadoras. Assim, a educação em ciências, alicerçada na Educação CTS e orientada pelo pensamento crítico e criativo, assume um papel fundamental na formação de sujeitos autônomos, críticos e socialmente responsáveis, capazes de atuar na construção de cidades mais justas, sustentáveis e humanas.

Referências

AIKENHEAD, G. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (org.). **STS Education: international perspectives on reform**. Amsterdam: Teachers College Press, 1994. p. 47–59.

AIKENHEAD, G. Educación ciencia–tecnología–sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. **Educación Química**, v. 16, n. 2, p. 114–124, 2005.

AULER, D. **Interações entre Ciência–Tecnologia–Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. Tese (Doutorado em Educação), Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina (CED/UFSC), Florianópolis, 2002.

ENNIS, R. H. A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In: BARON, J.; STERNBERG, R. (org.). **Teaching thinking skills: theory and practice**. Nova York: W.H. Freeman, 1987. p. 9–26.

FREIRE, L. I. F. **Pensamento crítico, enfoque educacional CTS e o ensino de Química**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FREITAS, D. de F.; SANTOS, M.; PIERSON, A. H. C.; CALAFELL, G. FACTS: uma ferramenta CTS para avaliação de processos e produtos na educação científica. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS**, v. 17, n. 51, p. 179–202, 2022.

HOFFMANN, J. **Avaliação mediadora: uma prática em construção da pré-escola à universidade**. Porto Alegre: Educação & Realidade, 1993.

LATORRE, M. A.; VARELA, J. L. M.; GARCÍA, M. I. A. Arbesú. “Closing the loop”: rúbricas en la evaluación de programas académicos. **Observar**, v. 2, n. 11, p. 115–30, 2017.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem na escola**: reelaborando conceitos e criando a prática. 2. ed. Salvador: Malabares Comunicações e Eventos, 2005.

MARTINS, I. P. Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 28–39, 2002.

PIAGET, J. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1978.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71–84, 2007.

ROSO, C. C.; AULER, D. A participação na construção do currículo: práticas educativas vinculadas ao movimento CTS. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 22, n. 2, p. 371–389, 2016.

SANTOS, R. A.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da ciência–tecnologia na sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 485–503, 2019.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp., p. 1–12, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. 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, v. 2, n. 2, p. 110–132, 2002.

TENREIRO–VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Pensamento crítico e criativo para uma educação ciência–tecnologia–sociedade. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad**, v. 17, n. 51, p. 141–155, 2022.

TENREIRO–VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Pensamento crítico e criativo na educação em ciências desde os primeiros anos: Desafios e potencialidades. **Debates em Educação**, v. 16, n. 38, p. e18848, 2024.

TENREIRO–VIEIRA, C.; VIEIRA, R. M. Construindo práticas didático–pedagógicas promotoras da literacia científica e do pensamento crítico. **Documentos de Trabajo de IBERciencia**, n. 2, 2014.

TORRES, A. C.; VIEIRA, R. M. Promoção de práticas de orientação CTS em professores do ensino básico. In: SEMINÁRIO IBÉRICO/SEMINÁRIO IBEROAMERICANO CTS EM LA ENSEÑZA DE LAS CIENCIAS, 7.; 3., 2012, Madri. **Anais [...]**. Madri: Organização de Estados Ibero–Americanos; Agência Espanhola de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento, 2012.

VASCONCELLOS, C. S. **Planejamento**: plano de ensino–aprendizagem e projeto educativo – elementos metodológicos para elaboração e realização. São Paulo: Libertad, 2007.

VIEIRA, R. M. **Formação Continuada de Professores do 1º e 2º Ciclos do Ensino Básico Para uma Educação em Ciências com Orientação CTS/PC**. Tese de (Doutorado em Didactica). Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2003.

VIEIRA, R. M.; TENREIRO–VIEIRA, C. **Estratégias de ensino/aprendizagem: o questionamento promotor do pensamento crítico**. Lisboa: Editorial do Instituto Piaget, 2005.

VIEIRA, R. M.; TENREIRO–VIEIRA, C. Pensamento crítico e criativo na educação em ciências: percursos de investigação e proposta de referencial. In: KIOURANIS, N. M. M.; VIEIRA, R. M.; VIEIRA, C.; CALIXTO, V. S. (org.). **Pensamento crítico na educação em ciências**: percursos, propostas de países ibero–americanos. São Paulo, Brasil: Livraria da Física, 2021. p. 17–42.

VIEIRA, R. M.; TENREIRO–VIEIRA, C. **Estratégias de ensino–aprendizagem: o questionamento promotor do pensamento crítico**. Lisboa: Instituto Jean Piaget, 2005.

Espaço do leitor: vamos inovar juntos?

Chegamos ao fim desta jornada... ou melhor, ao início de muitas outras.

Raízes criativas, saberes inovadores nasceu da escuta de educadores, da experimentação em sala de aula e da vontade de fazer diferente. Mas sabemos que a inovação não termina aqui. Ela segue viva em cada escola, em cada experiência, em cada professor que ousa imaginar outro caminho.

Agora, queremos ouvir você!

- Você desenvolveu uma prática inovadora no ensino de ciências ou matemática na Amazônia ou em outros territórios?
- Teve uma ideia durante a leitura e gostaria de compartilhar com a comunidade de leitores?
- Gostaria de propor um novo capítulo, comentar uma experiência ou cocriar a próxima edição do livro?

Então, este espaço é seu.

Participe do nosso Mapa Interativo de Práticas Inovadoras

Criamos um mural no Padlet para reunir e valorizar ações educativas criativas de diferentes partes do país.

. Acesse <https://padlet.com/laisacastro/inovei-em-sala-com-78qh924tgsbgjyof>.

. Compartilhe um relato, imagem, vídeo ou link da sua prática pedagógica.

. Descubra onde outras experiências estão florescendo – e se inspire!

Que tal continuar inovando em comunidade?

Junte-se a nós – e vamos construir juntos os próximos capítulos dessa história!

Autores

Acácio de Andrade Pacheco

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. E-mail acacio.pacheco@ifpa.edu.br

Adriana Farias Cardoso

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Pará (IFPA) campus Abaetetuba. Contato: adricardoso1618@gmail.com.

Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida

Doutora em Ciências: Desenvolvimento Socioambiental (UFPA). Professora da UFPA. e-mail: anacpca@ufpa.br.

Daniele Socorro Ribeiro da Silva

Mestre em Ensino de Física – UNIFESSPA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA

Email: daniele.silva@ifpa.edu.br

Jaceguai Soares da Silva

Doutor em Química (UFAL); Professor EBTB pelo Instituto Federal do Alagoas (IFAL) campus Batalha. E-mail: jaceguai.silva@ifal.edu.br.

João Faustino Neto

Especialista em Docência para Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. E-mail joaofausto6@gmail.com.

com

Josilene Ferreira Mendes

Doutora em Ciências Jurídicas. Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail
josilene.mendes@ufra.edu.br.

Laísa Maria de Resende Castro

Doutora em Botânica (UnB). Professora EBTT pelo Instituto Federal do Pará (IFPA)
campus Altamira. E-mail laisa.castro@ifpa.edu.br.

Leonir Lorenzetti

Doutor em Educação Científica e Tecnológica (UFSC). Universidade Federal do Paraná
e-mail: leonirlorenzetti22@gmail.com.

Luisa Helena Silva de Sousa

Doutora em Ciências Ambientais (UEPA, 2022). Docente no Instituto Federal do Pará,
campus de Santarém. E-mail: luisa.helena@ifpa.edu.br.

Natanael Charles da Silva

Doutor em Ensino de Ciências e Matemática (UFRN); Professor EBTT pelo Instituto
Federal do Pará (IFPA) campus Abaetetuba. E-mail: natanael.silva@ifpa.edu.br.

Paulo Moreira Veiga

Doutorando em Educação na Amazônia (UFOPA, 2024). Docente na Secretaria de
Educação do Estado do Amazonas. E-mail: paulo.moreira.veiga@prof.am.gov.br.

Pedro Paulo dos Santos

Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. E-mail pedro.santos@ifpa.edu.br.

Rafael Pires Pinheiro

Doutor em Ensino de Ciências Exatas – UNIVATES

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA

Email: rafael.pinheiro@ifpa.edu.br.

Rui Marques Vieira

Doutor em Educação pela Universidade de Aveiro (UA). Professor na UA. e-mail: rvieira@ua.pt

Sauer Lemos Teles

Especialista em Tecnologias em Educacionais para a Prática Docente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA). E-mail: sauerifpa@gmail.com.

Sebastião Rodrigues–Moura

Doutor em Educação em Ciências. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA campus Ananindeua). E-mail: sebastiao.moura@ifpa.edu.br.

Williams Raphael de Souza Moraes

Doutor em Materiais (Ufal). Professor EBTT pelo Instituto Federal do Pará (IFPA) campus Belém. E-mail williams.morais@ifpa.edu.br.

“o pensamento crítico sem criatividade reduz-se ao mero ceticismo e negatividade, e esta sem pensamento crítico reduz-se a mera novidade.”

(Paul; Elder, 2006, p. 35)

O livro **Raízes criativas, saberes inovadores: ensino de Ciências e Matemática na Amazônia paraense** reúne reflexões e práticas pedagógicas inovadoras voltadas ao ensino de Ciências e Matemática, com atenção especial à realidade educacional da Amazônia. Estruturada em três partes – O mapa da inovação, Laboratório de ideias e Construção coletiva –, a obra articula diferentes abordagens metodológicas que promovem aprendizagens significativas, protagonismo discente e a integração entre ciência, tecnologia e sociedade. Resultado de uma produção coletiva, a obra apresenta experiências desenvolvidas no Instituto Federal do Pará (IFPA), reafirmando o compromisso com a valorização da realidade amazônica com os desafios contemporâneos da educação.



**INSTITUTO
FEDERAL**
Pará



Editora **IFPA**