

Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro  
Lucas Matheus da Rocha  
Wender Faleiro  
Thaís de Oliveira Guimarães da Silva  
Ana Clara Araújo Teixeira

*Modelos*

# **TRIDIMENSIONAIS** *reais nas* **CIÊNCIAS**

---

*da Natureza*

Quebrando paradigmas e repensando os  
objetos da didática na formação de professores



# **MODELOS TRIDIMENSIONAIS REAIS NAS CIÊNCIAS DA NATUREZA**

Quebrando paradigmas e repensando os objetos da didática  
na formação de professores





## AVALIAÇÃO, PARECER E REVISÃO POR PARES

Os textos que compõem esta obra foram avaliados por pares e indicados para publicação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Bibliotecária responsável: Alice Gabriela Benevides CRB-1/318548

E26	Modelos tridimensionais reais nas ciências da natureza: quebrando paradigmas e repensando os objetos da didática na formação de professores [livro eletrônico] / Welson Barbosa Santos [et al.]. – 1. ed. – Curitiba – PR, Editora Bagai, 2025, 131p.
	Disponível em <a href="http://www.editorabagai.com.br">www.editorabagai.com.br</a>
	Outros autores: Paulo Vitor Teodoro. Lucas Matheus da Rocha. Wender Faleiro. Thaís de Oliveira Guimarães da Silva. Ana Clara Araújo Teixeira.
	Acesso em <a href="http://www.editorabagai.com.br">www.editorabagai.com.br</a>
	ISBN: 978-65-5368-512-3
	1. Educação em ciências. 2. Modelos 3DR. 3. Ensino de botânica. I. Santos, Welson Barbosa. II. Teodoro, Paulo Vitor. III. Rocha, Lucas Matheus da. IV. Faleiro, Wender. V. Silva, Thaís de Oliveira Guimarães da. VI. Teixeira, Ana Clara Araújo.
05-2025/02	CDD 577

Índice para catálogo sistemático:  
1. Educação Matemática: Ensino; Tendências.

 <https://doi.org/10.37008/978-65-5368-512-3.28.11.24>

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem autorização prévia da Editora BAGAI por qualquer processo, meio ou forma, especialmente por sistemas gráficos (impressão), fonográficos, microfilmicos, fotográficos, videográficos, reprográficos, entre outros. A violação dos direitos autorais é passível de punição como crime (art. 184 e parágrafos do Código Penal) com pena de multa e prisão, busca e apreensão e indenizações diversas (arts. 101 a 110 da Lei 9.610 de 19.02.1998, Lei dos Direitos Autorais).

Este livro foi composto pela Editora Bagai.

 [www.editorabagai.com.br](http://www.editorabagai.com.br)

 [@editorabagai](https://www.instagram.com/editorabagai)

 [/editorabagai](https://www.facebook.com/editorabagai)

 [contato@editorabagai.com.br](mailto:contato@editorabagai.com.br)

**Welson Barbosa Santos  
Paulo Vitor Teodoro  
Lucas Matheus da Rocha  
Wender Faleiro  
Thaís de Oliveira Guimarães da Silva  
Ana Clara Araújo Teixeira**

## **MODELOS TRIDIMENSIONAIS REAIS NAS CIÊNCIAS DA NATUREZA**

Quebrando paradigmas e repensando os objetos da didática  
na formação de professores



<i>Editor-Chefe</i>	Prof. Dr. Cleber Bianchessi
<i>Revisão</i>	Os autores
<i>Capa &amp; Diagramação</i>	Luciano Popadiuk
<i>Conselho Editorial</i>	<p>Dr. Adilson Tadeu Basquerote – UNIDAVI Dr. Anderson Luiz Tedesco – UNOESC Dra. Andréa Cristina Marques de Araújo - CESUPA Dra. Andréia de Bem Machado – UFSC Dra. Andressa Grazielle Brandt - IFC - UFSC Dr. Antonio Xavier Tomo - UPM - MOÇAMBIQUE Dra. Camila Cunico – UFPB Dr. Carlos Alberto Ferreira – UTAD - PORTUGAL Dr. Carlos Luís Pereira – UFES Dr. Claudio Borges – UNIPIAGET – CABO VERDE Dr. Cledione Jacinto de Freitas – UFMS Dra. Clélia Peretti - PUCPR Dra. Daniela Mendes V da Silva – SEEDUCRJ Dr. Deivid Alex dos Santos - UEL Dra. Denise Rocha – UFG Dra. Elisa Maria Pinheiro de Souza – UEPa Dra. Elísângela Rosemery Martins – UESC Dra. Elnora Maria Gondim Machado Lima - UFPI Dr. Ernane Rosa Martins – IFG Dra. Flávia Gaze Bonfim – UFF Dr. Francisco Javier Cortazar Rodríguez - Universidad Guadalajara – MÉXICO Dr. Francisco Odécio Sales - IFCE Dra. Geuciane Felipe Guérin Fernandes – UENP Dr. Hélder Rodrigues Maiunga - ISCED-HUILA - ANGOLA Dr. Helio Rosa Camilo – UFAC Dra. Helisamara Mota Guedes – UFVJM Dr. Humberto Costa – UFPR Dra. Isabel Maria Esteves da Silva Ferreira – IPPortalegre - PORTUGAL Dr. João Hilton Sayeg de Siqueira – PUC-SP Dr. João Paulo Roberti Junior – UFRR Dr. Joao Roberto de Souza Silva - UPM Dr. Jorge Carvalho Brandão – UFC Dr. Jose Manuel Salum Tome, PhD – UCT - Chile Dr. Juan Eligio López García – UCF-CUBA Dr. Juan Martín Ceballos Almerayá - CUIM-MÉXICO Dr. Juliano Milton Kruger - IFAM Dra. Karina de Araújo Dias – SME/PMF Dra. Larissa Warnavim – UNINTER Dr. Lucas Lenin Resende de Assis – UFLA Dr. Luciano Luz Gonzaga – SEEDUCRJ Dra. Luisa Maria Serrano de Carvalho - Instituto Politécnico de Portalegre/CIEP-UE - POR Dr. Luiz M B Rocha Menezes – IFMT Dr. Magno Alexon Bezerra Seabra - UFPB Dr. Marcel Lohmann – UEL Dr. Márcio de Oliveira – UFAM Dr. Marcos A. da Silveira – UPPR Dra. María Cárdenas Bestard González - UCF-CUBA Dra. María Lucía Costa de Moura – UNIP Dra. Marta Alexandra Gonçalves Nogueira - IPLEIRIA - PORTUGAL Dra. Nadja Regina Sousa Magalhães – POPPE-UFSC/UFPel Dr. Nicola Andrian - Associação EnARS, ITÁLIA Dra. Patricia de Oliveira - IF BAIANO Dr. Paula Roberto Barbosa – FATEC-SP Dr. Porfirio Pinto – CIDH - PORTUGAL Dr. Rogério Makino – UNEMAT Dr. Reiner Hildebrandt-Stramann - Technische Universität Braunschweig - ALEMANHA Dr. Reginaldo Peixoto - UEMS Dr. Ricardo Cauíca Ferreira - UNITEL - ANGOLA Dr. Ronaldo Ferreira Maganhotto - UNICENTRO Dra. Rozane Zaionz - SME/SEED Dr. Stelio João Rodrigues - UNIVERSIDAD DE LA HABANA - CUBA Dra. Sueli da Silva Aquino - FIPAR Dr. Tiago Tendai Chingote - UNILICUNGO – MOÇAMBIQUE Dr. Thiago Perez Bernardes de Moraes – UNIANDRADE/UK-ARGENTINA Dr. Tomás Raúl Gómez Hernández – UCLv e CUM – CUBA Dra. Vanessa Freitag de Araújo – UEM Dr. Walmir Fernandes Pereira – FLSHEP - FRANÇA Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT Dr. Yoisell López Bestard- SEDUCRS</p>

## APRESENTAÇÃO

### ENCANTAMENTO...

...Abrindo, curiosamente, as páginas da obra “Modelos Tridimensionais Reais nas Ciências da Natureza: Quebrando Paradigmas e Repensando os Objetos da Didática na Formação de Professores”, a palavra que toma minha mente é ENCANTAMENTO. Os capítulos que compõem o livro clamam pela reflexão sobre o ensino de Ciências e propõem o diálogo entre a pesquisa, a ação e a ludicidade em prol do correto entendimento de partes das plantas invisíveis aos olhos desarmados.

O convite para apresentar esta obra me leva a revisitar mentalmente a minha própria prática docente. Momentos nos quais revivi, repensei e retrabalhei os conceitos da morfologia vegetal a partir da criatividade e do olhar dos alunos, com foco na importância que as plantas têm e com a importância da ciência Botânica, tantas vezes negligenciada, para a formação de professores. O material didático para ensinar sobre plantas está ao nosso redor, em todos os lugares, no nosso mobiliário, vestuário, alimentação, jardins... E a parte microscópica? Será que todos transpõem as imagens bidimensionais para a realidade tridimensional? Construir modelos tridimensionais para ensinar uma parte da botânica que nos é apresentada aos microscópios e como tal se revela em duas dimensões é desafiador. Mesmo alunos videntes podem se atrapalhar com esta transposição cerebral.

A experiência para aqueles que ora acessam este livro será ímpar; os modelos aqui apresentados são de fácil reprodução, construídos com material de fácil aquisição. Portanto, têm enorme potencial para serem multiplicados nas diversas salas de aula, nos diversos espaços educativos pelo Brasil, quem sabe pelo mundo.

A partir dos modelos, a arte de ensinar botânica, de ensinar morfologia vegetal deve transcender a natureza, nosso ponto de partida, e invadir os espaços educativos. Assim, permitirá que os professores levem aos alunos o vastíssimo e maravilhoso universo da anatomia vegetal, universo este no qual células e tecidos se unem compondo um mosaico de formas e cores naturais ou geradas por meio de corantes, muitas vezes surpreendente, apaixonante.

O livro aqui proposto conseguirá de forma lúdica romper a falta de proximidade entre seres humanos e plantas no nosso cotidiano.

Meu desejo é que ele seja de fato um marco no ensino em ciências, no ensino de biologia, no ensino de botânica. Que a partir dele, professores e alunos possam enxergar as plantas sob a ótica de admiração para com estes seres extremamente complexos que estão no dia a dia trabalhando, ou melhor, usando o seu metabolismo, funcionando, para manter as demais formas de vida. O funcionamento das plantas está diretamente ligado à sua estrutura, a estrutura das plantas está diretamente ligada ao seu metabolismo, o metabolismo das plantas está diretamente ligado à manutenção das diversas formas de vida que ocupam nosso planeta.

Então, a minha mensagem final ao apresentar esse livro é de que cada um use as metodologias aqui apresentadas empreendendo riqueza à sua prática docente, à sua sala de aula. Que esta obra ajude a formar cidadãos conscientes de que para a manutenção da vida no nosso planeta as plantas são fundamentais, porque sem plantas, definitivamente, não dá!

**Por Rosy Mary dos Santos Isaias**

Professora Titular da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG

Coordenadora da Comissão Téc. em Educação do  
Conselho Reg. de Biologia

Tutora do Chapter Iniciação Botânica da  
Sociedade Botânica do Brasil

Bolsista de produtividade 1A do CNPq

## PREFÁCIO

Por Renata Carmo de Oliveira

Esta obra provoca algo nato, os sentidos. Sentir, tocar, ouvir, ver e/ou falar. O aprender e o ensinar. O aprender em seu movimento constante e permanente nos envolve na busca de mantermos os sentidos em alerta. A palavra, a expressão corporal, o ouvir, o manipular, o sentir que levam a reflexão para o apreender e transformar, colocam os aprendizes na construção do que expressa a aprendizagem.

A leitura de cada capítulo nos leva ao encontro do movimento para a reflexão sobre os modelos que criamos para que o aprendizado aconteça. Temos a emoção que move o ensinar presente no CAPÍTULO I, nas referências que motivam a ação de compartilhar, construir e oferecer. Como Freire (1985, Trad. 2013) nos provoca em *Medo e Onsadia: o cotidiano do professor* - “a motivação faz parte da ação”. E aqui a ação se expressa nos constantes questionamentos sobre o ensinar Ciências, em conectar saberes para uma apropriação que torne os sujeitos capazes de mudar sua interação com o meio, de tomar decisões. Questionamentos que levaram ao planejamento, a reflexão e ao desejo coletivo de desenvolver um ensino transformador. Conscientes ou não, trafegaram pela busca que liberta os professores e seus estudantes. No recorte que apresentam nesta obra, suas pesquisas, relacionadas a construção de modelos em 3DR, os autores revelam o potencial deles para provocar, envolver, orientar e levar os estudantes a dialogarem e refletirem no aprendizado de conhecimentos relacionados a Botânica.

As analogias, tema no CAPÍTULO II, são apresentadas e discutidas à luz dos cuidados que exigem. A tentativa de “facilitar”, aspas destacadas pelos autores, nos alerta a respeito da procura pelo melhor caminho para o processo de ensino aprendizagem. O diálogo, com diferentes autores e utilizando o exemplo da famosa analogia das “bolas de bilhar” para explicar o modelo de Dalton, revelam como associações podem levar os estudantes a um entendimento simplificado e figurado, impedindo-os de criar outras relações para se apropriarem dos con-

ceitos básicos que a Ciência lhes oferece. Usando como referência o modelo Teaching With Analogies (TWA) de Glynn (1989), os autores reforçam que bem planejadas, construídas e apresentadas, as analogias podem levar os estudantes a novas informações que se conectam aos conhecimentos que possuem. Assim, os professores devem usá-las, sem desconsiderar suas limitações, para orientar os estudantes, de forma planejada e intencional para que, coletivamente, sejam compreendidos conceitos ou fenômenos mais complexos.

O complexo e abstrato permeiam o conhecimento que a Ciência nos oferece e, na busca nata do ser humano pelo compreender, a criação de modelos mentais ou concretos se torna uma ferramenta importante para a comunicação entre as pessoas. O CAPÍTULO III apresenta um repertório teórico que nos leva ao entendimento da importância do estímulo a construção de modelos, que possam representar processos ou objetos do conhecimento a partir do estabelecimento de relações analógicas. Para tanto, retomam que a necessidade do cuidado no planejamento e orientações por parte dos professores é fundamental para que o estudante possa perceber a importância de investigar, argumentar e mobilizar habilidades para a construção de uma representação.

Neste percurso, que se espera seja coletivo, os sujeitos do processo de ensino-aprendizagem estão expostos a um ambiente de criação e de contextualização dos conhecimentos adquiridos. Neste capítulo os autores, no cuidado de sua abordagem, nos colocam que para a compreensão da importância pedagógica do desenvolvimento e uso de modelos, o professor precisa conhecer a amplitude dos significados da palavra modelo.

Ao chegarmos no CAPÍTULO IV, acompanhamos a construção de um projeto de formação docente. Uma elaboração que reflete, novamente, a preocupação com o coletivo, a busca da trajetória e o planejamento. Não somente no delineamento do método que subsidiaria o trabalho de pesquisa, mas naquele que os levasse aos espaços de ensino e aprendizagem. Escolhas, anseios, público-alvo diverso e a intencionalidade de se alcançar o propósito primeiro da formação de professores. Diálogos com um referencial que suporta os caminhos escolhidos para a pesquisa, para os desafios de tornar a trajetória interdisciplinar e o

conhecimento da histologia vegetal na perspectiva de seu alcance para os licenciandos e dos estudantes da educação básica. E no território da aprendizagem - a escola, o ensino e a extensão acontecem ancorados na pesquisa preparatória. Território em que memórias, vivências e narrativas marcam o cenário da criação e das relações para o entendimento dos processos da Ciência.

No CAPÍTULO V os autores nos entregam narrativas que instigam a reflexão sobre os muitos caminhos para ensinar sobre as plantas. Descortinam as etapas para a construção do conhecimento modelado em formas que ilustram e auxiliam. Construção dos modelos 3DR para se representar tecidos vegetais. Da célula aos tecidos. O que mais me encanta são estas etapas: o planejamento, os estudos, as discussões e a busca de possibilidades. Como arquitetos pedagógicos a desenhar e a criar. Não importam os desafios postos pelo tema, mas o conhecimento que gera, que provoca e que motiva na ação. Tempo e espaço oferecidos durante a formação inicial, que materializam o conhecimento desenvolvido no e pelo grupo. Assim, se tornam livres aqueles em formação, orientadores e graduandos, por seguirem o que aprendem, a criatividade, a oportunidade se se expressarem utilizando o que está ao alcance. A elaboração de um recurso didático representa um instrumento que diminui ruídos na comunicação e traz segurança a quem o criou, no rigor que o exercício exige.

No CAPÍTULO VI a discussão importante sobre os desafios em ensinar o conhecimento sobre as plantas, sobre o que atrai a atenção e motiva os aprendizes, sejam eles graduandos, professores ou estudantes na educação básica. A importância da Ciência estáposta não somente nos documentos que regem a educação brasileira, mas na busca constante que temos pelo saber, pelo entender o nosso meio, para além do que ele nos exige como trabalhadores. E as experiências aqui compartilhadas nos trazem claramente o despertar de uma atenção e cuidado que levam a busca de estratégias de comunicação. A modelagem 3DR e a riqueza de seu potencial para o desenvolvimento da docência e dos aprendizados dos sujeitos no processo de ensinar e aprender, por trazer a inovação. Inovação por promover novos caminhos aos professores e aos estudantes.

Finalizo esta leitura com a certeza de que as atividades postas e desenvolvidas em grupo, os estudos, as reflexões e a construção de modelos físicos nos leva para junto dos autores e graduandos ao lugar pleno da docência. O lugar em que o aprendizado aprimora nossa escuta, nossa capacidade de modelar mentalmente o conhecimento e a nossa atenção à importância da diversidade de métodos e recursos para a comunicação.

Boa leitura!

**Renata Carmo de Oliveira**

Profa Dra. de Botânica - Anatomia Vegetal e Embriologia  
Instituto de Biologia  
Universidade Federal de Uberlândia.

# SUMÁRIO

## CAPÍTULO I

TECENDO ALGUMAS CONSIDERAÇÕES DESTA OBRA: POR QUE (RE)PENSAR EM MODELOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS? ..... 13

## CAPÍTULO II

REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ENTRE ANALOGIAS E MODELOS ..... 21

## CAPÍTULO III

O USO DE MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM BREVE PANORAMA NO PROCESSO DE ESCOLARIZAÇÃO ..... 27

## CAPÍTULO IV

O MÉTODO TAMBÉM SE CONSTRÓI NO EXERCÍCIO DA PESQUISA E DA EXTENSÃO ..... 39

## CAPÍTULO V

UM EXEMPLO PARA PENSAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A BOTÂNICA E A POTÊNCIA DOS MODELOS 3DR ..... 51

## CAPÍTULO VI

MODELOS 3DR: UMA QUEBRA DE PARADIGMA OU SÓ MAIS UM MÉTODO? ..... 81

SOBRE OS AUTORES ..... 125

ÍNDICE REMISSIVO ..... 129



# CAPÍTULO I

## TECENDO ALGUMAS CONSIDERAÇÕES DESTA OBRA: POR QUE (RE)PENSAR EM MODELOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS?

*Desde o início de minha trajetória profissional, sempre tentei estimular meus alunos da Licenciatura a trabalharem com projetos inovadores para suas práticas profissionais. Além de trabalhar com extensão e projetos de educação ambiental, sempre almejei orientá-los unindo a morfologia vegetal e o ensino de Ciências. Alguns modelos bem rudimentares já haviam sido elaborados por ex-alunos de morfologia vegetal e sistemática de Criptógamas, para serem utilizados em aulas nas escolas de educação básica, mas nada que se aproximasse do projeto atual. A parceria que resultou neste trabalho finalmente me trouxe essa realização, já que os alunos foram atores ativos do processo, desde a idealização dos modelos, passando pelo planejamento e execução das peças, estudo do fundamento teórico que embasou a apresentação do tema e o envolvimento e desenvolvimento das aulas, com participação profunda de todos em todo processo (Um dos autores da obra).*

A epígrafe inicial desta obra, escrita por um dos autores, reflete um pouco do que pensamos sobre o tema que aqui trataremos. Ela também revela parte de nossa motivação e de como nos movemos ao longo de alguns semestres, na tessitura dos caminhos que adotamos. Para além desta obra, buscamos iniciar nossos trabalhos semestralmente com a docência, seguida da extensão com grupos de discentes dos cursos de licenciatura em que atuamos: Biologia, Química e Física. Seguimos com a pesquisa, que nos permite refletir sobre as ações desenvolvidas. Essa reflexão tem como proposta repensar a Didática na formação de professores, na multidimensionalidade de nossas práticas e razões no desafio de propor uma educação capaz de alcançar a escola básica.

Diversas inspirações poderiam ser mencionadas neste escrito. Uma delas, que fazemos questão de destacar, refere-se ao trabalho desenvolvido por Gregório Cardoso Tápias Ceccantini, em turmas de graduação, após

perceber dificuldades de seus estudantes na aprendizagem de histologia vegetal. O pesquisador da Universidade de São Paulo (USP) inspirou o desenvolvimento de materiais para o ensino de Ciências da Natureza em uma Licenciatura em Educação do Campo (Santos *et al.*, 2019), que, inclusive, colabora na fundamentação desta obra.

Outra referência a se considerar é Rosy Mary dos Santos Isaías, professora na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O projeto destinado ao jardim botânico e ao museu a céu aberto em Brumadinho certamente inspirou (e inspira) este escrito. A professora e pesquisadora discute a produção de modelos voltados ao ensino de anatomia vegetal. Sua expertise no uso de modelos em botânica, sendo uma das poucas pesquisadoras a adotar a metodologia na área vegetal no Brasil, tem mostrado a viabilidade e o ajuste desse recurso na dimensão da Didática em Ciências, a partir de reflexões sobre a metodologia em outros espaços e formações. Como uma referência da botânica na atualidade, reconhecer sua atuação é, também, nosso papel: os trabalhos de Rosy Mary catalisam nossos anseios de contribuir com a formação inicial e continuada de professores, seja nos cursos de Biologia, Química, Física, entre outros, assim como na escola de educação básica.

Os trabalhos de Gregório Cardoso Tápias Ceccantini, de Rosy Mary dos Santos Isaías e de tantos outros a serem abordados ao longo desta obra, somam-se aos estudos e pesquisas dos autores, realizados desde a pós-graduação (Santos *et al.*, 2019), a produções internacionais (Teodoro; Salles; Gauche, 2024). O desenvolvimento de pesquisa de mestrado e doutorado, atravessado pelo tema, tem sido inspiração e suporte nas orientações de Trabalhos de Conclusão de Curso e Dissertações de mestrado. A ação coletiva na busca incansável de redimensionar a Didática na formação de professores fortalece o Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências da Natureza (GPECIN) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), que vem, institucionalmente, viabilizando pontes entre a universidade e a escola de educação básica na produção de modelos.

Essa relação entre academia e educação básica tem ocorrido mais intensamente há três anos, com uma instituição com características de escola do campo, localizada a aproximadamente 50 km da UFU – Cam-

pus Pontal. Com efeito, semestralmente, estudantes das licenciaturas em Biologia, Química e Física levam materiais, dentre eles modelos 3DR, para a escola básica. Admitimos: é um desafio, nada simples!

Por ser assim, iniciamos este escrito refletindo sobre quão complexo é pensar em ações didático-pedagógicas para potencializar a Didática em Ciências. Afinal, o ensino das Ciências Naturais não é (e não deveria ser) um resumo do conteúdo, trazido no livro didático, exposto na lousa para os estudantes memorizarem. Certamente, com uma prática como essa, não será difícil para os estudantes repetirem incansavelmente os tipos de reações químicas (síntese, decomposição, simples troca ou dupla troca), e talvez até diferenciá-las. Inclusive, para tal prática, o regente da turma não precisa ser professor de Ciências. Ora, qualquer profissional que faça minimamente um resumo do livro didático, poderá inserir tal notação na lousa para cópia e memorização.

No entanto, fazer com que os estudantes sejam capazes de refletir e se posicionar frente a situações problemas diversas que exijam conceitos de reações química, é função do professor de Ciências (ou, neste caso, Química). Dificilmente um profissional de outra área, que não dedicou anos de estudo para ser professor de Ciências, ou Química, proporcionará aprendizagens que colabore para o desenvolvimento pleno do estudante em tomar decisões assertivas em situações problemas.

A título de esclarecimento, podemos destacar um dos casos, relativamente simples, recorrente no Brasil afora, que ocasiona em mortes, gerado pelo gás monóxido de carbono. Uma tragédia aconteceu na cidade de Nova Ponte<sup>1</sup>, no Estado de Minas Gerais, em que um casal morreu, no próprio quarto, por inalar monóxido de carbono, gerado pela combustão do carvão, em uma pequena churrasqueira. O clima estava frio e o casal optou por guardar a churrasqueira no quarto, quando ainda estava com brasa, com a finalidade de aquecimento. O ensino das Ciências Naturais pode (e deve) ser capaz de dar condições para que os estudantes saibam que o processo de combustão tem uma parte que é incompleta e, nisso, gera um gás tóxico: monóxido de carbono.

O fato é que, o referido gás, quando inalado, se liga à hemoglobina, a proteína dos glóbulos vermelhos que permite o transporte de oxigênio.

<sup>1</sup> <https://is.gd/Nf6upJ>

O monóxido de carbono impede que o sangue transporte oxigênio e, como resultado, os tecidos do corpo não recebem oxigênio suficiente. Uma quantidade reduzida de monóxido de carbono não costuma ser prejudicial; no entanto, quando a concentração se torna elevada, resulta numa intoxicação. Diante deste breve exemplo, teceremos as reflexões: Em vez das aulas de Ciências se preocuparem com a memorização do que seria uma reação de simples ou dupla troca, não seria mais importante [e necessário] entender como as reações funcionam em situações reais, sejam cotidianas ou esporádicas? As aulas de Ciências não deveriam nos preparar para tomada de decisões em nosso dia a dia?

O fato é que não precisamos ser um cientista para entender os riscos de ficar em um local que tenha combustão, sem ventilação. Um conhecimento básico de Ciências, por exemplo, reações químicas e biológicas, geralmente já trabalhados no ensino fundamental (por exemplo, no 9.º ano), deve tornar os estudantes mais críticos e perspicazes nas tomadas de decisões do dia a dia. Essa (dentre tantas outras situações cotidianas e esporádicas) deve ser a razão pela qual aprendemos Ciências! Não aprendemos Ciências para memorizar e esquecer após a aterradora prova: aprendemos Ciências para desenvolvermos a criticidade nas nossas tomadas de decisões!

Nesse sentido, o ensino de Ciências Naturais não é um espaço em que qualquer profissional pode atuar. Essa área do conhecimento exige formação em curso de licenciatura adequado, preparado e com um projeto pedagógico muito bem definido, alinhado às diretrizes necessárias para se formar um professor. Com efeito, o exercício da docência exige, entre outras habilidades, a elaboração de estratégias didáticas que colaboram com as ações escolares, sobretudo na sala de aula. É importante que essas estratégias de ensino sejam articuladas com outras áreas do conhecimento, buscando uma educação interdisciplinar, e contextualizada, superando o ensino de Ciências pragmático, a - problemático, baseado em regras e fórmulas, conforme destaca Cachapuz (2011).

A sala de aula é um ambiente de diálogo, mas que não se restringe somente a exposição de informações por parte do professor. Por isso é fundamental ter o apoio de materiais didáticos adequados para as complexas atividades de ensinar e aprender. O trabalho docente, em conjunto com eficientes materiais pedagógicos, pode desenvolver nos

estudantes habilidade de refletir continuamente na compreensão de um mundo em mudança. Para isso, é necessário torná-los capazes de descobrir e sistematizar conhecimentos de forma crítica. Mas, também, é imprescindível que o professor (re)pense nas melhores possibilidades de problematizar e orientar os estudantes para a busca de informações.

Lemke (2010) afirma que, em muitos casos, os materiais didáticos disponíveis para a sala de aula não oferecem flexibilidade acerca dos conteúdos a serem trabalhados. Inclusive, geralmente os conteúdos já vêm prontos e estanques, sem possibilidade de docentes e estudantes terem autonomia no uso do material didático. Por isso, Rojo (2013) argumenta que proposições de ensino eficazes são aquelas de aprendizagem mútua (estudante-professor) e, ao mesmo tempo, colaborativa, que oportunize autonomia para adequar às necessidades culturais e de aprendizagem do alunado.

Na literatura podemos encontrar inúmeros textos que ilustram experiências do uso de diversos materiais de ensino-aprendizagem na Educação em Ciências. Entretanto, geralmente possuem o objetivo de revisar assuntos específicos, promover a socialização e motivar os estudantes (Oliveira *et al.*, 2014; Silva; Cordeiro; Kill, 2015; Silva *et al.*, 2018). Todos esses pontos são importantíssimos para o processo educacional; porém, ainda são limitados quando pensamos em estratégias pedagógicas que, de fato, promovam a autonomia e o protagonismo dos estudantes, a formação crítica, o desenvolvimento de uma visão sistêmica de mundo, a apropriação do conhecimento e ainda ofereçam oportunidades para a tomada de decisões.

Desse modo, uma possível estratégia seria adotar ferramentas que o próprio professor, junto com os estudantes, possa elaborar os seus materiais de ensino. Estes podem ser criados a partir da construção de diferentes tipos de modelos (físicos, computacionais, matemáticos, dentre outros), os quais permitam que os aprendizes possam, por meio da representação de conhecimentos, ser inseridos como coautores no processo de aprendizagem. Os modelos possibilitam representações dos sistemas físicos e naturais, mostrando as relações e previsão de possíveis resultados (Bredeweg *et al.* 2013). E, com efeito, Jacobson e Wilensky (2006) afirmam que a modelagem pode ser utilizada no entendimento de sistemas complexos, assunto fundamental para a compreensão científica.

Essas características permitem que os modelos sejam, além de uma forma de representar conhecimentos, um recurso para ser utilizado como material de ensino adequado para compreensão de sistemas complexos (Borkulo, 2009). Entretanto, alguns tipos de modelos, são poucos explorados na educação básica. Podemos citar os modelos de simulação, que, embora apresentem expressivo potencial, eles têm um limitador no uso dessa abordagem: quase sempre dependentes de dados numéricos e funções matemáticas complexas, geralmente inacessíveis aos estudantes desse nível educacional.

De fato, esses tipos de modelos demandam conhecimentos mais avançados de cálculos matemáticos, e, por isso, muitas vezes os educandos possuem dificuldades para visualizar os aspectos do funcionamento de sistemas complexos, porque não dominam as bases necessárias para explorar o uso de funções matemáticas e de compreender relações quantitativas. Uma solução interessante para superar essas limitações são os modelos Tridimensionais Reais (3DR).

Com os modelos 3DR, é possível identificar informações centrais e secundárias, contextualizar, interpretar, inter-relacionar diferentes áreas do conhecimento, problematizar e planejar o próprio modelo. Essas características são algumas das habilidades descritas em documentos oficiais que orientam a Educação Básica brasileira, como as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (Brasil, 2013) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil 2018).

Por meio dos modelos 3DR é possível adquirir conhecimentos conceituais de forma qualitativa e, a partir disso, refletir sobre o assunto abordado. Diante disso, pesquisas como as descritas em Cavalcante (2015), Souza, Salles e Gauche (2017), Guerin Junior *et al.* (2023), dentre outros, mostram que materiais didáticos, baseado em modelagem, têm potencial para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, dando condições para que os estudantes possam desenvolver habilidades, como abstrair informações relevantes do mundo real, pensar em situações problemas e agir de forma crítica em tomada de decisões. Entretanto, um dos problemas que enfrentamos é a pouca quantidade de estudos voltados para o ensino de Ciências para a efetiva utilização de modelos em sala de aula. E de fato, con-

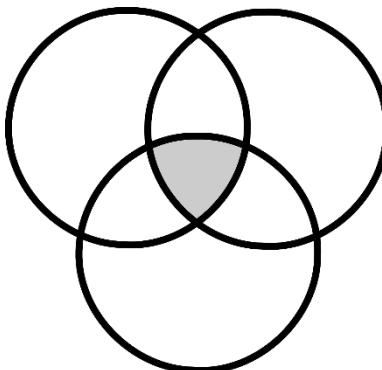
forme Borkulo (2009) argumenta, é necessário ampliar as pesquisas que investigam o aprendizado por meio da construção de modelos, especialmente no Ensino Médio.

Assim, a proposição desta pesquisa é apresentar e refletir sobre os materiais didáticos, notadamente representados por modelos 3DR, capazes de elevar o nível de entendimento dos fenômenos complexos nos temas escolares relacionados às Ciências Naturais trabalhados na escola de educação básica. Em relação aos conteúdos específicos trabalhados nos modelos, buscamos centrar as atividades, principalmente, em assuntos relacionados ao conteúdo da botânica. É um assunto da Biologia que pode ser explorado interdisciplinarmente, e que possibilita ser discutido nas diferentes áreas do conhecimento. Os materiais e modelos elaborados abrangem, tanto os aspectos mais simples em relação a botânica, até aqueles mais complexos, como a morfologia das plantas. Isso foi possível, uma vez que os materiais didáticos permitem aperfeiçoamentos progressivos nos modelos, na medida em que novas informações e conhecimentos sejam obtidos e representados.

Nossa intenção foi garantir que os estudantes tivessem participações ativas na representação de sistemas por meio da construção de modelos. Para tanto, optamos em protagonizar os estudantes como maneira de conduzir as atividades, na representação de sistemas no contexto da Educação Básica.

Entretanto, conforme mostra Forrester (2009), uma das dificuldades no processo educacional se refere à própria ação em que os assuntos escolares são trabalhados, geralmente de forma unilateral. Richmond (1993) mostra que realmente não é trivial pensar em termos de interdependência de sistemas. Richmond (1993) sugere uma proposta educacional em que os estudantes possam desenvolver uma visão mais ampla e crítica dos fenômenos. Essa proposta deve se embasada em três pilares principais, conforme a figura 1: o aprendizado centrado nos estudantes, durante o processo educacional (*Educational Process*); que tenha o uso de boas ferramentas de aprendizagem (*Learning tools*); e, ainda, propostas que levem ao paradigma de pensamento (*Thinking paradigm*), pensamento mais sistêmico de mundo, isto é, criticidade e uma visão mais ampla.

**Figura 1.** Três pilares para a Educação.



Fonte: Richmond (1993, p. 115).

A partir disso, propusemos um projeto interdisciplinar, sustentado em um processo educacional que protagonize os estudantes na aprendizagem, por meio da construção de materiais, notadamente representados por modelos 3DR. Para tanto, esta obra tem como objetivo explorar e refletir a integração de práticas didático-pedagógicas na formação de professores de Ciências Naturais, fundamentados no uso de modelos 3DR. Como objetivos específicos, esta obra buscou:

- promover reflexões sobre a implementação de estratégias didáticas, por meio de modelos 3DR, enfatizando a formação de habilidades pedagógicas e críticas que superem a dicotomia teoria-prática;
- fomentar o diálogo permanente e colaborativo entre diferentes áreas do conhecimento e suas respectivas Didáticas, visando uma formação holística e integrada, por parte dos futuros educadores.
- viabilizar a formação conceitual por meio de modelos 3DR, a partir de conceitos inerentes à botânica.
- tensionar e refletir os desafios ancorados no exercício da docência em Ciências, como a falta de recursos adequados e a necessidade de se repensar as estratégias didático-pedagógicas em sala de aula.

## CAPÍTULO II

### REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ENTRE ANALOGIAS E MODELOS

Quantas vezes não ouvimos professores e estudantes utilizarem exemplos em sala de aula para “facilitar” a explicação de conceitos? Optamos pelo uso das aspas, na palavra ‘facilitar’, porque nem sempre os exemplos colaboram nos objetos da Didática: o processo de ensinar e aprender. Se eles não forem utilizados com intencionalidade pedagógica, pensada e inserida no contexto da disciplina, os exemplos podem dificultar e criar, involuntariamente, obstáculos na própria aprendizagem dos estudantes.

Por exemplo, geralmente no ensino fundamental II, no 9.º ano, aprendemos sobre átomos. Em um desses, os professores discutem sobre o modelo de Dalton e, não raramente, ele é concebido como uma ‘Bola de sinuca’. Reconhecemos que os professores, muitas vezes, explicam que isso é uma analogia para explicar o modelo. Mas, o fato é que, muitas vezes, é nessa representação que os estudantes formam sua concepção. Por esse motivo, não é incomum perguntarmos aos estudantes, algo do tipo: “você poderia descrever como Dalton pensou em seu modelo?” A partir dessa questão, muitas vezes, a resposta dos estudantes gira em torno da seguinte afirmação: “é o modelo da bola de bilhar”. Ora, em 1808 não tínhamos a bola de bilhar, então, como Dalton propôs um átomo que se assemelha a bola de sinuca?

Este foi somente um exemplo de como precisamos nos atentar com as exemplificações em sala de aula, porque isso pode dificultar e criar obstáculos na aprendizagem do conteúdo. Não estamos dizendo que os exemplos não devem ser utilizados. Pelo contrário, estamos dizendo que a referida prática deve ser pensada pedagogicamente e de forma intencional, em sala de aula (e também fora dela).

Mas, afinal, o que são as analogias? As analogias estão presentes em diversas formas de comunicação. As analogias podem desempenhar, dependendo de como é abordada, um papel importante em sala de aula, permitindo pontes para ilustrar ideias complexas, (Duarte, 2005). Etimologicamente, analogia tem origem grega, *ανάλογο*, que significa proporcional. Pesquisadores de diferentes contextos têm se dedicado a compreender o papel das analogias na promoção da aprendizagem, desde meados da década de 1980. Glynn (1989) consideram uma analogia como comparação em que se destaca a semelhança entre duas coisas diferentes para explicar ou elucidar algo.

Glynn (1989) propõe uma abordagem estruturada para a utilização de analogias na sala de aula, especificamente em contextos de ensino de Ciências, enfatizando como as analogias podem facilitar a compreensão dos estudantes sobre conceitos científicos complexos. Temos, inclusive, o modelo *Teaching – With – Analogies* (TWA), que significa: Modelo de Ensino por Analogia” (Glynn, 1989), para auxiliar os professores a planejarem e implementarem analogias em sala de aula. O modelo é baseado na ideia de que as analogias, quando bem construídas e explicadas, podem ajudar os estudantes a se apropriarem de novas informações, relacionando-as com o conhecimento que já possuem. Podemos dizer que o TWA é uma abordagem pedagógica que se apropria de analogias para ensinar conceitos complexos, para facilitar a compreensão dos estudantes ao relacionar novos conceitos com algo que eles já conhecem. Basicamente, o modelo TWA apresenta seis etapas principais:

1. *Introdução do Conceito-Alvo*: apresenta-se o conceito que os alunos precisam aprender. Este é o novo conhecimento ou ideia que pode ser complexo ou abstrato. Essa primeira etapa busca apresentar o novo conceito que precisa ser aprendido. Isso pode ser alcançado a partir da explicação do conceito-alvo de forma direta, usando definições, descrições ou exemplos simples. Por exemplo, se você está ensinando sobre a estrutura do átomo, comece explicando o que é um átomo e por que é importante.
2. *Lembrete do Conhecimento-Análogo*: recorda-se um conceito familiar aos alunos que será usado como a analogia. Este conhecimento

mento pré-existente deve ser algo que os alunos compreendam bem. Aqui, o foco é trazer à memória dos estudantes um conceito familiar que será usado como analogia. Podemos questionar os estudantes sobre o conceito ou rever esse conceito de maneira breve. Por exemplo, se a analogia é entre a estrutura de um átomo e um sistema solar, é importante lembrar os estudantes sobre como o sistema solar é organizado.

3. *Identificação das Similaridades*: explica-se como o conceito-alvo é similar ao conceito-análogo. Isso ajuda os alunos a formar uma ponte entre o que eles já sabem e o que estão tentando aprender. A terceira etapa, tem o objetivo de destacar as semelhanças entre o conceito-alvo e o conceito-análogo para construir uma ponte de entendimento. Nesse sentido, podemos comparar as características principais dos dois conceitos, como: como os elétrons orbitam o núcleo de um átomo de maneira semelhante à como os planetas orbitam o sol.
4. *Mapeamento das Partes*: detalha-se a analogia, mapeando as partes do conhecimento-análogo para as partes do conceito-alvo. Esta etapa envolve uma comparação mais detalhada entre os dois conceitos. Ou seja, o mapeamento acontece quando detalhamos a analogia, mostrando como as partes do conceito-alvo correspondem às partes do conceito-análogo. Podemos sistematizar um mapeamento detalhado, por exemplo, associando o núcleo do átomo ao sol, os elétrons aos planetas, e as órbitas dos elétrons às órbitas dos planetas.
5. *Indicação das Limitações*: é importante esclarecer onde a analogia não se aplica, apontando as diferenças entre os conceitos. Isso ajuda a evitar mal-entendidos e simplificações excessivas. É necessário esclarecer a limitação da analogia, mostrando em que momentos ela não se aplica, prevenindo mal-entendidos e simplificações excessivas. Para isso, devemos discutir as diferenças e limitações da analogia. A título de esclarecimento: podemos explicar que, ao contrário dos planetas, os elétrons têm propriedades quânticas e não seguem órbitas bem definidas.

6. Aplicação e Avaliação: os alunos aplicam o conceito-alvo em diferentes contextos para reforçar o aprendizado. A avaliação ajuda a verificar se os alunos compreenderam corretamente o novo conceito. Finalmente, buscamos permitir que os estudantes apliquem o novo conceito em diferentes contextos e avaliar sua compreensão. Podemos propor exercícios, atividades ou discussões que permitam aos estudantes usar o conceito-alvo. Por exemplo, podemos pedir aos estudantes para descrever outras analogias possíveis para a estrutura do átomo.

O modelo TWA recebe críticas, conforme mostram Ramos e Mozzer (2018). Eles destacam que foram encontradas evidências na literatura que os professores, frequentemente, deixam de aplicar uma ou mais operações do modelo proposto por Glynn, o que pode gerar dificuldades na compreensão conceitual. O uso das analogias em episódios explicativos pode ser realizado em sala de aula, mas, conforme considerado, com intencionalidade pedagógica, para que não gerem obstáculos conceituais.

Santos, Silva e Teixeira (2023) documentaram uma análise crítica dos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático, em 2021. Eles argumentaram que a utilização da analogia associada ao modelo de Dalton (bola de bilhar) pode induzir a uma compreensão equívoca das suas características. Isso pode levar os estudantes a perceberem os átomos apenas como sólidos e indivisíveis, ignorando aspectos fundamentais dos postulados de Dalton.

Faremos uma breve análise: segundo Dalton, os átomos são as unidades básicas que compõem todos os corpos, interagem entre si pelas forças de atração e repulsão, e são influenciados pelo calor (Santos; Silva; Teixeira, 2023). Dalton também descreveu que cada átomo possui um centro sólido cercado por uma “atmosfera de calor”, conferindo-lhes uma forma globular. Além disso, Dalton diferenciou os átomos das substâncias simples, que são uniformes, das substâncias compostas, que são combinações de átomos de diferentes tipos em proporções fixas. Essa breve análise ressalta como uma analogia, não planejada e sem intencionalidade pedagógica, se estabelece de forma simplista, omitindo discussões importantes e limitando a compreensão dos estudantes sobre

a referida teoria. Ou seja: Dalton não fez referência a bola de bilhar; e, em uma sala de aula, o átomo não pode [ou não deveria] ser simplificado a essa analogia.

Outro referencial importante sobre analogias no ensino de Ciências, se estabelece com as reflexões de Duit (1991), que a definiu como uma ferramenta cognitiva usada para explicar um conceito que é desconhecido ou difícil de entender (o alvo), referindo-se a um conceito mais familiar ou mais facilmente comprehensível (a base). O autor destaca semelhanças entre os dois domínios (o alvo e a base), facilitando a compreensão do conceito alvo. Duit (1991) enfatiza que os professores podem utilizar analogias, mas sempre com muita perspicácia, pois elas podem levar a fragilidades no processo de formação conceitual, ou concepções errôneas. Ademais, é fundamental que os educadores estejam preparados para desafiar e expandir as analogias usadas, promovendo uma discussão e reflexão mais profundas, que permitam aos estudantes apropriarem-se do conhecimento científico.

Diante do que estabelecemos nessa seção, podemos dizer que as analogias são comparações diretas entre assuntos (ou, conceitos científicos) diferentes que compartilham semelhanças. Elas são frequentemente utilizadas para simplificar a compreensão de um conceito, relacionando-o a algo mais próximo dos estudantes. Apesar de sua possível utilidade, em sala de aula, as analogias possuem limitações, posto que podem induzir a erros se as semelhanças destacadas forem interpretadas de forma literal – o que não é tão difícil de acontecer durante o processo de escolarização de crianças e adolescentes.

Por outro lado, os modelos são representações de um fenômeno, construídos com o objetivo de estudar e explicar um determinado sistema. Como já dito, modelos podem ser físicos, matemáticos, computacionais ou conceituais, e são elaborados para capturar as características essenciais do fenômeno em questão. Um exemplo é o modelo de Niels Bohr para o átomo, que, embora simplificado, permite explicações sobre os níveis de energia dos elétrons. Diferentemente das analogias, os modelos são baseados em princípios científicos e dados empíricos, o que os torna ferramentas mais robustas e confiáveis para a investigação científica e a construção de teorias.

Dessa maneira, podemos sistematizar que, enquanto as analogias atuam como comparações intuitivas que conectam novos conceitos a conhecimentos pré-existentes, os modelos oferecem representações estruturadas e baseadas em evidências que permitem uma compreensão mais cuidadosa dos fenômenos estudados.

## CAPÍTULO III

### O USO DE MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UM BREVE PANORAMA NO PROCESSO DE ESCOLARIZAÇÃO

O uso de modelos no ensino de Ciências pode ser uma prática que auxilia substancialmente o processo de ensino-aprendizagem, especialmente na compreensão de fenômenos que, por vezes, são abstratos e/ou complexos. Os modelos viabilizam a representação, com limites, estabelecidos pelos modeladores, de fenômenos (em nosso caso, naturais). Podemos dizer que os modelos são utilizados desde as civilizações antigas até mesmo os avanços tecnológicos mais atuais.

Por exemplo, na antiguidade, os filósofos usavam modelos físicos, mais simples e com pouca precisão [de natureza primitiva], para explicar alguns fenômenos. Podemos citar Aristóteles, Eratóstenes, dentre outros, que já faziam o uso dos modelos para pensar e propor representações. A título de esclarecimento, podemos mencionar a clássica contribuição de Aristóteles no desenvolvimento de modelos geocêntricos do universo, com esferas para representar o movimento dos planetas. Outro exemplo, seria Eratóstenes, que usou um modelo geométrico, relativamente simples, para auxiliar na compreensão quantitativa da circunferência da Terra, levando em consideração o tamanho da sombra em diferentes cidades. Podemos perceber que, desde a antiguidade, modelos simples de representação já eram importantes técnicas para sistematizar teorias científicas feitas.

No século XIX, os avanços das Ciências Naturais, especialmente a Química e a Biologia, trouxeram outros tipos de modelos. John Dalton, em 1808 introduziu modelos atômicos para explicar a composição da matéria, sinalizando que cada elemento é composto de átomos de um único tipo, e que os átomos se combinam em proporções definidas para formar compostos. Na Biologia, Charles Darwin usou modelos evolutivos para descrever a origem das espécies, a partir da seleção natural que buscava explicar como as espécies evoluem ao longo do tempo devido à sobrevivência e reprodução dos mais aptos. Nesse sentido, a educação científica começou a

incorporar esses modelos de maneira mais formal nos currículos escolares, com experimentos laboratoriais e ilustrações detalhadas.

Podemos citar uma série de exemplos baseados em modelos que são utilizados, inclusive, no processo de escolarização. Na escola, é comum aprendermos [ou, pelo menos, visualizarmos] a estrutura do DNA utilizando modelos de dupla hélice. Esse processo foi avançando e, hoje, temos, inclusive, as simulações usadas para modelar fenômenos complexos, baseados em Raciocínio Qualitativo (RQ), que já é realidade em países da América do Norte, Europa e Ásia, e também chegou ao Brasil, no início da década de 2000, após o 17.º *International Workshop on Qualitative Reasoning*, realizado em Brasília (Teodoro; Gomes; Silva, 2023). O RQ é uma das áreas da Inteligência Artificial (IA) e que, atualmente, já se territorializa em um cenário que abrange modelos ecológicos e ambientais, inclusive, com previsão de padrões meteorológicos e de mudanças climáticas (Souza; Salles; Gauche, 2017).

Para além de técnicas em IA, o uso de modelos no ensino de Ciências se expandiu com a integração das próprias tecnologias digitais. Os *softwares* de simulação é um exemplo disso: o *Google Earth*, o qual permite a exploração geográfica de um determinado espaço; o *PhET Interactive Simulations*, da Universidade do Colorado, com diversas simulações na área educacional; o *DynaLearn*, coordenado pela Universidade de Amsterdã, na Holanda, que possibilita a criação de modelos de diversas áreas, inclusive no ensino de Ciências, dentre outros *softwares*. O fato é que ferramentas interativas, como os próprios laboratórios virtuais, permitem a manipulação de variáveis em tempo real, proporcionando uma experiência de aprendizado mais envolvente na escola.

Dessa forma, o avanço de modelos no ensino de Ciências reflete, também, o avanço do conhecimento científico. Desde representações físicas primitivas até simulações digitais complexas, baseadas em IA, os modelos continuam a ser um importante recurso no processo de ensino-aprendizagem em Ciências.

## **SOBRE OS MODELOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Historicamente, o ensino de Ciências enfrenta o desafio de tornar acessível, aos estudantes da Educação Básica, conceitos científicos, que geralmente são abstratos e teóricos. Há um debate contínuo sobre como

construir uma educação científica mais próxima da escola, isto é, que se aproxima das práticas reais da ciência. Isso implica em desenvolver habilidades e competências que permitam aos estudantes compreenderem o processo da ciência [que é diferente de fazer ciência, posto que este não é o objetivo da Educação Básica].

De qualquer modo, compreender a Didática da Ciência, implica, também, em criar estratégias e caminhos para que os estudantes sejam capazes de investigar, de argumentar, de mobilizar habilidades para buscar soluções, de analisar criticamente fatos e fenômenos, dentre outros. Certamente, isso envolve a compreensão de teorias científicas, bem como a interlocução dessas teorias com situações factíveis, fora das caixinhas que os componentes curriculares por vezes se encontram (Mozzer; Justi, 2018).

Diante disso, é necessário que a escola adote práticas didático-pedagógicas que promovam o ensino de Ciências mais crítico, pois é isso que influencia como os estudantes interpretam e interagem com o mundo ao seu redor. Os modelos são recursos com potencial para promover o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula, quando bem intencionalizados, pedagogicamente. De fato, Souza (2019) mostra que os modelos no ensino de Ciências podem representar fenômenos das Ciências Naturais de forma colaborativa de ensino-aprendizagem entre professores e estudantes, trazendo para a sala de aula situações abstratas e complexas, de forma mais sistematizada e compreensível.

De acordo com Souza (2019), o uso de estratégias que envolvem modelos permite os estudantes distinguirem informações essenciais daquelas secundárias, posto que esses referidos recursos apresentam limites. Ao modelar, precisamos, de antemão, identificar o que será representado e o que não comporá o sistema. Pensar no fenômeno e referendar o que entrará no modelo [ou não] já é, por si só, uma importante contribuição dos modelos: identificar prioridades, informações mais importantes (para um determinado cenário) e informações secundárias.

Mas, em se tratando dos modelos, as potencialidades deles vão muito além: eles auxiliam na contextualização dos conceitos, na interpretação de dados, podem estabelecer conexões entre diversas disciplinas, viabilizam o levantamento de questões e realizam deduções. Ademais, eles facilitam o planejamento e a própria análise dos conceitos ou fenômenos encontradas.

Gilbert (2004) discute o uso de modelos no ensino, argumentando que o ensino de ciência deve ir além da mera exposição de informações e incluir, sobretudo, a compreensão de como o conhecimento científico é construído. Nesse contexto, é importante elaborar materiais que apoiem o professor e estimulem os estudantes, aproximando-os do conteúdo científico. Gilbert, Justi e Queiroz (2010) defendem que a visualização e manipulação de modelos desenvolve habilidades críticas e argumentativas, promovendo a criação de novos modos de pensar e refletir sobre o fenômeno.

Para oferecer suporte e subsídio aos professores de Ciências, é importante pensarmos em materiais de apoio que restabeleçam conexões com modos de representação concreto, visual e simbólico (Farias *et al.*, 2015). Esses modelos podem ser usados como mediadores entre a realidade e a teoria no ensino de Ciências, ajudando os estudantes a compreenderem aspectos e entidades abstratas (Silva; Lopes, 2015). Além disso, os estudantes devem adquirir a capacidade de criar, testar e avaliar modelos dos fenômenos científicos, aproveitando os benefícios culturais da ciência e participando de seu lado criativo (Gilbert, 2004).

É consenso entre os pesquisadores que investigam o uso de modelos na Educação e/ou no ensino de Ciências, conceitos que o estabelecem como representações parciais de entidades (objetos, fenômenos ou processos) desenvolvidas com um objetivo específico (Gilbert; Boulter, 1998; Souza; Salles; Gauche, 2017; Mozzer; Justi, 2018; Teodoro; Gomes; Silva, 2023).

Nesta obra, é fundamental apresentar os cinco modos de representação de modelos sugeridos por Gilbert (2004), cada um oferecendo diferentes abordagens para a compreensão e comunicação de conceitos científicos complexos.

- a. **Concretos**, que envolvem representações tridimensionais construídas a partir de materiais palpáveis, o que facilita abordagens interdisciplinares e práticas experimentais. Por exemplo, modelos de moléculas feitas de bolas e varetas podem ajudar os estudantes a visualizarem e manipularem estruturas químicas, biológicas ou físicas promovendo uma compreensão mais profunda por meio da interação física (Santos, Castejon e Xavier, 2023).

- b. **Verbais**, em que a linguagem desempenha um papel importante para explorar metáforas e analogias que simplificam e elucidam conceitos abstratos. Metáforas, como “cadeia alimentar” ou “reação em cadeia”, tornam as ideias mais acessíveis e compreensíveis, conectando novas informações a conceitos familiares (Santos, Silva e Teixeira, 2023).
- c. **Simbólicos**, a partir do uso de símbolos, fórmulas e equações. Esses modelos são essenciais para a representação mais precisa e concisa de fenômenos. Esse modo é particularmente importante nas Ciências exatas, em que a matemática atua como uma linguagem universal para descrever leis e teorias, permitindo a comunicação entre cientistas e a formalização de hipóteses.
- d. **Visuais**, com representações gráficas, diagramas, animações e simulações. Eles são utilizados para ilustrar fenômenos de maneira dinâmica e interativa. Estes recursos visuais facilitam a compreensão de processos complexos, como a dinâmica dos fluidos ou a evolução das espécies, ao apresentar dados e conceitos de forma intuitiva e visualmente atraente (Souza, 2019).
- e. **Gestuais**, a partir do uso do corpo para representar fenômenos. Por exemplo, gestos que simulam movimentos atômicos ou ondas, pode ser uma ferramenta poderosa no ensino e aprendizagem. Este modo aproveita a memória motora, permitindo que os estudantes se apropriem de conceitos por meio da experiência física direta.

Ao integrar esses modos de representação, é possível proporcionar uma educação mais rica e diversificada, atendendo às diferentes necessidades e estilos de aprendizagem dos estudantes, além de promover uma compreensão mais robusta e multifacetada dos fenômenos científicos.

Gilbert (2004) reitera que a aprendizagem escolar pode ser potencializada quando estudantes tem a oportunidade de criar e testar seus próprios modelos, ajudando a visualizar entidades abstratas. Nesse sentido, Justi (2015) nos auxilia a entender como pode acontecer a construção dos modelos, no âmbito da sala de aula. Basicamente, Justi (2015) apresenta quatro etapas no processo de modelagem: a) Elaboração, que consiste na criação de modelos mentais com os objetivos pelos quais, os modeladores definiram; b) Expressão, que implica em tornar o modelo mental

acessível usando modos de representação; c) Teste, possibilitando avaliar a coerência com os objetivos do modelo; d) Avaliação, utilizado para determinar a abrangência e limitações do modelo (Justi, 2015).

Cabe destacar, também, que o documento atual que orienta a Educação no Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), reforça o desenvolvimento de competências fundamentais no ensino de Ciências Naturais, incluindo a habilidade de criar, testar e aplicar modelos (Brasil, 2018). Conforme destacado, a modelagem possibilita desenvolver as habilidades destacadas na BNCC. Não estamos dizendo aqui se contra ou a favor de tal documento oficial, até porque esses (e quaisquer outros) documentos precisam ser permanentemente avaliados. O fato é que o uso de modelos auxilia no desenvolvimento das competências estabelecidas pela BNCC, permitindo que os estudantes construam, manipulem e interpretem situações problemas complexos de maneira interdisciplinar.

## **AFINAL, O QUE MOSTRAM AS PRODUÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS?**

O ensino de Ciências Naturais pode permitir um ambiente rico de diálogos, e que não se restringe a mera exposição de informações, por parte do professor. Para que esse ambiente aconteça, é importante que professores de Ciências tenha um arcabouço de materiais de apoio adequados para as complexas atividades de ensinar e aprender. O trabalho docente, em conjunto com potenciais materiais pedagógicos, pode desenvolver nos estudantes habilidade de refletir continuamente na compreensão de um mundo em mudança.

Utilizando modelos e técnicas de modelagem, professores e cientistas podem simplificar, explicar e prever fenômenos complexos, tornando o conhecimento científico mais acessível e aplicável (Justi; Gilbert, 2002). A relevância dos modelos nas Ciências Naturais se reflete não só em sua aplicação prática no ensino e na pesquisa, mas também na forma como promovem o desenvolvimento do pensamento abstrato e crítico (Justi, 2015).

Diante disso, é possível perceber o crescente número de produções que investigam o uso de modelos em Ciências Naturais. Por exemplo, mesmo em relação ao uso de modelos mais sofisticados, fundamentados

em RQ com técnicas de IA (Teodoro; Gomes; Silva, 2023), no Brasil tem sido disseminado tais estratégias de modelagem, inclusive nas áreas de formação de professores e inclusão de estudantes surdos. As publicações, as produções e as reflexões selecionadas para esta obra demonstram a diversidade e profundidade do uso de modelos nas Ciências da Natureza. Por este motivo, o nosso objetivo, neste escrito, é sobrevoar o cenário nacional atual sobre abordagens de modelos no ensino de Ciências.

Para iniciar esse panorama, trouxemos Andrade e Mozzer (2016). A referida pesquisa (Andrade; Mozzer, 2016) mostra que as interações entre professores e estudantes em ambientes dinâmicos como a sala de aula são essenciais para a construção conjunta do conhecimento. A pesquisa de Andrade e Mozzer (2016) se baseou na abordagem epistêmica de modelos como construções humanas ancoradas no pensamento, que podem ser manipuladas em diferentes tipos de atividades práticas (para além da experimentação). Além disso, discutiram o papel do professor na mediação do conhecimento durante as etapas da modelagem.

O estudo de Andrade e Mozzer (2016) envolveu estudantes da Educação Básica, do Estado de Minas Gerais. Neste exemplo, os estudantes foram subdivididos em grupos para analisar a mediação das etapas da modelagem, utilizando a estrutura de Iniciação-Resposta-Avaliação (IRE), refletido em Andrade e Mozzer (2016), que descreve um possível padrão comum de comunicação, em sala de aula. Na referida estrutura, geralmente, a interação do docente com os estudantes acontece da seguinte forma: primeiro, o docente direciona uma pergunta a um estudante em particular e, na sequência, a resposta é avaliada. Não há dúvidas que este modo de comunicação em sala de aula, muitas vezes, se materializa de forma restritiva, que tende a limitar o pensamento crítico e a participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem. Mas, o fato, é que as representações podem ser sistematizadas, inclusive, na argumentação nos espaços escolares.

Andrade e Mozzer (2016) mostram que os questionamentos feitos pelo professor foram importantes, posto que eles auxiliam a construção de ideias cientificamente coerentes, ajudando os estudantes a expressarem e explicar suas proposições e refletir sobre suas limitações. Os autores, por outro lado, sugerem que estudos sobre *como* e *que tipo* de são realizados, possam orientar a condução de atividades de modelagem pelos professores e sua discussão durante os cursos de licenciatura.

Outro estudo, apresentado por Mozzer e Justi (2018), refere também a experiências na Educação Básica, com uma turma do primeiro ano do Ensino Médio. Mozzer e Justi (2018) propuseram etapas para guiar atividades de modelagem, que incluem acesso, mapeamento, inferências, avaliação e generalização. Estas etapas ajudam a desenvolver subprocessos do raciocínio, como mapeamento de relações de similaridade e avaliação das analogias.

A análise dos casos estudados mostrou que a modelagem corrabora com habilidades de raciocínio, essenciais para o desenvolvimento do conhecimento científico. As implicações para a educação científica incluem orientar professores e pesquisadores no desenvolvimento de atividades de modelagem, favorecendo a elaboração e revisitação de modelos, por parte dos estudantes.

A pesquisa de Ferry, Schmidt e Assis (2022) foi embasada em um recurso didático inclusivo fundamentado em modelagem para estudantes com deficiência visual, no ensino de cálculos estequiométricos. Eles desenvolveram objetos manipuláveis e texturizados para representar reações químicas, testando-os com um professor da área de Ciências Naturais (Química), deficiente visual. O estudo concluiu que o modelo proposto apresenta potencial para o ensino de estequimetria.

Santos, Castejon e Xavier (2023) defenderam o uso de Modelos Tridimensionais Reais (3DR) em uma abordagem sociocientífica, demonstrando que a construção e avaliação desses materiais pode aprimorar o ensino de conteúdos científicos. Este projeto envolveu estudantes de Licenciatura em Educação no Campo, que desenvolveram um protótipo para prevenir acidentes com descargas elétricas durante tempestades.

Podemos considerar que essa revisão explorou a utilização de modelos como ferramentas epistêmicas, destacando a mediação do professor durante o processo de modelagem. A literatura sinaliza que a modelagem não só é um recurso pedagógico que envolve os estudantes no processo de ensino-aprendizagem, mas também promove uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos.

É fato que a abrangência na discussão dos modelos cresceu e ainda crescerá muito, em relação as pesquisas em Ensino de Ciências. Entretanto, pesquisadores ainda precisam repensar os múltiplos níveis, modalidades e segmentos de ensino para proposição de materiais baseados em

modelos. A título de esclarecimento, uma possível prospectiva de estudos futuros, seria o uso e manipulação de modelos para o desenvolvimento de habilidades de pensamento sistêmico e resolução de problemas, bem como a integração interdisciplinar da modelagem na educação científica.

## **DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA A MODELOS MENTAIS: EM FOCO, O ENSINO DE CIÊNCIAS**

De acordo com Moreira (2006), a ideia clássica de Ausubel sobre a interação entre novos conhecimentos e saberes prévios traz pouca informação sobre como materializa esse processo. Para o autor, a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983) oferece uma explicação mais robusta, nesse sentido. O sujeito construiria modelos mentais – primeiro passo para uma aprendizagem significativa – e, de forma recursiva, modificaria o modelo durante o processo de negociação de significados, tantas vezes quanto necessário. O papel das subsunções aqui é fundamental, uma vez que os modelos mentais são construídos a partir de elementos da estrutura cognitiva do sujeito e daquilo que ele percebe da situação:

Na ótica da psicologia cognitiva atual, a mente humana é vista como um sistema computacional representacional. A mente recebe informações sensoriais do mundo, processa tais informações, i.e., computa, e gera representações de estados de coisas do mundo. Essas representações mentais são maneiras de representar internamente o mundo externo (Moreira, op. cit., 41, p. 10).

Os modelos consensuais apresentados de forma a facilitar a compreensão ou o ensino são chamados de modelos de ensino (Gilbert e Boulter, 2000) - definidos por alguns autores como modelos conceituais (Moreira; Lagreca, 1998, p. 83) - e sua função é possibilitar que a partir deles, os estudantes formem seus próprios modelos mentais, alterando-os, de forma recursiva, até que sejam funcionais e tenham correspondência com os conhecimentos cientificamente aceitos. Quando isso ocorre, verificamos a aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (1996, p. 201):

Os modelos conceituais são delineados, projetados, por pessoas que usam modelos mentais, para facilitar a compreensão de sistemas físicos por parte de outras pessoas que também utilizam modelos mentais. No ensino, o

professor ensina modelos conceituais e espera que o aprendiz construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais que, por sua vez, devem ser consistentes com os sistemas físicos modelados. Os modelos conceituais são, portanto, instrumentais, meios não fins. O objetivo do ensino é, através de modelos conceituais, levar o aprendiz a formar modelos mentais adequados (i.e., consistentes com os próprios 11 modelos conceituais) de sistemas físicos. Quer dizer, a mente humana opera só com modelos mentais, mas modelos conceituais podem ajudar na construção de modelos mentais que explicam e predizem consistentemente com o conhecimento aceito em uma certa área.

O conhecimento de definições e fórmulas não indica, por si só, a construção de um modelo mental. Quando não há construção de um modelo mental, o estudante não faz conexões conceituais, trabalhando apenas com proposições desconexas. Apenas quando o aluno, com base nos conhecimentos adquiridos, demonstra capacidades explicativas e preditivas, verificamos a existência de um modelo mental subjacente (Greca; Moreira, 1996). Nas palavras de Moreira e Lagreca (1998, p. 87):

[...] a pessoa que constrói um modelo mental de algum estado de coisas do mundo, algum fenômeno físico, por exemplo, chega a compreendê-lo, e à sua maneira, é capaz de explicá-lo e fazer previsões sobre ele. Reciprocamente, se a pessoa é capaz de explicar e fazer previsões sobre um certo fenômeno físico é porque tem um modelo mental dele, embora não necessariamente correto do ponto de vista da Física.

Ter um modelo mental de determinado assunto em ciência não implica que este seja preciso ou exato, pelo contrário, um modelo mental está sempre sujeito a revisões. O confronto do modelo com novas situações é uma possibilidade de testar a aplicabilidade cognitiva do mesmo, e, no caso de este não ser aplicável, de modificá-lo (Tauceda; Del Pino, 2010). A construção de um modelo mental não é garantia de uma aprendizagem significativa, que ocorre apenas quando esse modelo mental é funcional e consistente com sistemas físicos reais.

Outro aspecto a ser considerado quando se pretende verificar a ocorrência da aprendizagem significativa é o fato de em certas circuns-

tâncias, e para atender às expectativas do professor, os alunos optarem deliberadamente por uma aprendizagem mecânica de termos e expressões (utilizando-os em suas respostas), ao invés de fazer um esforço genuíno para compreender o que significam (Ausubel, 2000).

Moreira (1999, p. 62) chama atenção para o fato de que, embora a aprendizagem significativa implique cada vez mais a utilização, pelo aluno, de “significados compartilhados no contexto da matéria de ensino”, isto não necessariamente significa que este abandonou os conceitos antigos e “errôneos” que possuía, podendo utilizá-los em determinadas situações dependendo do contexto.

## **MODELOS DE ENSINO EM CIÊNCIAS: ALGUMAS LIMITAÇÕES**

Uma importante finalidade dos modelos no ensino de Ciências é favorecer a representação de modelos mentais e oferecer oportunidades para que os modeladores modifiquem os modelos existentes, tornando-os mais aplicáveis. Conforme afirma Myriam Krasilchik (2000), as modalidades didáticas utilizadas para o ensino das Ciências Naturais necessitam essencialmente de uma concepção adequada para a aprendizagem de ciência. Apesar das diversas mudanças, as tendências tradicionalistas dos currículos acadêmicos ainda predominam, não apenas no Brasil, mas também em outros sistemas educacionais de países com diferentes níveis de desenvolvimento social e econômico.

Moreira e Krey (2006), ao estudarem as representações mentais que estudantes tinham de conceitos físicos referentes à “Lei de Gauss”, constataram que eles não chegavam a construir um modelo mental de superfície gaussiana, mas apenas imagens isoladas de superfícies esféricas ou cilíndricas (o que excluía outras possíveis formas, como cúbicas ou ovais). Os autores argumentam que a apresentação do assunto nos livros didáticos, em vez de favorecer a construção de tais modelos, parecia dificultar o processo, estimulando uma aprendizagem mecânica da lei.

Para Krasilchik (2000), as aulas práticas de Ciências têm diferentes funções, dependendo das concepções sobre o papel da escola e a forma de aprendizagem. O modo visual é um dos mais comuns na representação de modelos consensuais em Ciências. Embora não se limitem às

figuras e ilustrações estáticas do livro didático, estas são as expressões visuais mais recorrentes em sala de aula, sendo problemáticas para o ensino na visão de alguns autores.

Palmero (2003, p. 230) afirma que os desenhos utilizados para representar a célula são protótipos idealizados que incorporam uma série de organelas e estruturas que dificilmente seriam visualizadas desta maneira em uma célula real. A célula é vista de forma fragmentada, estudando-se cada organela celular separadamente, sob um enfoque predominantemente anatômico, em detrimento de um enfoque funcional e integrador. Muito pouca correlação é feita com uma célula real.

A autora, Palmero (2003), ao estudar os modelos mentais de células de jovens entre 17 e 18 anos, observou dificuldades dos estudantes em modelar uma célula em ação, com vistas ao seu funcionamento, e relacionando estruturas ao seu comportamento real. Nesse processo, o esquema gráfico oferecido pelos livros didáticos pode estar influindo negativamente na construção de modelos mentais mais explicativos e preeditivos.

Tauceda e Del Pino (2010, p. 347-348) também argumentam que as figuras do livro didático nem sempre melhoram a aprendizagem, podendo dificultar a reelaboração mental dos alunos, tornando-se um entrave à construção de modelos mentais. Em suas pesquisas, os autores encontraram forte correlação entre a utilização de figuras do livro didático pelos estudantes e dificuldades para a construção de modelos. De um total de 53 alunos que utilizaram esse recurso, apenas 17% foram capazes de construir modelos, em comparação a 56% (de um total de 45 alunos) que não utilizaram as figuras. Sobre as figuras de DNA presentes no livro didático os autores (*ibid.*, p. 349) afirmam que “As figuras não propõem modelos mentais”, posto que geralmente são descontextualizadas e não são explicativas.

Dadas as deficiências apontadas nos materiais de ensino utilizados em Ciências, é necessário refletir sobre os desenhos e esquemas empregados na representação desses conceitos. Devemos questionar a validade desses recursos e buscar formas alternativas de representação que sejam mais eficazes na construção de modelos mentais.

## CAPÍTULO IV

### O MÉTODO TAMBÉM SE CONSTRÓI NO EXERCÍCIO DA PESQUISA E DA EXTENSÃO

*O método, este é um dos maiores desafios a serem vencidos no início de nossa formação e construção acadêmica. E por que o adentramos e o precisamos tanto? Certamente é o caminho mais seguro para um pesquisador, ele nos garante diferentes pontos que uma pesquisa deve se ater, inclusive o respeito e ética pelos sujeitos de pesquisa. Mas na pesquisa, uma coisa parece que só o tempo nos ensina: que o melhor método não existe até que a pesquisa comece a se desenhar, o trabalho de campo não estiver estabelecido, as hipóteses possíveis estejam levantadas.*

*A experiência nos ensina que é no exercício do trabalho que o mais seguro caminho metodológico pode ser desenhado*  
*(Considerações de um dos autores).*

A partir da epígrafe inicialmente inserida, tomamos como referência os dizeres de Minayo (2001). Ela afirma que uma pesquisa se inicia no problema, na dúvida, na pergunta articulada aos conhecimentos anteriores, que podem até demandar a criação de novos referenciais, dando sentido, diretriz e/ou confirmando o que se possa supor. Para Gil (2002), essa busca por responder a algum problema acontece devido à falta de informações suficientes sobre algum assunto ou quando existe uma desordem nas informações que se têm. Isso ocorrerá por meio de conhecimento pormenorizado, organização e edificação de estratégias e de propostas bem referenciadas nos dados que a pesquisa pode apontar. Ainda, Silveira e Córdova (2009) indicam que a pesquisa é a atividade que potencializa a aproximação e possíveis entendimentos de realidades.

Esse foi nosso movimento no decorrer de todo o projeto interdisciplinar que gerou esta obra. Partimos de experiências exitosas que nos sinalizavam caminhos possíveis (Ceccantini, 2006), embora reconheçamos as limitações do ensino de Ciências: geralmente trabalhado de forma fragmentado, de difícil entendimento e, ainda, sem interface com o contexto dos estudantes. Santos *et al.* (2019), a partir das ori-

tações de Ceccantini (2006), viabiliza a produção de materiais auxiliares, notadamente representados por modelos 3DR, para o entendimento de diversos temas, para além da histologia vegetal.

Nesse sentido, os modelos 3DR vem tomado corpo de material didático e técnica aplicável à sala de aula, tanto na escola básica quanto na educação superior. Para além disso, os modelos tridimensionais têm-se tornado uma ferramenta teórico-prática com potencial na didática em Ciências. É enriquecedor pensar nas propostas feitas por Ceccantini (2006) no campo da histologia vegetal, e visualizar outros saberes e aplicabilidades a cursos de licenciatura na dimensão das Ciências Naturais (Biologia, Química e Física). Os modelos 3DR são representações tridimensionais, de características científicas, e que pode ser apropriada na disseminação do conhecimento, por meio da extensão. Ademais, eles são pedagógicos, que podem fazer parte no arcabouço de ferramentas de ensino.

Diante das orientações dos autores e dos questionamentos que nos inquietavam e nos conduziram a este trabalho, nos perguntamos: como tornar a didática em Ciências e seus conteúdos, como a botânica, mais concreto e interessante para quem o aprende? Quais desafios esse processo de ensino-aprendizagem pode apresentar e como superá-los? Na tentativa de encaminhar respostas, entendemos que na realização de uma pesquisa científica, sustentada em um projeto que integra ensino-pesquisa-extensão, é indispensável, aos pesquisadores envolvidos, o engajamento, o desenvolvimento de características e habilidades no perceber a riqueza do que se propõe observar, das respostas que se possa alcançar (Gil, 2002). Nisso, para o autor, é fundamental um planejamento que contemple o que se pretende alcançar.

Assim, a escolha do método de pesquisa, nessa etapa, pode ser um bom caminho. Sendo assim, ao nos lançarmos no desafio de edificar uma metodologia que contemplasse todo o projeto, ou mesmo considerar os diferentes pontos e perspectivas subjetivas que envolveram sua tessitura, o desafio pareceu-nos árduo, mas nem por isso intimidador. Referimo-nos aqui à importância das subjetividades ao buscar analisar dados e ao perceber a pluralidade. Isso porque,

No universo das pesquisas qualitativas, a escolha de método e técnicas para a análise de dados, deve obrigatoriamente proporcionar um olhar multifacetado sobre a totalidade dos dados recolhidos no período de coleta (*corpus*), tal

fato se deve, invariavelmente, à pluralidade de significados atribuídos ao produtor de tais dados, ou seja, seu caráter polissêmico numa abordagem naturalística. Um método muito utilizado na análise de dados qualitativos é o de análise de conteúdo, compreendida como um conjunto de técnicas de pesquisa cujo objetivo é a busca do sentido ou dos sentidos de um documento (Campos, 2004, p. 611).

Diante desse empreito, o ponto inicial foi uma escrita que nos permitisse descrever como o trabalho se desenvolveu. Pressupomos que isso demonstraria que não simplesmente juntamos fragmentos de textos para compor uma obra, mas que fomos mais audaciosos. Ao longo de seis semestres, por meio de diferentes formas, ações e intervenções, fizemos experimentações até chegarmos ao formato final que serviu de base para esta escrita. Embora não tivéssemos clareza de que os passos dados nos trariam até aqui, sabíamos bem o caminho que estávamos traçando e que os passos iniciais seriam fundamentais. No fim, seja na botânica, na histofisiologia vegetal ou em outras áreas das Ciências, buscamos fortalecer os modelos 3DR como um recurso didático com potencial em sala de aula. Até chegarmos a este ponto, a prática e a ação a cada semestre, repensadas, repetidas, ampliadas, desconstruídas e reconstruídas, serviram como balizas para esta obra. Nesse caminhar, partimos dos pressupostos de que,

Os fundamentos teóricos da investigação, a metodologia, a técnica e procedimentos para obtenção dos dados, as formas de tratamento da informação e a capacidade intelectual do pesquisador na elaboração/produção do trabalho científico, constituem os aspectos essenciais que contribuem para a realização de uma pesquisa de cunho qualitativo (Oliveira *et al.*, 2020, p. 02).

Já cientes do caráter qualitativo que permeia todo o trabalho, gostaríamos de destacar também os elementos que poderiam conferir um perfil quantitativo ao estudo realizado. Consideremos, então, os seguintes dados: um contingente de aproximadamente 150 estudantes de uma escola básica, onde parte significativa da pesquisa foi conduzida; um total de 30 profissionais da educação, entre professores e gestores que compõem essa escola; a coordenação do trabalho de campo realizada e acompanhada por seis pesquisadores que, em diferentes momentos, estiveram à frente do projeto e agora conduzem a elaboração desta obra; e cerca de 70 graduandos

de licenciaturas nas áreas de química, física e biologia de uma Instituição de Ensino Superior (IES) Federal, que estiveram ativamente envolvidos nas diversas etapas do projeto, tanto na universidade quanto na escola.

Desse modo, ao considerarmos os fundamentos desta escrita, o trabalho não pôde ser percebido como focado única e exclusivamente nos dados quantitativos, embora esses existam e sejam relevantes para consideração e mensuração, como fizemos. No entanto, nossa proposta se ancora na subjetividade dos indivíduos envolvidos. Dessa forma, entendemos que este trabalho se situa no campo das pesquisas qualitativas. Seguindo essa abordagem, Woortmann e Woortmann (1997) mostram que a pesquisa deve ter, pelo menos, duas etapas de trabalho no campo.

Para os autores, a primeira etapa consiste na “viagem de reconhecimento”, que envolve percorrer o campo e as atividades que nos atraíram até ele. Uma vez nesses espaços, é necessário estabelecer os primeiros contatos com o grupo que será envolvido, realizar o acolhimento e estar atento aos dados secundários. Esse contato inicial com o campo precisa ser amplo e capaz de gerar conhecimentos e diretrizes que deem base para o que se pretende fazer e responder. Essas diretrizes e movimentos nos pareceram importantes. Assim, dedicamos todo o primeiro ano ao envolvimento com o grupo e suas subjetividades, tanto no espaço acadêmico com os graduandos quanto na aproximação destes com o espaço e os sujeitos escolares.

Nesse período, foi possível delinear todo um projeto de extensão, suas diretrizes, criar formas eficientes de ação e produção, frequentar o espaço escolar, conhecer as dinâmicas e especificidades da escola como um universo único e constituído por sujeitos subjetivos. Na universidade, diferentes caminhos foram traçados. Os grupos foram chamados a refletir, discutir e escrever sobre as primeiras experiências, apresentar esses temas em congressos institucionais e publicar seus trabalhos e considerações, que já traziam aprendizagens valiosas desde o início.

Como a estrutura do trabalho foi desenhada? Na instituição em que a pesquisa foi realizada, temos um componente curricular denominado “Projetos Interdisciplinares (Prointer)”, que busca integrar estudantes de diversas licenciaturas (em nosso caso, Biologia, Química e Física). No quarto semestre Projetos interdisciplinares (neste caso, Prointer 4), as aulas acontecem conjuntamente entre os três cursos. Na disciplina, foram realizadas aulas teóricas (abordando os aspectos específicos dos

conteúdos trabalhados e também pedagógicos), aulas práticas (com a construção de materiais didáticos) e, ainda, delimitamos uma intervenção em uma escola de educação básica.

Esse período de aproximação com o espaço e os sujeitos de pesquisa nos remeteu a pensar um pouco naquilo que Freire (2020) nos orienta no campo da pesquisa-ação. Esse foi um tempo importante que viabilizou entendimentos entre pesquisador/educador e o público envolvido, permitindo traçar não somente as características gerais e quantitativas, mas também as concepções de mundo daqueles que estavam envolvidos. Esse é o horizonte relevante para situar um pesquisador: uma ação e um trabalho com múltiplas marcas e características. No nosso caso, havia um desenho que integrava o ensino (as aulas conjuntas de Prointer 4), a extensão (a interlocução dos materiais gerados com a escola de educação básica) e a pesquisa (reflexão e sistematização dos resultados gerados no trabalho).

Nesse caminho, um desafio considerável foi observar o docente e o aluno escolar, a dinâmica dessa instituição, e validar o contexto de cada um, compreendendo como a docência ocorre nesses espaços e como ela já está configurada. Reconhecer valores e subjetividades, que tornam aquele público único e diferenciado dos outros, foi cativante, pois houve a construção de saberes e confiança mútua. Isso só é possível quando o processo ocorre a partir do que Freire (2020) nos orienta, no campo da questão da linguagem. Para ele, perceber os contextos envolve desafios na validação das lutas e no reconhecimento das diferenças, evidenciando possíveis desigualdades.

A questão da linguagem, no fundo, uma questão de classe é igualmente outro ponto em que pode emperrar a prática educativa progressista. Um educador progressista que não seja sensível à linguagem popular, que não busque intimidade com o uso de metáforas e parábolas no meio popular, não pode comunicar-se com os educandos, perde a eficiência, é incompetente (Freire, 2020, p. 64).

Para além do descrito, considerar o conceito do autor para essa obra tem significados fundamentais que não podem ser negados. Um desses significados é a capacidade de situar o leitor em relação a algumas outras subjetividades que envolveram o projeto, especificamente referentes a uma característica da escola onde o projeto foi executado, embora em nenhum momento tal desenho ou traço seja mencionado,

descrito ou facilmente observado. Trata-se de uma escola cujo desafio é atuar na formação de estudantes procedentes do campo, filhos de famílias que estão no campo e vivem do campo. Nós, autores da obra, intitulamos como escola com características do campo.

Quando delineamos a educação do campo, vale ressaltar que este é um movimento, uma conquista que se deu pela força e reivindicação dos movimentos sociais e que tem o pensamento de Paulo Freire como espinha dorsal na pedagogia do oprimido. Esse movimento compõe uma força que chegou às universidades a partir da primeira década deste século. Por isso, achamos importante salientar essa subjetividade institucional. A escola está localizada em um distrito de aproximadamente 450 habitantes, a 45 km da sede do município, interligados por via asfaltada e em bom estado de conservação.

Sobre as subjetividades, os sujeitos, suas procedências e vivências, vale reforçar que estávamos diante de um conjunto heterogêneo de sujeitos, professores que residem na zona urbana e um grupo considerável vivendo no campo, incluindo alunos. Com esses delineamentos, percebemos que havia entre os graduandos essa heterogeneidade, as diferenças de espaços, tanto no contexto acadêmico quanto no escolar. Diante dessas peculiaridades, entendemos que a pesquisa qualitativa seria o método mais adequado, metodologicamente, para legitimar, reconhecer e dar voz a esses sujeitos. Isso porque, no campo quantitativo,

Análises, a partir de dados quantificados, contextualizadas por perspectivas teóricas, com escolhas metodológicas cuidadosas, trazem subsídios concretos para a compreensão de fenômenos educacionais indo além dos casuísticos e contribuindo para a produção/enfrentamento de políticas educacionais, para planejamento, administração/gestão da educação, podendo ainda orientar ações pedagógicas de cunho mais geral ou específico. Permitem ainda desmistificar representações, preconceitos, “achômetros”, sobre fenômenos educacionais, construídos apenas a partir do senso comum do cotidiano, ou do marketing (Gatti, 2004, p. 26).

Seguindo as orientações e descrições da autora, consideremos que parte do público da pesquisa, os estudantes da escola básica, está ligada aos latifúndios e suas produções, servindo como mão de obra. Outra parte é composta por filhos de proprietários de pequenos pedaços de terra, pequenos sítios. Esses têm suas casas na cidade ou residem no campo e, diariamente, seus filhos se deslocam para a escola por meio do transporte

escolar que a prefeitura local disponibiliza, situado na sede do distrito. Esse perfil dos estudantes escolares provenientes do campo soma-se ao número considerável de professores que vivem no campo, como parte de seus alunos, e vêm ao distrito para exercer a docência como profissão.

Reforçamos que são essas subjetividades que nos direcionaram na pesquisa e tornaram o trabalho sensível e atento às dinâmicas de classe, da escola do campo, e aos desafios que essas instituições precisam enfrentar na formação de novas gerações, cujos valores possam ser enriquecidos por uma formação que os subsidie a ver além (Santos *et al.*, 2019). Assim, entendemos que essa aproximação do campo de pesquisa, seus sujeitos e suas subjetividades, nos direcionaram a algumas ferramentas, como elementos percebidos na pesquisa-ação e que já estavam sendo evidenciados. Isso porque,

A pesquisa-ação é uma atividade de compreensão e de explicação da práxis dos grupos sociais por eles mesmos, com ou sem especialistas em Ciências humanas e sociais práticas, com o fito de melhorar sua práxis, ou seja, com o intuito de transformar sua conduta no uso de uma ação transformadora (Barbier, 2004, p. 67).

Mesmo que imbricada a outros elementos, nosso movimento tem um pouco desse direcionamento, de atuar, de ação, quando, ao mesmo tempo, exercíamos o ato de pesquisar, questões que a extensão subsidia muito bem. Quando fazemos essas descrições do campo e um pouco de método, o fazemos cientes de que isso serve como norte para outras pesquisas, outras investigações que ficam presas ao método, limitando a sensibilidade descritiva do que se pode fazer, do que nos inspira e gera experiência, conduzindo a resultados inesperados. Mas, ao mesmo tempo, reforça o quanto a pesquisa precisa ser percebida como um campo de experimentações, como Gil (2002) e Minayo (2001) descrevem.

Isso porque, a abertura que a abordagem interpretativa dá às Ciências Humanas é bastante significativa, no que se refere às possibilidades de flexibilização de métodos e técnicas na coleta de dados, diante das situações vividas em campo, como a experiência em uma escola de perfil e público ligado a espaço não urbano, na perspectiva de sujeitos procedentes das atividades de produção primária e agrícola, quer sejam proprietários ou não de áreas de plantio.

Para além desse desenho bem subjetivo do público envolvido, consideremos que há outra questão relevante a ser considerada: o não

planejado – o imprevisto – que pode se tornar uma descoberta. Diante dessas questões, é importante que os pesquisadores tenham em mente que há nessa possibilidade algo melhor a ser revelado. Ela pode enriquecer o debate sobre metodologia de pesquisa qualitativa, por exemplo (Fischer, 2021). Enquanto o quantitativo mensura o volume de fatos, as subjetividades são ferramentas poderosas para o qualitativo e essa aproximação do campo de pesquisa nos permite perceber essas possíveis marcas, mesmo que em campos teoricamente de foco diferente.

Nessa flexibilidade de ação direta no campo de pesquisa, entretanto, é preciso cuidar para que o pesquisador crie e observe, sem romper com a legitimidade do processo de produção do conhecimento científico, estando atento às nuances e dinâmicas envolvidas. Ainda é importante ressaltar que as técnicas de caminhadas transversais não são excludentes entre si, mas se complementam e ajudam-se mutuamente (Minayo, 2001). Cada uma acaba tendo seus próprios objetivos e finalidades a que se propõem e se compõem mutuamente. Isto quer dizer que, dependendo dos objetivos do pesquisador e dos recursos de que disporá para a pesquisa de campo, ele pode lançar mão de ambas as técnicas. Isso traz a importância de um longo processo de aproximação entre o campo de pesquisa e o que se pretende fazer.

Assim, a partir das observações feitas na primeira etapa, tornou-se possível elaborar roteiros de entrevistas mais prolongadas e focadas, de forma a permitir o convívio com as subjetividades da comunidade-alvo. Esse convívio anterior permitiu abrir caminho para a percepção de valores, chamando a atenção para categorias de pensamento e ação a serem exploradas em tudo que poderíamos desenvolver e mesmo nas entrevistas a serem feitas. Nossa aposta foi que, em pesquisas desta natureza, ela possibilitaria coletar dados ricos em pormenores descriptivos sobre as pessoas, seus hábitos e um pouco da cultura. Do mesmo modo, nos deu acesso a uma possibilidade muito maior de mensurar o efeito de nossas ações.

Esse movimento objetivou estimar o fenômeno em toda sua complexidade e em contexto natural, ali onde se conviveu. Falamos da escola, do aluno e do professor que vêm do espaço do campo, do ensino escolar ali adotado e da forma como se organizou historicamente diante desse público. Dessa forma, privilegiou-se a compreensão sobre os significados que os acontecimentos tinham para os sujeitos da investigação, enfatizando-se a importância da interação simbólica e da cultura na compreensão do possível e acessível (Bogdan; Bicklen, 1994; Godoy, 1995).

Ainda, para Portela (2004), outros cuidados devem ser tomados para que uma pesquisa seja aceita nos meios científicos. Nisso, a correção e adaptação dos instrumentos de pesquisa durante todo o processo, incluindo a intervenção, precisam ser mensuradas e bem articuladas. Aí está um cuidado tomado, quando mensuramos o tempo entre aproximação e o objetivo final desejado. Estar na escola em contato com toda a sua dinâmica desde o início foi determinante. Isso porque foi por meio de uma instrumentação responsável para a obtenção de resultados mais confiáveis que o manuseio de objetos e acontecimentos, entre outros, tornou-se definitivamente efetivo. Essas responsabilidades são ainda maiores quando alguns elementos estão envolvidos. No nosso caso, temos:

1. O desafio interdisciplinar envolvendo a formação de professores para as áreas de Química, Física e Biologia, com três pesquisadores atuando conjuntamente, desafiados a construir saberes com seus graduandos sobre como a interdisciplinaridade pode acontecer e ser eficiente, sendo um de cada uma das áreas citadas.
2. Como o trabalho final tinha como foco a área de botânica, histofisiologia vegetal, entrou em ação, no último ano de trabalho, um profissional com um saber complexo e a articulação de seu conhecimento com os já estabelecidos. Isso exigiu um longo período de articulação, aproximação e planejamento entre graduandos e professores.
3. O foco central, a todo tempo, esteve na formação de futuros professores para atuar nas áreas das Ciências da Natureza, dentro de uma perspectiva pedagógica eficiente e bem estruturada, interdisciplinarmente. No primeiro ano, a botânica não aparece como alvo a ser alcançado. O cuidado era somente para não criar expectativas, afinal, esses contatos de aproximação tinham fundamentos de base e estreitamento.

Aí surge o questionamento: como articular esses elementos e torná-los material de reflexão, debate e dados de pesquisa? Buscando uma excelência em pesquisa, o pesquisador deve levar em consideração as prováveis dificuldades a serem enfrentadas no desenvolvimento dessa pesquisa. Nesse particular, suas experiências e maturidade são fatores determinantes para que a pesquisa seja bem-sucedida. No nosso caso, além da consciência do nosso papel como pesquisadores e extensionistas

frente às exigências do projeto que já iniciamos o desenho aqui, tínhamos nosso compromisso com a formação dos professores. Nisso, o desafio foi buscar a atenção para observar a subjetividade, criando espaços para que houvesse expressão de opiniões, valores e responsabilidades.

Para que fosse possível descrever os grupos envolvidos no trabalho, examinando-os em profundidade, da forma mais detalhada possível, empreendeu-se o estar, retornar e investir em diferentes frentes de convívio entre os grupos, e isso foi fundamental. Porém, os objetivos da pesquisa de compreender percepções e significados foi o que nos levou à adoção e ao entendimento de que a pesquisa continuava qualitativa, no desafio de observar, diante das coisas do mundo simbólico e social dos sujeitos envolvidos, quais marcas traziam. Portanto, descrever o passo a passo, e como os percebemos e nos referenciamos metodologicamente, é o que buscamos organizar aqui.

Nesse caminho, antes de ir à escola para execução do projeto final, um ano após iniciados os primeiros contatos e convívio escolar com o grupo de trabalho, nosso ponto de partida foi um conjunto de experiências que se iniciaram no Laboratório Pedagógico de Ensino (LAEN) e o no Laboratório de Botânica (LABOT), num curso de formação para a docência de uma universidade pública federal, como já descrito. Trata-se de experiências bem pensadas e já experimentadas, nesse ponto do trabalho. Isso porque ir à escola trimestralmente exigiu essa articulação a cada visita. A cada ida, produzimos materiais, criamos estratégias de articulação entre os graduandos e passamos longos períodos discutindo ações pedagógicas dirigidas, até se chegar à escola a cada trimestre, como já descrito.

Portanto, não se trata de um saber ou vivência isolada de processos pedagógicos, porque envolveu seis semestres de formação e quatro áreas diferentes, sendo pesquisadores no campo de Ciências Naturais: um com foco na educação; outro na botânica; dois da educação em Química; e a participação de saberes de um professor pesquisador da Física. Portanto, como já dito, é um trabalho com perfil interdisciplinar, que tem como alvo atuar na formação inicial de professores, e também na formação continuada. Uma ação que, no percurso dos seis semestres citados, permitiu as idas à escola. Inclusive, foi o trabalho contínuo que tornou possível alcançar a formação continuada dos docentes escolares.

Foi na escola, no compasso do projeto, que o corpo pedagógico dela nos direcionou e provocou uma eficiente formação continuada, uma vez que as ações trabalhadas com os estudantes da escola, também foram trabalhadas com os professores [da escola]. Vale considerar que cada ida à escola exigiu mais de um semestre de planejamento e articulação entre professores pesquisadores e o número de graduandos que atuaram. Entre as três licenciaturas envolvidas, a ação na escola envolveu, em média, 40 graduandos.

No campo da botânica, foco final do projeto, ele é parte da formação de futuros biólogos. O contexto dessa formação surgiu de abordagens gerais para um delineamento mais específico, com ênfase no ensino de botânica para a educação básica. Nesse sentido, a implementação prática da ferramenta conhecida como modelos 3DR, que tem sido central nas iniciativas, envolveu contribuições de diversas áreas para sua concretização e efetividade. Para o autor Foucault (2022), essas verdades se referem

ao modo de existência desses discursos verdadeiros em nós. E, dizer que são necessários para nosso porvir é dizer que devemos estar em condições de recorrer a eles quanto necessidade de se fizer e sentir. Quando um acontecimento imprevisto ou um infortúnio se apresenta, é preciso que, a fim de nos protegermos, possamos apelar ao discurso verdadeiro. É preciso que eles estejam em nós, à nossa disposição e o usemos, seja nossa expressão (Foucault, 2022, p. 89, 90).

Falamos de memórias, que na perspectiva do discurso, estão marcadas em nossos corpos e compõem as nossas identidades, por terem nos atravessados em algum momento de nossa construção (Foucault, 2011a). Nisso, consideremos que as experiências são estruturas que nos subsidiam ser quem somos e nos posicionar no mundo. Nesse sentido, ao considerar quem somos a partir de nossas memórias, ao serem (re) visitadas, é aí que podemos fortalecer percepções e vivências, instaurar modos de se relacionar e constituir o mundo.

Assim, ao nos desafirmos a um trabalho no campo envolvendo extensão e ensino com graduandos e os trazermos aqui como material de análise, o foco foi na perspectiva da educação, no desafio de uma escrita que produzisse ressonâncias no leitor, vibração, entendimento de como essas dinâmicas ocorrem, junto do olhar de quem as viveu na escola. Essa é uma urgência das pesquisas no nosso tempo, orienta

Fischer (2021). Um desafio do trabalhar pesquisa em educação menos tecnicista, que demonstre as personalidades desses processos e como eles são ricos em emoção e vitalidade.

Nesse caminho, Fischer (2021) propõe a valorização e a centralidade dos processos criativos, voltados às diversas configurações que a memória permite construir. É um fugir aos impasses e limitações da escrita quase sempre divorciada de vitalidade e beleza estética, das verdades paresiastes de quem as escreve (Foucault, 2011b). Fugir da frequente oposição entre arte e pensamento, tão comum em tudo que se vê na academia. Podemos perceber e afirmar que:

[...] a falta de clareza quanto às possibilidades de fazer do próprio relato um texto autoral e genuíno; a hierarquização rígida de dados, no sentido da eliminação ou do próprio esquecimento no que tange às ocorrências mínimas da pesquisa, seus desvios inesperados e, aparentemente, menos dignos de consideração; o abandono ou a negação dos fragmentos cotidianos do estudo, bem como das oscilações e novas configurações do próprio objeto e da ação do pesquisador, ao longo da viagem investigativa (Fischer, 2021, p. 5).

Trata-se de um movimento-método-escrita que Castejon (2023) sinaliza como éticas e estéticas. Seria um caminho para percorrer discursos e aceitar a raridade das coisas ditas. Uma espécie de atitude diante da vida, na perspectiva ética-estética-política, embebida em vida e, nem por isso, menos rigorosa e intelectual. Movimento de fortalecimento e reconhecimento de que existem múltiplas identidades e que, assim, pensar sobre mim e os outros é sempre navegar em meio às diferenças que nos marcam, distanciam, ligam e constituem. Em suma, são estas escritas que nos inspiraram, e que aparecem dialogando conosco ao longo desse trabalho.

Para melhor ajustá-las, usamos alguns fundamentos da análise do discurso como referencial, não para buscar o invisível por detrás do que está posto, mas para perceber na escrita o que está ali diante de nossos olhos e só precisamos notar. Isso porque o discurso não está escondido por entre as linhas; ele está nos signos e nas verdades que traz (Foucault, 2011a). Logo, não foi nem é nosso desafio esmiuçar as narrativas, mas dialogar com elas, dar sentido junto a todo o demais que o trabalho desenha e descreve, palavras como pérolas e flores no jardim.

# CAPÍTULO V

## UM EXEMPLO PARA PENSAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS: A BOTÂNICA E A POTÊNCIA DOS MODELOS 3DR

*Ver a revolução de um tema de Botânica, tão subestimado apesar da importância e pertinência, tão pouco explorado como é nas escolas e até mesmo nos cursos de graduação. Verificar que há espaço para este tipo de abordagem, há necessidade de se aprofundar em temas tão detalhados como esse, para formarmos uma nação de seres pensantes, que conhecem as nuances mais profundas dos organismos e podem verificar a importância desse nível de detalhamento em sua formação de conhecimento. Foi incrível ver alunos envolvidos e maravilhados com os modelos, se aproximando de peças que eles nunca teriam observado, sequer por imagens. Foi bonito ver que um estímulo que uniu duas disciplinas de graduação, trouxe empoderamento aos licenciandos que se tornaram formadores de conhecimento em pouco tempo. Após essa experiência, muitos saíram da disciplina de morfologia vegetal com outros interesses, com expectativas elevadas, com relação ao futuro e às possibilidades de se trabalhar outros temas, que não somente aquilo que foi feito neste projeto. Enfim, houve uma transformação visível e materializada no ensino de botânica que ecoou em outros processos e desejos, em todos os envolvidos e tocados por este belíssimo trabalho (narrativa de um dos autores).*

A partir da narrativa inicial, fica evidente que o ensino de Ciências é envolto em diferentes complexidades, desafios, implicações e peculiaridades, com subjetividades de complexa sumarização. Especificamente, a miríade de conceitos, distintas nomenclaturas e intensa segmentação dos inúmeros campos de estudo e pesquisa tornam hercúlea a tarefa de apontar as dificuldades encontradas na construção do conhecimento nessas áreas. Este é um dos temas que tentaremos discutir. A variedade de áreas abordadas, tanto na escola básica quanto no ensino superior, é algo a ser considerado.

Da mesma forma, diante dos paradigmas que se apresentam, sempre há um grupo de pensadores buscando caminhos e meios de superar tais desafios. Nesse sentido, vemos frequentemente propostas inovadoras que auxiliam no alcance de uma aprendizagem que seja, de fato, significativa, por parte dos estudantes. Prova disso é que diversos temas das Ciências Naturais têm sido discutidos historicamente e entendido como um desafio a ser enfrentado. O debate tem ocupado o espaço acadêmico e a formação de professores de forma acentuada. Pesquisadores como Mirian Krasilchik (1987; 2000; 2008) e Marta Marandino (1994; 2000; 2001) são exemplos desse movimento no Brasil do fim do século XX e início do século XXI, na busca por um ensino de Ciências, e em particular, a Biologia, mais acessível.

Além disso, iniciativas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a Reforma do Ensino Médio e outras políticas buscam caminhos que auxiliem nesse processo (embora, nem sempre essas iniciativas colaboram para avançarmos na educação escolar). Mesmo assim, persiste a necessidade de refletir sobre a ampliação dessas estratégias, de forma que permitam uma construção do conhecimento mais adequada, ajustada e acessível nas mais diferentes áreas e campos de estudo das Ciências. Nos últimos anos, tem-se refletido, acrescentado e modificado alguns caminhos, anteriormente considerados superados. Alguns desses, giram em torno do papel da formação inicial e continuada na melhoria do aprendizado em temas delicados e importantes para a sociedade, como educação, saúde e sexualidade, políticas de gênero, relações étnico-raciais, desenvolvimento sustentável, educação ambiental, dentre outros.

Ao nos referirmos aos temas ambientais, por exemplo, eles podem ser percebidos como um despertar consideravelmente tardio, inclusive devido às catástrofes climáticas vividas nas últimas décadas. No Brasil, o ano de 2024 ficará marcado pelas chuvas, enchentes e avanço das águas em boa parte do estado do Rio Grande do Sul. Nisso, concordamos com Figueiredo *et al.* (2012) que tais marcas do nosso tempo expõem a urgência de estratégias alternativas para fomentar uma maior aderência a temas de difícil compreensão, mas que fortaleçam o entendimento de que temos vivido a melhor percepção dos desequilíbrios ambientais.

Se há fragilidades no que acabamos de sinalizar, isso ocorre pelo desconhecimento de saberes que, juntos, permitem uma melhor leitura

e medidas de prevenção que partem do sujeito, de cada um. Não se trata de ações que são responsabilidade apenas do poder público. É necessária uma formação constituída de saberes que colaborem para uma visão amplificada de ambiente, desequilíbrio e prevenção (Teodoro; Silveira; Longhini, 2022). Dentre tais saberes, o ensino de botânica conecta-se de forma sensível e indispensável.

Pensando nesse contexto, provocados pelas dificuldades enfrentadas no ensino de botânica, uma área das Ciências Biológicas, ainda persiste a carência por alternativas de estratégias de ensino e aprendizagem, assim como a busca por metodologias inovadoras na abordagem de temas complexos. Propostas eficientes vêm sendo pensadas e executadas nas escolas e universidades (Furlan *et al.*, 2012; Gullrich, 2003; Katon *et al.*, 2013). Mesmo assim, a contínua e constante busca por uma prática diária de docentes, na escola e na academia, que contribua para novos caminhos, que colaborem para romper com as amarras aparentemente intransponíveis, é importante. Cabe aos debates acadêmicos, às práticas de ensino e aos projetos universitários ligados às licenciaturas investir nesse campo, na busca de novas leituras, diretrizes e superação.

Portanto, o ensino das diversas frentes da Ciência, por exemplo, botânica, tem sido repensado, como Bocki *et al.* (2012) bem descreve. Ora pela percepção da fragilidade na forma como essa construção ocorre, ora cientes de que a formação, principalmente nas licenciaturas, cumpre limitadamente seu papel (Gullrich, 2003). Seria pela tecnicidade dos conteúdos específicos? Seria pela “distância” invisível entre o reino vegetal e animal? Ou seria a somatória dessas questões, acrescida das subjetividades de cada contexto? O consenso é que esse saber chegará à sala de aula por meio dos novos educadores. Se sua formação é frágil, seu ensinar exigirá um esforço excepcional na construção do saber para si mesmo nesse campo, até que chegue à condição de ser ensinado adequadamente, como permite arrazoar Katon *et al.* (2013). Caso contrário, persistiremos nos erros históricos.

O comum é seguir cumprindo papéis únicos de nomenclaturas e saberes carentes de sentido para quem ensina e para quem aprende (Krasilchik, 2008). Mas há um caminho a ser considerado nesse campo: a botânica. As plantas em nossa sociedade cumprem inúmeros papéis, estando associadas a atividades muitas vezes sem correlação direta entre

si, desde nossa alimentação ao vestuário, dos costumes sociais ao conforto térmico e visual, do paisagismo ao reflorestamento, dos fitoterápicos ao uso ritualístico, das monoculturas às áreas de proteção ambiental.

Além disso, não se pode mais fugir do debate sobre a crescente degradação de habitats e a diminuição de áreas naturais, em que os membros do reino vegetal estão envolvidos e que diretamente refletem na qualidade de vida humana (Lovo *et al.*, 2016). Só por essas razões, deveria ser simples abordar tais organismos em sala de aula. Mas por que isso não ocorre? Nossa carga de experiências prévias é permeada por contato, interações e envolvimento com plantas, suas distintas aplicações e o conhecimento prévio que construímos desde que nascemos.

Consideremos outra questão importante: a cultura comum no interior do país ainda prevalece em um número significativo de usos e aplicações medicinais da cultura popular que exigem conhecimento sobre as plantas em diferentes perspectivas. Há uma relação social com o mundo vegetal, suas diferentes partes e aplicações. Então, por que na escola e na universidade esses saberes não ocupam um lugar e cumprem seu papel de conhecimento importante na vida de quem os aprende? Buscando compreender essas questões, a partir de considerações de um acadêmico da área de botânica, que trabalha na formação universitária há certo tempo, sua fala pode responder ou mostrar como isso é percebido em um espaço não tão conectado diretamente aos debates da educação e da Didática, ou centrado no saber técnico da área. Sua fala é esclarecedora. Para o professor

*Em muitas ocasiões as razões são inúmeras, mas algumas se destacam, como: falta de base no ensino de Ciências na educação básica. A gente vê o universitário longe de um conceito básico que nos auxilia; falta de contato com o ambiente natural e com plantas, ainda na infância e adolescência, difícil de entender, uma vez que há esse contato no cotidiano; falta de contato com ambientes preservados e arborizados; tradicional ausência deste conteúdo nas obras e avaliações comuns aos currículos; dificuldade na formação dos professores ainda na graduação, com tendência de supervvalorização de outros saberes; desinteresse pela botânica causada fundamentalmente pela pouca diversidade percebida de plantas pela população. Enfim, em suma pela impercepção botânica, suas causas e consequências que retroalimentam um ambiente acadêmico e cultural de apagamento ou desvalorização da botânica.*

Conforme o fragmento de fala nos sinaliza, Lovo *et al.* (2016) permitem assegurar que o encontrado durante a abordagem desta miríade de conteúdos reunidos pela botânica, seja na educação básica ou no ensino superior, inverte a “lógica” de que a vivência deste público é devidamente carregada para dentro dos espaços de educação, ou que a vivência basta para certificar a importância deste conhecimento. A formação acadêmica mostra isso, e a fala do professor confirma. Dessa forma, tais descrições expõem fragilidades e processos técnicos até bem-organizados, mas nem por isso efetivos. Parecem não alcançar o potencial que apresentam, a importância que têm, o sentido que pode ter ou ser ampliado.

Ao nos depararmos com tais desafios, ficamos mais presos a questionamentos do que a possibilidades que nos sinalizem de fato que caminho seguir, visto que tais empreitadas não são atuais, persistindo como algo a ser superado. Daí nos lançamos a pensar e considerar por onde começar. Ao elencarmos qual caminho nos parece coerente, a formação inicial mostra-se como um ponto de partida, o início de todo um repensar da questão. Para Krasilchik (2008) e Marandino (1994), é nesse espaço, na interação dos saberes acadêmicos específicos e técnicos, centrados na educação, que propostas inovadoras podem começar a redesenhar essa prática, esse saber e sua implicação na escola básica. Em uma experiência exitosa, um professor universitário, ao trabalhar esse conteúdo em sua disciplina de histologia vegetal, sendo ele um especialista na área, descreve algumas ações que fazem diferença no seu ensinar. No recorte ele descreve que,

*A vivência dos sucos de frutos traz inúmeros laços que se resumem em uma aula que abarca pertencimento, já que os alunos são apresentados a diferentes maneiras de se informar sobre plantas do cotidiano (a propósito, são usadas apenas espécies comerciais de frutos, tubérculos e outras partes de plantas de sacolão e supermercado), ou seja, a maioria dos alunos nunca sequer consumiu aqueles frutos ou nunca havia usado aqueles frutos, como apresento ali (ex: leite-de-coco que ensino de onde vem e como podemos fazer em casa). Uma outra ótica é a da origem morfológica dos insumos que usamos das plantas, pois os diferentes frutos e suas partes são apresentados com detalhada explicação, sendo que de alguns se extrai o suco do pericarpo (parede do ovário), já de outros estes é retirado do receptáculo. Com relação à consistência, em algumas*

*espécies o pericarpo tem camadas rígidas e secas (coco-da-baía) e em outras o pericarpo é delgado e fino (uvas). Do ponto de vista da experiência sensorial, o fato de que todos os frutos e demais órgãos vegetais usados, sejam aproveitados como sucos traz mais uma nuance inovadora que pode ser abordada como aproveitamento do recurso natural, além de ser uma maneira lúdica de focarmos na consolidação daquele conhecimento, já que esta é frequentemente citada como uma das aulas mais importante que eles tiveram em toda graduação.*

A narrativa é eficiente em nos trazer, em uma única aula envolvendo um conteúdo amplo, elementos que mostram como esse saber pode ser ajustado, adequado e efetivo. Assim, uma questão que a experiência permite alcançar é que o melhor caminho para abordar o tema é ajustá-lo à realidade vivida. Portanto, concordamos com Bocki *et al.* (2012) e a narrativa de nosso participante confirma que, a partir de experiências na área, podemos apontar, com certa segurança, aspectos que contribuem para que este grupo de conhecimentos esteja envolto em discussões para o aprimoramento ou desenvolvimento de novas estratégias de ensino e aprendizagem.

Estamos falando de um grupo de pesquisadores, de diferentes áreas (Biologia, Química e Física) que embasa discussões que atravessam temas como Etnobiologia, questões ambientais e de uso da terra, conservação e manejo de recursos naturais, mudanças climáticas e perda de biodiversidade, dentre outros. Por óbvio, não se espera esgotar tal discussão nesta oportunidade; contudo, cabe ressaltar que esta reflexão resume um conjunto de fatores que podem contribuir para uma discussão indispensável, somado a tantos outros que já vêm propondo trazer o tema, dar espaço e novo valor.

Daí indagamos: como articular esses caminhos na formação inicial de professores das áreas de Ciências Naturais? Inicialmente, consideremos que uma das principais causas para uma abordagem empobrecida nos temas associados às Ciências (por exemplo, a botânica), pode ser ao que se denomina de Impercepção Científica ou, neste caso, Impercepção botânica. O termo é uma adaptação publicada no português por Ursi e Salatino (2022), procedente da terminologia adaptada por Parsley (2020). Seria uma “cegueira botânica” - do inglês *plant blindness* (Wandersee; Schussler, 1999), terminologia capacitista que se sugere

a extinção do uso. O termo busca expressar a falta de capacidade das pessoas em perceberem as plantas no ambiente, levando à desvalorização delas frente aos animais (zoochauvinismo, *sensu* Hershey, 1993) e prejuízos, limitações, resistências no e para o ensino de temas botânicos.

Segundo os autores, esta desconsideração envolve desde preceitos neurológicos à equívocos antropocêntricos que posicionam as plantas como organismos “inferiores” em relação aos animais, contribuindo para a construção de um julgamento das primeiras como indignas da consideração do público em geral (Ursi; Salatino, 2022). Mas, como isso é possível? Parece-nos irreal quando consideramos a fotossíntese e seu papel para com a vida e a subsistência de todo e qualquer outro ser vivo, na produção de energia, na cadeia alimentar, o papel de produtores. Como é possível tal invisibilidade? Na narrativa de um especialista, ele descreve que,

*Sistemática é uma área básica, uma área que fundamenta o conhecimento que virá, no caso de Sistemática de Criptogamas há a apresentação dos fundamentos da classificação dos grupos mais basais das plantas terrestres. A Sistemática sempre foi um ramo negligenciado, um primo “pobre”, um patinho feio dentro dos ramos das Ciências Biológicas. Historicamente, há carência nessa área e na formação de novos interessados em taxonomia e filogenética. Nos dias atuais, a maioria dos alunos que se interessam por Biologia, tem afeição aos problemas atuais de maior relevância social e midiática, como a área biomédica (desenvolvimento de fármacos, tratamento de tumores, estudo de viroses e pandemias etc.) e a área da biodiversidade, contudo os discentes não se interessam em conhecer a organização desses grupos do ponto de vista sistemático, estando mais interessados em ilustrar, visualizar e trabalhar com esses grupos, sem se preocupar com os nomes, as classificações e sua evolução. Com isso, apesar dessas disciplinas serem localizadas no início dos Cursos de Graduação, o desinteresse dos alunos é evidente, frente aos outros campos das Ciências Biológicas e isso afeta profundamente o ensino de Sistemática na graduação. Perceber, identificar, sentir os danos dessa questão, sua existência e influência, a da Impercepção botânica, dispensa elaborados testes, principalmente ao se tratar de um docente que ministra a primeira disciplina de botânica de um currículo comum a um curso de Ciências Biológicas (Sistemática de Criptogamas). Durante as primeiras semanas de aula, é fácil constatar que, apesar de toda importância das plantas no cotidiano dos alunos, quase nenhuma*

*correlação entre os produtos, aplicações e usos comuns das plantas em nossas vidas é devidamente percebida por eles.*

Isso nos chama a olhar para áreas como essa com certa atenção, buscando caminhos que possam ser auxiliares. Daí nos lançamos no desafio e, já no primeiro contato, ao conversarmos com os ingressantes – acadêmicos de licenciatura em Biologia – é comum sermos impactados por relatos de alunos que nunca tiveram sequer contato com grupos vegetais em nenhum estágio do ensino básico. Para outros, o tema foi apresentado apenas de forma superficial, sem o devido aprofundamento conceitual necessário, contrastando com uma minoria que foi adequadamente inserida no contexto das plantas, mas que, comumente, não consegue absorver parte significativa do conteúdo. Para o primeiro grupo, geralmente, a solução parece ser montar aulas de “nívelamento” na tentativa de igualar as condições de partida de cada discente.

Ao considerar a geração atual, chegando ao ensino médio e à universidade, a atualidade ainda é marcada por questões complexas, como o “efeito pandemia de Covid-19”. A lacuna de saberes trouxe danos e prejuízos à formação de toda uma geração, uma questão que se perpetuará por toda ela. Um exemplo simples disso diz respeito aos calendários. Nisso, cabe ressaltar que os cronogramas acadêmicos encurtados e as condições desiguais de formação básica tornaram-se um problema. Essas estratégias são vistas como insuficientes para sanar o problema, além de diminuir a capacidade de aprofundamento que se exige de uma disciplina de graduação ou mesmo de uma formação básica adequada.

Para a segunda questão suscitada, consideremos que há diferentes interpretações sobre as condições que levam à incompleta adesão ao conhecimento botânico, como a maneira como as plantas são introduzidas nos programas, frequentemente sem articulação com os demais conteúdos das Ciências, ou por outras razões. Além disso, avaliemos as diferenças curriculares que acabam trabalhando conteúdos de formas distintas, ignorando o fato de que discentes tendem a se interessar mais pelos grupos zoológicos. Eventualmente, avaliemos ainda a má formação dos docentes, aqueles que também foram “vítimas” da impercepção botânica ainda na graduação e que estão nas escolas trabalhando no ensino de biologia nos diferentes níveis.

Por vezes, pelo pouco contato dos discentes com as plantas no cotidiano ou pela utilização de materiais didáticos que não são práticos e trazem reduzidos, ou ausentes, exemplos de plantas que estão no dia a dia deles, isso nos ajuda a entender o dilema da área. Os materiais didáticos geralmente trazem plantas exóticas ou raras, de outros contextos. Nesse raciocínio, acrescentamos e reafirmamos: uma das complicações para a adesão ao conhecimento científico, muitas vezes, é a ampla e complexa terminologia associada aos problemas supracitados. A terminologia e a dificuldade que ela causa é algo comum à biologia, mas que, somada a outras dificuldades, amplia e potencializa o problema. Consideremos as ponderações contidas no recorte em que se afirma:

*Existem vários, mas vou usar o mais simples, o nome do “grupo” reunido na disciplina: Criptógamas. Esta é uma nomenclatura antiga e que vem caindo em desuso devido ao fato de que foi cunhada no século retrasado (XVIII) para incluir plantas que tinham sua reprodução (“gamos ou gamia” de produção de gametas) oculta ou escondida (criptada, enterrada). Contudo, o nome é profundamente mal pronunciado por discentes e invisibilizado pelo público geral. Há algumas questões que devem ser encaradas: é um grupo que não existe do ponto de vista natural, já que surge da reunião de organismos não relacionados evolutivamente, filogeneticamente. Logo, esta nomenclatura deveria ter sido abandonada, há tempos ou adaptada para as novas classificações mais recentes. Contudo, o nome da nossa disciplina de graduação “Sistemática de Criptogamas” e de muitas outras graduações pelo país, é uma reunião de duas palavras difíceis e complexas de serem absorvidas pelos alunos, sempre gerando erros de interpretação com difícil resolução.*

É comum que discentes se deparem com um universo de novos nomes que denominam uma grande variedade de células, tecidos, órgãos e organismos que nunca haviam sido alvo da formação deles. Por vezes, esses nomes são listados sem qualquer preocupação com a origem etimológica ou com o devido cuidado em demonstrar a origem daquela denominação. Assim, consideremos que os fragmentos de fala até aqui trazidos neste debate dizem respeito a todo conteúdo relacionado com a ampla biodiversidade do reino vegetal. No entanto, quando há a necessidade de examinar os conteúdos relativos ao campo da anatomia vegetal, alcançamos, indubitavelmente, um dos momentos mais delicados e complexos para um professor de botânica.

Se construir conhecimentos sobre grupos negligenciados, mas visíveis a olho nu, já é fonte de amplo debate e esforços conjuntos de pesquisadores e especialistas no tema, quando se inicia a exploração das células, tecidos e a composição e estrutura interna dos órgãos vegetais, alcançamos uma grande barreira de complexa transposição. Diante de tal demanda, a pergunta central que autores especialistas das áreas nos subsidiam fazer é: Será que o ensino da anatomia vegetal, nos cursos de formação superior para professores, está sendo bem-sucedido? Ceccantini (2006) nos responde que,

Ao final de qualquer curso de anatomia corrigem-se as provas, aprovam-se os alunos, mas não se pode ter certeza de que o conteúdo foi bem aprendido, já que o contato entre mestres e alunos após as avaliações é raro. E as habilidades dos alunos foram devidamente lapidadas? Que habilidades em um curso de morfologia vegetal devem ser aprimoradas? Podem-se citar muitas, mas uma em especial me parece fundamental, e essa, aparentemente, não tem sido muito bem explorada: a compreensão tridimensional das estruturas. Essa habilidade é essencial, pois será usada adiante em outras disciplinas das Ciências Biológicas, nas atividades de docência ou pesquisa do futuro licenciado ou bacharel. Percebo que, em alguns cursos de Anatomia Vegetal, a ênfase tem sido a memorização de nomes de estruturas, em detrimento da compreensão espacial delas, o que frustra os alunos e pouco contribui para seu conhecimento é um aumento de gordura (que pode ser perdido depois), quando seria mais útil um aumento no esqueleto. Assim, os objetivos deste texto são o de destacar algumas dificuldades no ensino de Anatomia Vegetal, propor alternativas e compartilhar experiências de um dos projetos desenvolvidos (p. 335).

Pela descrição do autor, o problema é considerado histórico e um desafio. Nesse caminho, consideremos que tais barreiras encontram alicerce em algumas características comuns a escolas e universidades, como o pouco investimento em espaços e metodologias práticas para melhor visualização de estruturas imperceptíveis ou microscópicas. Para início de conversa, muitos cursos de graduação não apresentam laboratórios devidamente equipados para o aprofundamento necessário na anatomia e histologia vegetal. Outro agravante é que, quando há microscópios de

luz disponíveis, falta um bom laminário capaz de cobrir adequadamente todo o conteúdo que deveria ser trabalhado em uma disciplina de formação superior. Na busca por fortalecer esses conceitos, ao ser chamado a considerar sua estrutura de trabalho, um professor da área de botânica universitária a bacharelados e licenciaturas argumenta:

*A maior limitação no ensino de botânica, em nível inicial é a qualidade ou existência de equipamentos de imagem de alta resolução e com boa qualidade e durabilidade. Por aqui, temos um laminário extraordinário, mas não temos como projetar as imagens para aproveitar mais o tempo da aula e exibir para todos os tecidos que os alunos estão visualizando nos microscópios. Além disso, os equipamentos estão velhos e se perdendo em manutenção, já que são de qualidade inferior ao necessário. Fora isso, ainda faltam materiais suficientes para confecção de novas lâminas, corantes, micrótomos etc.*

A partir da descrição do autor, o problema é considerado histórico e desafiador. Nesse contexto, devemos reconhecer que as barreiras enfrentadas em relação a espaços e equipamentos são ainda mais graves na rede de educação básica, onde geralmente não há espaço físico adequado, equipamentos e materiais básicos para o contato inicial com o tema. A ausência desses recursos está alinhada com o fato de que essa parte da botânica é, muitas vezes, solenemente ignorada nos currículos das escolas, que frequentemente são encurtados e apressados. Observa-se, assim, uma figura tradicional de retroalimentação, onde a falta de condições materiais determina a ausência de determinados conceitos na formação, tanto no ensino básico quanto superior.

No que já foi citado, é importante salientar que as condições para a instalação e utilização de espaços adequados para práticas em anatoma vegetal são onerosas e fogem do orçamento da maioria das instituições públicas de ensino básico. Portanto, essa questão está diretamente relacionada à política e ao investimento público. Outro complicador nesta equação é a ampla e complexa nomenclatura associada aos diferentes tecidos vegetais e suas distinções em relação à histologia humana. Termos como parênquima, colênquima, esclerênquima, xilema, floema, buliforme, estômatos, tricomas, paliçádico, amilífero, clorênquima, aerífero, entre outros, são apenas alguns dos múltiplos termos ensinados em histologia vegetal. Apesar de incluirmos nas aulas breves noções de etimologia

para cada terminologia, as dificuldades dos alunos em compreender essas denominações persistem. Além disso, ao contrário das lâminas uniformes observadas nas aulas de histologia humana, os tecidos vegetais são frequentemente intercalados uns aos outros, o que, sem a adequada e detalhada contextualização, causa inúmeras dúvidas a quem observa.

Essa contextualização parece estar associada, finalmente, a uma incapacidade de materializar a construção do conhecimento, conectada com duas peculiaridades no ensino da anatomia e histologia vegetal: o senso de proporção (ou a falta dele) entre estruturas macroscópicas e microscópicas, e a capacidade de compreensão (ou incomprensão) entre estruturas íntegras e seccionadas (Ceccantini, 2006). No primeiro caso, a diferença de escala impacta a atração dos discentes pelas macroestruturas vegetais (raízes, caules, folhas, flores, frutos e sementes), em detrimento das microestruturas usadas tradicionalmente (secções longitudinais e transversais dos mesmos órgãos).

Como analisar essas questões diante da realidade da sala de aula e das dinâmicas de aprender e ensinar tal saber, assim como sua importância? De onde procedem essas centralidades e dificuldades para avançar no universo microscópico da botânica? Algumas considerações prévias podem ser avaliadas pela experiência que o tempo nos oferece. A escolarização começa com a botânica macroscópica e avança por quase uma década de formação, sem aprofundar-se no macro. O Ensino Médio, por diferentes razões, como a preparação para o ensino superior, agrava esse problema específico. Dentro desse debate, já é consenso que a lacuna existente não pode ser rapidamente superada, perpetuando tais paradigmas.

Ou seja, é evidente que uma aula mais atrativa, onde o material a ser estudado é exibido em uma escala que dispensa ferramentas de visualização, tem maior chance de sucesso e melhor aprendizado, especialmente em escolas básicas. Esse fato é ainda mais notável quando a aula ocorre fora do ambiente formal, como em museus, parques e outros ambientes externos às instituições de ensino. No entanto, mesmo em laboratórios didáticos, quando exibimos aos alunos estruturas macroscópicas, como folhas, frutos, sementes e ramos de diferentes espécies de plantas, a atenção e fixação do conteúdo é significativamente superior,

especialmente quando comparada às tradicionais aulas com lâminas microscópicas. Isso reforça o que foi discutido até aqui.

Considerando o exposto, a organização de uma nova proposta de intercessão entre prática e teoria, por meio da elaboração de modelos tridimensionais no ensino de anatomia e histologia vegetal, surge como uma ideia inovadora. Trata-se de um desafio que uniu alunos e professores ao redor de um tema impactado por diferentes visões pedagógicas e formação de conceitos com sentido e significado. Embora pouco valorizado em comparação com metodologias tradicionais e novas concepções curriculares, a eficiência do método parece não deixar dúvidas (Ceccantini, 2006).

Vale ressaltar que, conforme observado nos trabalhos do autor, a idealização, planejamento, composição, elaboração e apresentação desta abordagem deve ser pensada e baseada em pilares fundamentais: independência, capacidade de síntese, construção de modelos funcionais, uso de tecnologia acessível e potencialmente inclusiva, acessível a todos os membros da comunidade envolvida. Nessas ações, a garantia do acesso ao conhecimento por meio de uma ferramenta inédita para este tipo de conteúdo na escola torna-se valiosa, pois viabiliza a junção dessas possibilidades e planejamento.

Diante do debate, surge uma questão comum no espaço acadêmico: por que produzir modelos 3DR se modelos celulares e histológicos animais e vegetais sempre foram montados, comercializados e apresentados em diversos contextos e instituições? Majoritariamente, esses modelos são opções onerosas que visam substituir a necessidade ou carência de ambientes acadêmicos onde não existem equipamentos ou acervo disponível para visualização de tecidos e células de organismos variados. Contudo, as peças tradicionalmente comercializadas, infelizmente, não apresentam as características necessárias, sendo muitas vezes apenas uma reprodução macroscópica de modelos já apresentados à exaustão em livros e outros materiais didáticos.

Outra questão é que, mesmo que modelos tridimensionais sejam acessíveis ao ensino superior, inexiste a possibilidade de tê-los no espaço escolar devido a custos e à valorização devida da área. A questão é que modelos tridimensionais não são produtos para o ensino, são produtos que ensinam e permitem aprendizado ao serem utilizados. A partir

dessas premissas, desenvolvemos um projeto que envolveu todo esse planejamento de construção, execução e aprendizado, descrito e comprovadamente eficiente por Ceccantini (2006). Fomos além e executamos o projeto com turmas de licenciatura, com o objetivo final de levá-lo à escola, uma experiência que narraremos a seguir.

## **TENCIONANDO A BOTÂNICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES: EXPERIÊNCIAS NA HISTOLOGIA VEGETAL**

*Primeiro foi a vontade de materializar o imaterial, o inalcançável, sabe? Segundo, seria trazer para os licenciandos a possibilidade de desenvolver um projeto que integrava construção do conhecimento e a área específica. Sempre senti que a principal dificuldade de alunos na graduação era materializar os inúmeros exemplos de cortes histológicos, células e tecidos vegetais que eu apresentava em fotomicrografias e lâminas histológicas. Por mais que haja tecnologia suficiente e material em quantidade adequada, sempre foi complexo tentar materializar aquelas estruturas. Tentar mostrar para os alunos que aquelas formas circulares “recheadas” de círculos coloridos, era na realidade, uma fatia de um caule extremamente delgada, corada por substâncias químicas e montada em resina. Logo, o que era para ser uma revolução no aprendizado deles sobre anatomia e histologia vegetal, tornava-se mais uma fonte de incompREENsão e deficiêNCIA. Muitos alunos chegam na graduação sem nenhum contato, seja com a botânica, com a morfologia vegetal ou com lâminas histológicas e microscópios. Por isso, a possibilidade de materializar esses tecidos e órgãos em modelos de dimensões grandes foi uma das maiores motivações para a realização deste projeto.*

O que pensa um professor de histologia vegetal em uma graduação de biologia? O recorte inicial deste tópico, que nos inspira como epígrafe, descreve um pouco o distanciamento de áreas dentro do espaço acadêmico de formação e também traz as inquietações comuns ao labor docente dentro dessas áreas fechadas. Essas inquietações, quando compartilhadas, possibilitam aprendizagens mútuas e uma formação centrada na qualidade dos futuros professores. Foi assim, motivados por essa visão, que a vivência foi edificada e passamos a descrevê-la a seguir. Cabe ressaltar que o projeto envolve estudantes e professores pesquisadores das três áreas das Ciências Naturais: Química, Física e

Biologia. No entanto, para esta obra, optamos em trazer os materiais gerados especificamente para os modelos inerentes à Biologia, no que se refere aos conteúdos de botânica.

Partindo deste ponto, nosso processo de idealização começou com a premissa de tentar organizar a maior parte dos tipos celulares e tecidos vegetais, abrangendo o conteúdo a ser trabalhado na escola. Usando como base os três principais sistemas de tecidos e suas funções—sistema de revestimento, sistema de preenchimento e sustentação, e sistema de condução—iniciamos discussões para representar, em modelos tridimensionais, peças que, ao mesmo tempo, ilustrassem maciçamente esses conjuntos e tivessem correlação com aspectos comuns aos atores deste processo: os licenciandos em Ciências Biológicas e os discentes das escolas de educação básica.

A formação dos licenciandos serviria como base para a construção do conhecimento a ser compartilhado com o segundo grupo, estabelecendo uma conexão bem articulada entre saber acadêmico e saber escolar, entre universidade e escola. Iniciado o desafio, o objetivo era aprender construindo, aprimorar o conhecimento, dar sentido ao que se aprendia e, em contato com os alunos na escola, perceber a eficiência ou não de tudo que foi planejado e produzido. Isso seria possível uma vez que estivéssemos na escola e ensinássemos o saber organizado que subsidiou a produção dos modelos. Quem o fez aprendeu e expressou nos modelos um entendimento que saiu das aulas de botânica na graduação e dos laboratórios de histologia vegetal e chegou à escola com os graduandos.

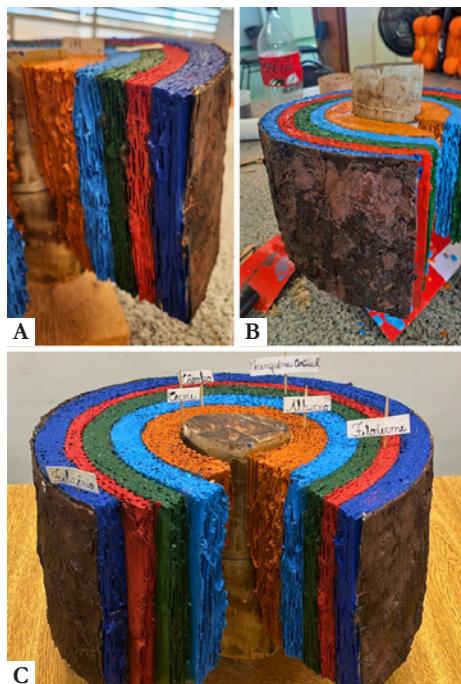
Portanto, após amplos debates e reuniões, consolidou-se a lista com a definição dos tecidos e células a serem representados: ultraestrutura de folha; estrutura de caule em desenvolvimento secundário; parênquima amilífero; preenchimento; clorofílico; colênquima; esclerênquima; xilema; floema; complexo estomático; células buliformes; epiderme e tricomas. Ao executar o projeto, os idealizadores tinham claro que, embora esses modelos não contemplassem integralmente a enorme diversidade morfológica dos tecidos vegetais, eles cobriam uma grande parte da demanda dos discentes, que frequentemente enfrentam questionamentos sobre vegetais e sua composição.

Uma vez prontos, foi possível levar à escola materiais que, para os estudantes, eram inexistentes ou, se existiam, tinham sentidos vagos, superficiais e pouco úteis. Avaliando a ação, surgem questões importantes a serem consideradas. A começar pelo valor que isso pode agregar ao conteúdo disciplinar de uma licenciatura, um valor que encontramos bem descrito nos trabalhos de Ceccantini (2006). O autor descreve que sua inquietação pela busca de sentido para o estudante o levou a pensar na produção de modelos tridimensionais em suas disciplinas. Fomos além, focando em graduandos de licenciatura e levando isso à escola básica, validando a aprendizagem com os estudantes e buscando verificar se o sentido era alcançável para eles.

Algo a ser constatado nessa caminhada do projeto diz respeito à ausência de conteúdo sobre anatomia e histologia vegetal disponível em bases de dados digitais. Isso se mostrou ainda mais evidente desde as primeiras etapas do planejamento, nos laboratórios de ensino e de fisiologia vegetal. A exceção são os tradicionais modelos celulares vegetais tridimensionais comercializados no mercado. Outra estrutura que foge a essa regra é a dimensão macroscópica de caules, que acabam fazendo parte do nosso cotidiano (troncos de árvores em seções transversais e longitudinais transformados em bancos, tábuas de corte e tampos de mesa). Em contrapartida, faltavam imagens que subsidiassem a construção dos modelos. Esta etapa do trabalho é muito dependente de acervos digitais de imagens.

Cientes do desafio, as discussões e percepções da equipe executora tornam-se fundamentais. É a partir da coleta de opiniões do coletivo, auxiliado por profissionais habilidosos na produção dos modelos e conhecedores da área de botânica, que se assegura a caminhada em direção ao objetivo e a maior possibilidade de sucesso. Durante o processo, é comum perceber que algumas ideias estão construídas de forma limitada, não ajustáveis e difíceis de expressar nos modelos, enquanto outras, inicialmente despercebidas, ganham forma, tamanho e sentido, contribuindo para uma compreensão mais ampla. Como exemplo, podemos mostrar algumas estruturas de caule representadas na Figura 2.

**Figura 2:** Modelo 3DR de Estrutura Secundária de Caule.



Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de papelão, colado e pintado em madeira fixada em suporte giratório. Na imagem A, é possível visualizar a lateral da peça e o detalhe das camadas. Na imagem B, detalhe da textura da casca do caule e camadas. Na imagem C, modelo completo, contando com etiquetas para identificação das camadas da estrutura.

Além das dificuldades exploradas no início deste texto, é importante destacar que a maioria dos modelos foi elaborada a partir de estruturas bidimensionais, imagens em secção ou simplesmente utilizando a criatividade da equipe para criar esquemas didáticos e autoexplicativos que atendessem ao caráter tátil e compreensível do material. A produção desses modelos tinha como objetivo atender às necessidades dos alunos da escola básica, que foram o alvo final de um projeto que durou quatro semestres.

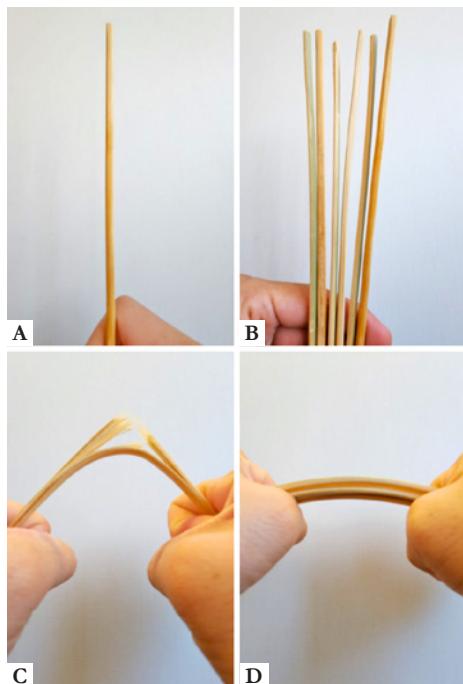
Após buscas em diferentes bases de dados e imagens disponíveis, foram encontrados apenas modelos tridimensionais das estruturas secundárias de caule, alguns modelos incompletos de flores e poucas imagens

de microscopia eletrônica de varredura de tecidos vegetais (<https://sketchfab.com/>; <https://www.sciencephoto.com/>). Esse fato revela mais uma limitação crítica na construção de conhecimento em algumas áreas, evidenciando a escassez de bibliografia, bancos de imagem e materiais que poderiam servir de comparação para projetos dessa natureza.

A experiência demonstra que a comparação com materiais existentes e a observação de diagramas e esquemas é fundamental na elaboração dos modelos tridimensionais. É necessário seguir planos de orientação para garantir que a visão macroscópica dos tecidos e órgãos seja compatível com a posição e a visão original das estruturas esquematizadas. Durante a elaboração, mesmo após o estudo e organização das ideias em torno dos objetivos e da idealização de cada peça, surgiram dificuldades em representar tecidos e tipos celulares menos comuns ou menos óbvios.

Os feixes de fibras esclerenquimáticas, fibras colenquimáticas, tricomas glandulares e células buliformes são tecidos e células importantes, associados a mecanismos de sustentação, defesa e proteção, e requerem nuances detalhadas para serem compreendidos pelos alunos. Um dos grandes desafios enfrentados na produção foi representar esses tecidos de forma eficaz. No caso das fibras, utilizamos a analogia com vigas, flechas ou palitos de madeira para ilustrar a resistência à flexão. Quando se dobra um único palito, ele se curva facilmente e pode até quebrar. No entanto, quando vários palitos são agrupados, a força necessária para curvá-los é significativamente maior. Quebrar o feixe, neste caso, torna-se praticamente impossível (Figura 3).

**Figura 3:** Palitos usados para simular o papel das fibras vegetais na sustentação.

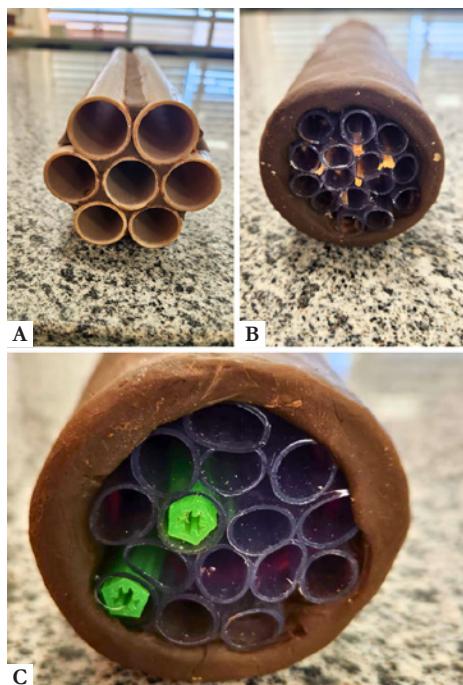


Fonte: os autores (2024).

Nas imagens A e C, um palito é submetido à curvatura até se romper. Nas imagens B e D, observa-se a grande dificuldade em se quebrar um feixe de apenas seis palitos, demonstrando como a formação de feixes de fibras em determinados tecidos, consegue fortalecer órgãos vegetais.

Ao abordar essa estratégia, optamos por organizar os feixes de fibras, tanto esclerenquimáticas quanto colenquimáticas, em feixes cujas células alongadas fossem representadas por canudos, evidenciando a principal distinção entre os dois tipos de células apresentadas: espessamentos de parede secundária significada nas células do primeiro tecido e espessamentos de parede primária celulósica no segundo. Dessa forma, ambos os modelos elaborados para esses dois tipos de tecidos foram representados como feixes macroscópicos (Figura 4), destacando os detalhes que evidenciam a natureza distinta de cada tipo celular presente nos dois principais tecidos de sustentação primária no corpo das plantas.

**Figura 4:** Modelo 3DR de Fibras Colenquimáticas e Esclerenquimática.



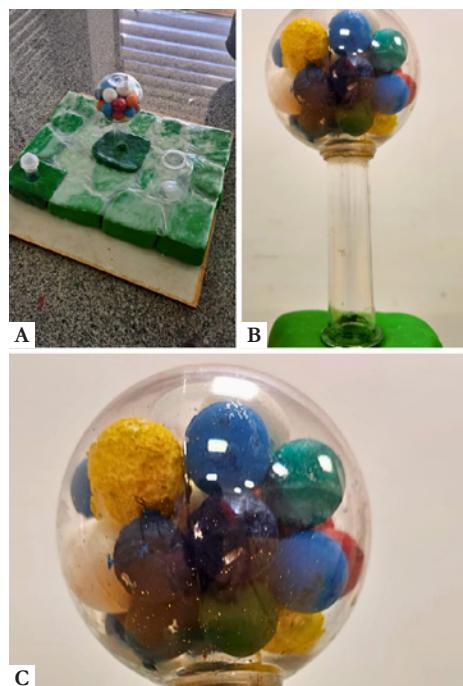
Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de tubos plásticos e de PVC, revestidos com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar uma fibra colenquimática com espessamentos nos ângulos entre as células. Na imagem B, modelo alternativo de colênquima com palitos representando os espessamentos intercelulares. Na imagem C, fibra de esclerênquima com peça plástica simulando o espessamento interno de parede secundária, em uma das células da fibra.

Outro desafio foi a representação dos tricomas glandulares, que apresentam uma complexidade estrutural significativa, sendo uma especialização celular da epiderme vegetal. Apesar de seu tamanho reduzido, eles são formados por vários tipos de células com morfologias distintas e têm um aspecto peculiar devido à função de armazenamento de substâncias com papéis ecológicos e fisiológicos importantes para as plantas. Além de sua função, essas substâncias são amplamente conhecidas dos alunos por estarem presentes em plantas aromáticas usadas como temperos, chás e medicamentos populares (como arruda, manjericão, orégano e alecrim). Para representar esses tricomas, optamos por utilizar materiais translúci-

dos, que permitissem a visualização do acúmulo de substâncias abaixo da cutícula das células, onde ficam armazenados óleos e pigmentos (Figura 5).

**Figura 5:** Modelo 3DR de Epiderme e Tricomas.

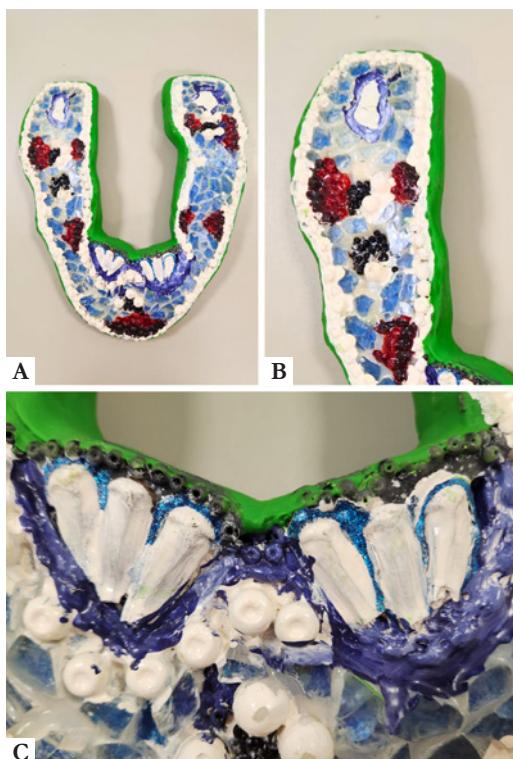


Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de tubos isopor revestidos com massa de biscuit, tubos plásticos e grânulos de isopor revestidos com biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a peça completa, com tricoma glandular (centro) e tector (esquerda). Na imagem B, detalhe da estrutura do tricoma glandular. Na imagem C, detalhe das substâncias armazenadas (esferas coloridas) dentro da cutícula da célula terminal do tricoma glandular.

Outro material desenvolvido que despertou uma atenção especial foi o das células buliformes. Apesar de frequentemente subestimadas no material disponível, essas células desempenham um papel importante em plantas de ambientes secos, ao reduzir a perda de água por evaporação. No entanto, havia uma dificuldade significativa em criar um modelo que demonstrasse claramente a função dessas células. Optamos, então, por representá-las no tecido onde são tipicamente encontradas, que é na epiderme das folhas de monocotiledôneas. Esse tecido auxilia no mecanismo de fechamento do limbo durante a exposição solar prolongada (Figura 6).

**Figura 6:** Modelo 3DR de Folha de Monocotiledônea com Células Buliformes.



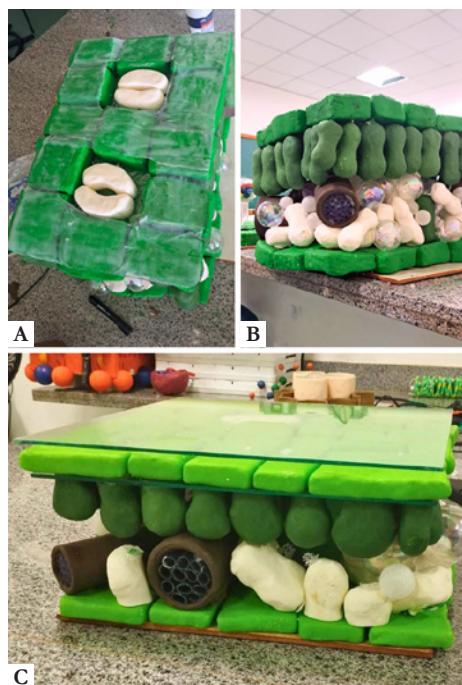
Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de molde isopor revestido com massa de biscuit, miçangas plásticas e caco de vidro. Na imagem A, é possível visualizar a peça completa, com destaque para as fibras esclerenquimáticas, em vermelho. Na imagem B, detalhe do mesofilo homogêneo. Na imagem C, detalhe das células buliformes (branco) nos ângulos da folha, em trios.

Como essas células estão tradicionalmente ligadas ao controle da perda de água em espécies comumente cultivadas, como milho e outras gramíneas, a abordagem dessas células relaciona-se diretamente com o cotidiano dos alunos. Isso é especialmente relevante considerando que parte do público da escola onde o projeto foi executado vem do meio rural, uma característica comum em escolas de cidades de pequeno porte onde essas experiências são habituais. Essas subjetividades escolares ajudam na consolidação de um conhecimento com o qual os alunos já teriam entrado em contato anteriormente.

Outros tecidos e células, embora não representado um desafio destacado, trouxeram novas questões. As estruturas complexas presentes nesses casos tornaram as modelagens diferentes, exigindo momentos de superação — algo comum no desenvolvimento de novas metodologias de ensino e aprendizagem. Dois desses modelos tridimensionais, de grandes dimensões e confecções distintas, foram particularmente desafiadores: a ultraestrutura da folha e a estrutura do caule em desenvolvimento secundário. No primeiro caso, o maior desafio foi o elaborado “mosaico” com células de todos os sistemas de tecidos presentes nas plantas, incluindo as peculiaridades de cada tipo e sua distribuição pelo mesófilo (Figura 7).

**Figura 7:** Modelo 3DR de Estrutura Anatômica da Folha.



Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de molde de isopor, revestido com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a representação da epiderme, com complexos estomáticos e cola simulando a cutícula. Na imagem B, detalhes dos parênquimas paliçadico (verde) e lacunoso (branco) no mesófilo, assim como feixe vascular com bainha. Na imagem C, modelo aprimorado, contando com vidro simulando a cutícula e parênquimas estreitos diminuir o peso da peça.

Na produção, a complexidade do órgão foi desafiadora, levando a dificuldades e diversidades em dimensões inimagináveis, exigindo dedicação e a necessidade de refazer o trabalho várias vezes. O tradicional parênquima heterogêneo, comum na maioria das plantas, com o paliçádico, reunindo células alongadas e justapostas na face ventral (adaxial), e o esponjoso, com células mais arredondadas e espaçadas na face dorsal (abaxial), teve que compartilhar espaço com duas epidermes (ventral e dorsal) distintas, cada uma com uma camada translúcida representando a cutícula.

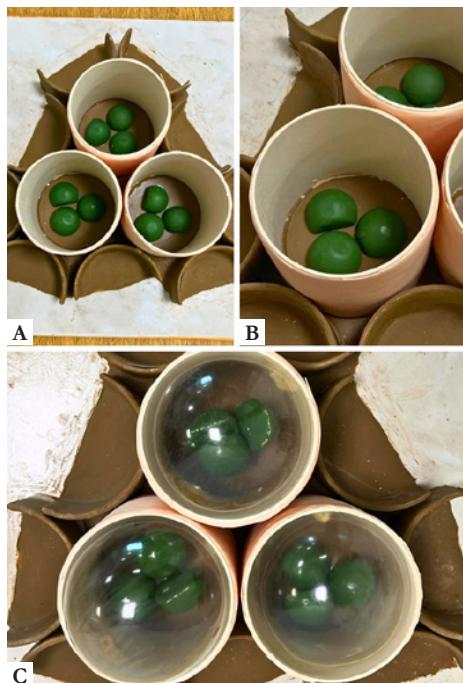
Além desses tecidos, feixes vasculares com bainha no mesófilo e um complexo estomático entre as células epidérmicas também foram confeccionados para seguir o esquema básico da ultraestrutura das folhas. Tal arquitetura demandou a elaboração de muitas estruturas individuais que tiveram que ser cuidadosamente posicionadas e fixadas, garantindo fidelidade ao modelo em grande escala e um nível de detalhe ainda não encontrado em materiais similares nesta área. A demanda de tempo trouxe um resultado que também superou as expectativas.

Apesar de parecerem comuns em nosso cotidiano, já que convivemos com diversos instrumentos de madeira, como móveis e tábua de corte, o modelo tridimensional da estrutura secundária do caule (lenho) também envolveu um conjunto de soluções criativas para desenvolver uma peça acessível, visualmente atraente, histologicamente adequada e que revelasse detalhes muitas vezes despercebidos por quem desconhece a complexidade dessa estrutura. Para representar o padrão de distribuição das células do xilema secundário (principalmente o sistema axial), optamos por utilizar camadas concêntricas de papelão, com cada camada colorida em diferentes tons representando as estruturas como cerne, alburno (com xilema secundário, câmbio vascular e floema secundário) e as três subdivisões da periderme (feloderme, felogênio e felema). Além do destaque para cada tecido incluído no modelo, a peça foi montada em um suporte giratório, permitindo uma visualização completa a partir de diferentes ângulos (Figura 7).

Já para os parênquimas, tecidos que tradicionalmente apresentam maior uniformidade celular, as estruturas tridimensionais foram construídas a partir de canos de PVC cortados e fixados em uma base rígida. Dessa forma, foi possível construir uma estrutura que transmitisse a

ideia da homogeneidade desses tecidos, enquanto os espaços dos tubos foram preenchidos com detalhes pertinentes a cada tipo de parênquima representado. Por exemplo, no parênquima clorofílico, todas as células foram preenchidas com plásticos verdes e preservativos masculinos cheios de água, denotando a presença de líquido envolto de uma estrutura de membrana interna, representando o vacúolo (Figura 8).

**Figura 8:** Modelo 3DR de Parênquima Clorofílico.



Fonte: os autores (2024).

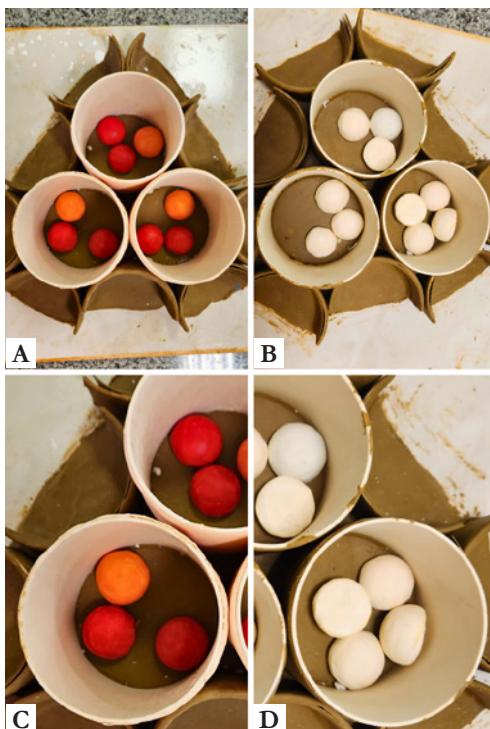
Peça elaborada a partir de tubos de PVC, revestidos com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a peça completa. Na imagem B, detalhe da textura dos plásticos posicionados no interior da célula. Na imagem C, modelo completo, contando com preservativos preenchidos com água para representar os vacúolos.

O parênquima clorofílico, apesar de ter sido representado no modelo macroscópico da folha, também foi construído na mesma base do parênquima aquífero. Contudo, neste tecido, optamos por adaptar os preservativos para representar a membrana plasmática, enquanto os

cloroplastos foram representados por grânulos esverdeados dispostos dentro dessas vesículas no interior das células.

Para o parênquima de acúmulo de amido e cromoplastos, o mesmo planejamento foi realizado. No entanto, os grânulos esverdeados foram substituídos por grânulos esbranquiçados para representar os amiloplastos, comuns neste tecido fundamental para a reserva de nutrientes das plantas. Grânulos avermelhados e alaranjados foram utilizados para representar a presença de plastos de cor, sinalizando tecidos vegetais específicos, como a casca de frutos maduros e pétalas coloridas (Figura 9).

**Figura 9:** Modelo 3DR de Parênquima de Acúmulo de Cromoplastos e Amiloplastos.

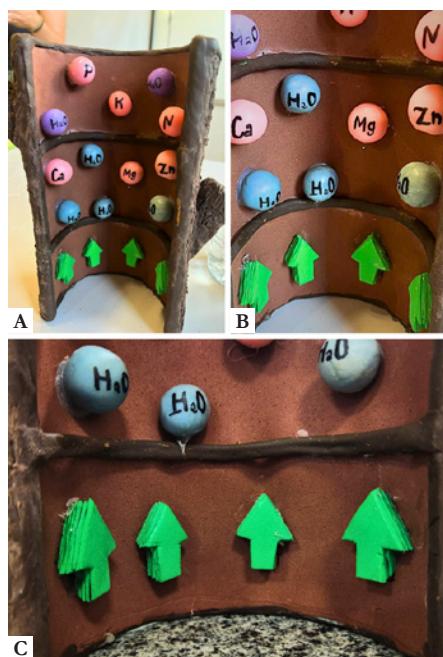


Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de tubos de PVC, revestidos com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a peça completa com cromoplastos. Na imagem B, peça completa com amiloplastos. Nas imagens C e D, detalhes das esferas representando os cromoplastos e amiloplastos, respectivamente.

Ao se pensar na elaboração dos modelos de células dos tecidos de condução, duas estruturas foram desenvolvidas pelos discentes. Na primeira, um modelo tridimensional das células especializadas no transporte de água e sais minerais foi criado para representar o xilema. Este modelo consistiu na apresentação de um vaso xilemático resultante da sobreposição de três elementos de vaso, exibido em uma seção longitudinal. Essa abordagem permitiu a visualização de pequenas representações de moléculas e nutrientes fundamentais para a nutrição vegetal, além de setas indicando a direção do fluxo de seiva dentro do vaso condutor (Figura 10).

**Figura 10:** Modelo 3DR de Elemento de Vaso de Xilema.

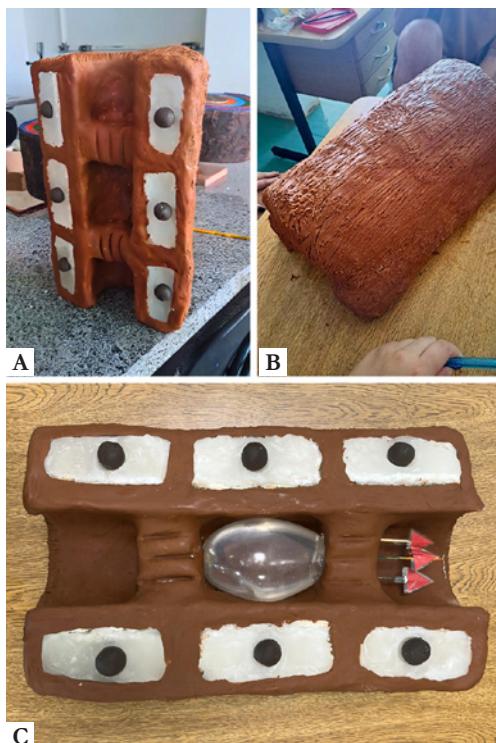


Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de molde de isopor, revestido com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a presença dos elementos de vaso em sequência, formando o vaso condutor e as placas terminais simples entre as células adjacentes. Na imagem B, detalhes da representação das moléculas de água e sais minerais em destaque. Na imagem C, detalhe das setas em referência ao fluxo da seiva xilemática dentro do vaso condutor.

Por fim, foi elaborado um modelo tridimensional de um tubo crivado para demonstrar como ocorre a condução dos fotoassimilados nas plantas. Para garantir a similaridade com a estrutura original, as células companheiras (parenquimáticas) presentes nesse tecido foram representadas ao lado das células condutoras. Isso ilustra a dependência dessas células no mecanismo de transporte da solução de açúcares, que nutre os drenos de energia da planta, como novos ramos, raízes, flores, frutos e sementes em desenvolvimento (Figura 11).

**Figura 11:** Modelo 3DR de Elemento de Tubo Crivado de Floema.



Fonte: os autores (2024).

Peça elaborada a partir de molde de isopor, revestido com massa de biscuit. Na imagem A, é possível visualizar a presença das células companheiras nucleadas, parede celular e placas crivadas terminais entre as células adjacentes. Na imagem B, visualiza-se a textura externa lúdica da peça. A imagem C mostra os detalhes da peça finalizada, com setas indicando o fluxo da seiva floemática, além da membrana plasmática com o conteúdo celular, representada pelo preservativo preenchido com água.

Diante da descrição, surgem algumas perguntas: como foi possível articular atividades em que graduandos se envolvem na produção dos modelos? A resposta é que todo o processo de elaboração dos modelos 3DR foi realizado no LAEN ou no LABOT. Esse processo envolveu encontros regulares entre todos os discentes e docentes envolvidos no projeto ao longo de vários meses. Durante essas reuniões, houve debates extensivos sobre como abordar cada tecido e tipo celular, qual material utilizar na confecção dos modelos e os critérios de montagem para uma melhor exposição dos tecidos abordados. A equipe buscou exemplos que os discentes poderiam citar durante a exposição dos modelos na escola e alternativas de abordagem dos tecidos conforme a realidade dos alunos. Após o planejamento e desenvolvimento conjunto, a próxima etapa foi a apresentação dos modelos na escola.

Em data previamente agendada, toda a equipe se deslocou até a escola com os modelos 3DR. Também foram levados plantas, caules, folhas, frutos e sementes para mostrar a diversidade histológica e celular das plantas associada aos modelos. Decidimos organizar o material em cinco salas de aula, agrupando tecidos e modelos conectados entre si para manter a atenção dos alunos e professores. A exposição abrangeu diferentes anos do ensino fundamental e médio, incluindo o Nono ano e as três séries do Ensino Médio, além de um grupo de professores interessados no material.

Os licenciandos estavam envolvidos nas disciplinas de Projetos Interdisciplinares (Prointer I, III e IV), obrigatorias nos cursos de licenciatura. Um desafio adicional foi que quase metade dos licenciandos estava no primeiro período (Prointer I), enquanto o conteúdo de histologia e anatomia vegetal só seria abordado no segundo período. Portanto, esses alunos tiveram que se dedicar não apenas ao planejamento e elaboração dos modelos 3DR, mas também ao estudo aprofundado dos tecidos e células envolvidos.

A turma do Prointer III, já com experiência, também ofereceu suporte. Durante as apresentações, observamos momentos de ensino e aprendizagem que, embora familiares na universidade, adquiriram um valor novo ao serem aplicados na escola. Os estudantes, equipados com modelos tridimensionais de grandes dimensões, puderam tocar e dimensionar as estruturas, com materiais complementares de plantas reais que ilustravam os modelos.

Além dos modelos, foram preparadas lâminas histológicas semi-permanentes para ampliar a experiência dos alunos com microscópios ópticos, algo geralmente pouco acessível nas escolas. As lâminas incluíam tecidos como amiloplastos, cloroplastos e fibras de esclerênquima, proporcionando uma rica experiência de visualização microscópica.

As lâminas foram montadas em glicerina ou gelatina glicerinada com corantes específicos, facilitando a visualização dos tecidos e conectando os modelos tridimensionais ao campo microscópico. A atividade utilizou um dia letivo completo, permitindo que todos os grupos fossem visitados em suas salas de aula.

O impacto do projeto foi significativo. Os licenciandos ficaram impressionados com sua capacidade de simplificar temas complexos e desenvolver estratégias para facilitar a compreensão por parte dos alunos da escola. A experiência demonstrou que a educação pode ser enriquecida por meio de dedicação e abordagem criativa, desafiando a ideia de que o ensino deve ser apressado e superficial.

O projeto também teve um impacto positivo nos docentes da escola, que tiveram a oportunidade de conhecer, muitas vezes pela primeira vez, estruturas vegetais e a importância dos modelos tridimensionais no ensino. Essa experiência contribuiu para a formação continuada dos professores e destacou a relevância das ferramentas alternativas no processo de ensino e aprendizagem.

# CAPÍTULO VI

## MODELOS 3DR: UMA QUEBRA DE PARADIGMA OU SÓ MAIS UM MÉTODO?

*Eu não sei por que, mas fazer modelos 3DR no laboratório da universidade, diverte, gera uma integração com colegas, exige dedicação e tempo, mas vai lapidando, nos revelando valores que nem nós sabíamos ter. falo de habilidades manuais, artesanais, de pintura, de recorte de escultura. O Projeto no geral, acaba nos desencadeando um saldo muito além do simples produzir para ensinar. Eu ali amassando biscuit no rolo de pão e revestindo e alisando peças como se fossem esculturas. Me senti artista.*

*(Recorte de fala de uma aluna de licenciatura de biologia de uma IES federal).*

Se um processo pedagógico, no campo da produção de materiais para o ensino de um conteúdo curricular, desencadeia o sentimento de “me senti artista”, ele já é valioso, pois contribui positivamente para as emoções e a autoestima dos envolvidos. Produzir para ensinar e aprender pode, muitas vezes, ser uma tarefa orientada apenas pelo objetivo imediato. No entanto, quando um projeto se desdobra em algo mais significativo, demonstrando valor além da mera prática de produção, o impacto é ainda mais profundo. É dessa forma que apresentamos as vivências proporcionadas por um projeto extenso.

A partir desse contexto inicial, podemos afirmar que a proposta desta obra visa discutir um campo do saber na área das Ciências Biológicas e as práticas que o projeto possibilitou realizar. O foco é contribuir para os debates sobre o ensino da botânica e os desafios associados, tanto no ensino superior quanto na educação básica. Existe uma preocupação de longa data com essa área do conhecimento, que frequentemente enfrentou desafios que pareciam intransponíveis ou foram negligenciados. Entre as razões para isso, podemos citar a rigidez do saber acadêmico e a falta de preocupação em torná-lo mais acessível e conectado com a vida cotidiana dos aprendizes.

Nesse contexto, é imperativo buscar e implementar novas metodologias de ensino que tornem o aprendizado da botânica mais acessível e relevante para os estudantes. A integração de tecnologias educacionais inovadoras, como os modelos 3DR, representa um avanço significativo nesse sentido. Esses modelos permitem a visualização tridimensional das estruturas vegetais, facilitando a compreensão de conceitos complexos e tornando o aprendizado mais envolvente e interativo. Além disso, a aplicação dessas metodologias pode reduzir a distância entre o conhecimento acadêmico e sua aplicação prática, promovendo uma maior conexão entre teoria e prática. Ao envolver os alunos ativamente na construção e exploração dos modelos, não apenas superamos desafios tradicionais do ensino da botânica, mas também inspiramos uma maior apreciação e interesse pela área. Tornar os conceitos botânicos mais tangíveis e diretamente relacionados ao cotidiano dos estudantes pode fomentar uma educação mais significativa e duradoura. A produção de materiais didáticos é um elemento agregador significativo nesse processo.

Diante do exposto, é importante considerar como os modelos 3DR podem ser auxiliadores. A elaboração de modelos tridimensionais destinados ao ensino de Biologia e Ciências na educação básica, com enfoque específico na produção de materiais didáticos para o ensino da histologia vegetal, é reconhecida por sua complexidade. Esse desafio não se restringe ao ensino superior e à formação profissional, mas também se manifesta na formação inicial e continuada de professores. Estudos de autores como Ceccantini (2006), Santos (2012), Lima *et al.* (2014), Amadeu e Marciel (2014), Melo *et al.* (2012), e Pinto *et al.* (2009) destacam as dificuldades enfrentadas ao abordar esse conteúdo no contexto escolar, refletindo também na formação inicial e continuada de educadores.

*Como aluna de Ciências Biológicas, comprehendo o desafio que é assimilar a botânica. A disciplina envolve muitos nomes complexos e uma infinidade de estruturas que são difíceis de idealizar e compreender por nós, estudantes. Quando surgiu o projeto para transformar essas estruturas em modelos 3D, fiquei inicialmente desesperada, pensando em como conseguiria criar um modelo de algo tão complexo. A ideia de criar modelos tridimensionais parecia intimidante, e eu me perguntava se seria capaz de representar fielmente essas estruturas. No entanto, quando começamos a confeccionar as peças, percebi que essa abordagem tinha um grande potencial para*

*facilitar nosso aprendizado. A cada ida ao laboratório, a botânica começou a fazer mais sentido para mim e ver tridimensionalidade dos modelos se mostrou extremamente eficaz, permitindo-nos visualizar de maneira clara e precisa a função de cada estrutura. Elementos que antes só conseguíamos enxergar através de microscópios, e com muita dificuldade, passaram a ser facilmente compreendidos. A possibilidade de manipular os modelos, observar de diferentes ângulos e entender a interconexão entre as partes tornou o processo de aprendizado muito mais tangível. (licencianda de uma graduação de Biologia de uma IES federal).*

A partir do fragmento de fala, considerar a emancipação do sujeito por meio da Educação, no decorrer da sua vida, envolve pensar práticas pedagógicas que gerem reflexão. Tomando o conceito de que é um “desafio assimilar a botânica. A disciplina envolve muitos nomes complexos e uma infinidade de estruturas que são difíceis de idealizar”, todo o movimento que for feito na busca por superação dessas limitações será válido. Isso porque o saber criticamente sobre as condições que se impõem a ele, na vida em sociedade, e quais possíveis relações entre o que se aprende na escola e a nossa vida, precisam ser ajustadas no que se ensina, no ensinar, nos métodos que se adota. Dessa forma, os conteúdos que aprendemos na escola podem e precisam tomar vida no dia a dia em sociedade se estudantes forem estimulados, por práticas efetivas, a compreender e estabelecer as possíveis relações entre conteúdos aprendido na escola e sua conexão na vida em sociedade. A Figura 12 é um dos registros dessa experiência.

**Figura 12:** registro da atividade na escola.



Fonte: os autores (2024).

Adentrando especificamente ao foco deste trabalho, reconhecemos que a complexidade inerente ao ensino de histologia vegetal, entre outros temas relacionados à botânica, é amplamente reconhecida. É evidente a necessidade de investigar e desenvolver abordagens pedagógicas mais eficazes e ajustadas às demandas atuais, buscando formas mais aplicadas e úteis para os aprendizes. Nesse contexto, a utilização de modelos 3DR surge como uma alternativa promissora, permitindo a visualização detalhada das estruturas celulares e teciduais e, consequentemente, facilitando a compreensão dos fenômenos biológicos subjacentes à criação desses modelos (Santos *et al.*, 2019). Sua eficácia é perceptível na prática, uma vez que facilita o aprendizado dos alunos, aumentando seu engajamento, o que, segundo Moreira (2006), é um dos principais fatores limitantes para uma aprendizagem significativa.

Ademais, essa abordagem está alinhada com os princípios mais atuais da educação científica, que preconizam a adoção de metodologias interativas e o uso de recursos tecnológicos para promover o engajamento e a construção de um conhecimento aplicável, útil e significativo. A pesquisa e implementação de modelos 3DR no ensino de histologia vegetal representam não apenas um avanço no campo da educação cien-

tífica (Ceccantini, 2006), mas também uma resposta prática aos desafios enfrentados pelos educadores no contexto escolar contemporâneo. Isso ocorre porque tais metodologias rompem com o antigo paradigma que considera a botânica um conteúdo difícil e inacessível para os estudantes.

Diante dessas justificativas, é significativo considerar o valor da proposta quando ela transcende o campo acadêmico e se torna aplicável e útil na escola básica. Temos aqui um caminho potencial para resolver um problema que é frequentemente identificado também no ensino acadêmico. Se a resistência ao aprendizado de botânica começa na escola, uma abordagem acessível e bem estruturada pode fomentar empatia, facilitar o entendimento e reduzir a resistência dos alunos ao saber sistematizado acadêmico. Ao tornar a botânica mais acessível nas escolas, podemos abrir portas para soluções que abordem limitações e dificuldades enfrentadas no ensino superior, quando esse conhecimento é incorporado nas graduações que exigem tal saber.

*Na experiência que tive indo à escola com o projeto, algo que chamou muito a minha atenção e me marcou profundamente é o quanto a botânica é subestimada e ignorada no ambiente educacional e como a impercepção botânica é presente no meio dos alunos, muitos mal conhecem o conteúdo básico e têm uma visão limitada, acreditando que a matéria se resume apenas a observar flores. Durante o desenvolvimento do projeto, não apenas vi essas dificuldades entre os estudantes das escolas, mas também presenciei desafios semelhantes entre nós, universitários. A maioria de nós não dominava conceitos básicos que deveriam ter sido ensinados na escola. Essa dificuldade de conhecimento ocorre porque a botânica frequentemente é abordada de maneira rápida e superficial no currículo escolar. Em muitas escolas, a disciplina é deixada em segundo plano, sendo ensinada de forma apressada e sem a devida profundidade, e sem ser acessível. Esse tratamento superficial impede a absorção de conceitos fundamentais, deixando os estudantes sem uma compreensão sólida das bases da botânica. Muitas vezes, a falta de tempo, recursos e material didático adequado contribui para essa abordagem insuficiente. Sem entender a importância da botânica, eles podem não reconhecer a relevância de estudá-la. Acredito que um dos principais impactos desse projeto foi levar a botânica à escola de forma acessível em que os alunos visualizaram aquilo que viam apenas em livros. (Licencianda de biologia de uma IES federal).*

A partir do recorte de fala, pensando especificamente no ensino de Ciências e Biologia, quando nos deparamos com a declaração “*Durante o desenvolvimento do projeto, não apenas vi essas dificuldades entre os estudantes das escolas, mas também presenciei desafios semelhantes entre nós, universitários. A maioria de nós não dominava conceitos básicos que deveriam ter sido ensinados na escola*”, a fala nos exige uma mudança de postura na forma como esses saberes têm sido trabalhados nas licenciaturas e na própria sala de aula escola.

Vivemos um marco histórico desafiador para a humanidade devido à Pandemia de COVID-19, que, por quase dois anos, causou transtornos gravíssimos ao ensino escolar em toda a sua dimensão. A pandemia transformou completamente a vida da sociedade, as relações sociais e a gestão escolar. A partir de 19 de março de 2020, a Ciência passou a invadir nossos lares através de um bombardeio massivo de notícias. Mudanças profundas foram impostas, como o distanciamento social, o uso de máscaras e álcool 70%, que se tornaram parte integrante do nosso cotidiano. Protocolos de segurança para espaços públicos e privados foram adotados, e a conscientização sobre a vacinação, que enfrentou grande resistência no Brasil, tornou-se crucial como única solução coletiva para um problema de saúde.

Essa Biologia, que antes era apenas um componente curricular, ganhou um novo significado e relevância nas vidas diárias das pessoas, forçando-nos a repensar a importância do conhecimento e sua aplicabilidade na vida pós-pandemia. O cenário atual destacou a necessidade urgente de alfabetização científica em toda a população, independentemente da idade ou da presença na escola. É fundamental que a população tenha uma compreensão crítica e bem-informada da Ciência.

Quando abordamos os desafios da Ciência na escola, especialmente no campo da Biologia, observamos que, dentro dessa área, a botânica se destaca por seus desafios e complexidades. Esses desafios muitas vezes parecem intransponíveis, como já mencionado. No entanto, essa dificuldade não é exclusiva da botânica. Um paralelo pode ser feito com a anatomia e a fisiologia humana nos cursos de graduação, áreas que, apesar de seu valor inestimável, são frequentemente temidas pelos estudantes, principalmente nas Ciências médicas. A neurologia, por exemplo, é conhecida por ser ainda mais desafiadora.

Apesar dessas semelhanças e desafios comuns, nosso foco aqui é especificamente a botânica e as questões relacionadas ao seu ensino e aprendizado. Nesse campo, de acordo com Bresinsky,

[...] o termo grego botané significa “gras” (“erva”), em uma conotação geral de forrageira ou planta de utilidade para os humanos. No sentido amplo, a designação grega para planta é *phýton*. Em vez de botânica, tanto no idioma alemão quanto no inglês, emprega-se atualmente a denominação ciência vegetal. (Bresinsky, 2011. p.g. 01).

A botânica é subdividida em subáreas que estudam diferentes aspectos das plantas, agrupando e classificando-as com base em sua morfologia, fisiologia, semelhanças e diferenças, conforme descrito por Raven *et al.* (2007). Apesar de sua relevância em diversas atividades humanas, como alimentação, fabricação de medicamentos e indústria de biodiesel, a botânica ainda apresenta lacunas significativas na forma como é abordada nos processos de formação, tanto na escola básica quanto no ensino superior, como destacam Lima *et al.* (2014).

Segundo Menezes *et al.* (2009), há discrepâncias notáveis no ensino da botânica em diferentes níveis de formação, um problema que resulta, em grande parte, da abordagem complexa e muitas vezes distanciada da realidade dos alunos. A terminologia técnica e os métodos de ensino utilizados frequentemente dificultam a compreensão e a memorização dos conteúdos, e a aplicação descritiva deles reforça essa dificuldade. Além disso, a falta de material didático apropriado e a necessidade de ajustes nesse material são questões importantes, uma vez que os vegetais estão presentes em nossa vida cotidiana de diversas formas—na alimentação, móveis, clima, automóveis, roupas, e em muitos outros aspectos da nossa existência.

A explicação de que a falta de interação com as plantas se deve ao fato de serem seres estáticos, diferentemente dos animais, como afirma Menezes *et al.* (2009), não se sustenta completamente. Arrais *et al.* (2014) destacam que essa visão reduz a importância dos vegetais a um valor meramente paisagístico, o que é inadequado. Conforme apresentamos, o conceito de “cegueira botânica” se refere à falta de percepção da importância e do valor das plantas nas nossas vidas e na história, apesar de seu importante papel na alimentação e no tratamento de doenças.

Isso é evidente, por exemplo, no conhecimento tradicional dos povos originários do Brasil, que por séculos utilizaram ervas e partes de plantas para diversos fins.

Para enfrentar esses desafios, Krasilchik (2005) sugere que a superação passa pela realização de práticas que proporcionem um entendimento mais amplo e significativo da Biologia, incluindo a botânica. Destacamos aqui a importância de superar a dicotomia teoria-prática, afastando-se da mera memorização e buscando um aprendizado real e comprehensível. Práticas como essas são essenciais para envolver os alunos de maneira ativa e concreta, permitindo que eles conectem os conceitos abstratos com situações do cotidiano.

É nesse contexto que os modelos 3DR, propostos por Ceccantini (2006), se mostram indispensáveis. No entanto, a adaptação desses modelos para a escola requer ajustes significativos. A proposta inicial, fundamentada na prática acadêmica em um bacharelado de Ciências Biológicas, precisa ser planejada intencionalmente para a licenciatura e para o ambiente escolar. Isso exige tempo, tentativas, erros, acertos e ajustes contínuos. A narrativa descreve um pouco desse contexto.

*Se for comparar com a primeira vez que a gente foi em flor de minas, no meu ponto de vista teve uma evolução significativa, da primeira vez fiquei muito nervoso e não conseguia nem falar o necessário sendo que era um conteúdo que eu dominava e que eu tinha estudado. Dessa vez eu consegui falar o que tinha que ser dito, mas ainda sim fiquei um pouco nervoso e as vezes acabava acelerando um pouco na hora de falar, mas creio que os alunos conseguiram entender o que eu queria dizer. E reconheço que ainda tenho muito para melhorar, mas que com o tempo e com as experiências que vou ter ao longo do curso isso vai melhorando. (Aluno de graduação de uma IES federal de um curso de licenciatura em biologia).*

Lorenzetti (2021) enfatiza que a alfabetização científica e tecnológica vai além da simples aquisição de conceitos e fatos científicos; trata-se de um processo de emancipação e conhecimento que desenvolve uma consciência crítica da sociedade e de seus objetivos. Isso inclui a capacidade de estimular a iniciativa e a participação na criação e implementação de projetos para transformar o mundo, promovendo o crescimento e desenvolvimento humano e contribuindo para a mudança social. No contexto educacional, especialmente na formação de professores nas

áreas de Ciências, a alfabetização científica e tecnológica deve ser vista como uma atividade vitalícia e um processo contínuo.

A partir dessa perspectiva, podemos ver que a realização de atividades práticas permite aos estudantes vivenciar experiências concretas, facilitando a assimilação do conteúdo e sua aplicação em contextos reais. A experiência descrita pelo graduando ilustra bem essa realidade. No entanto, em currículos extensos, a implementação de práticas muitas vezes é vista como um atraso no avanço teórico, além de haver a limitação de recursos disponíveis. Silva *et al.* (2017) afirmam que, sem sentido e conexão com o cotidiano, o ensino da botânica está condenado ao fracasso, mesmo no ensino superior. Isso levanta a questão: por que insistimos em manter currículos carregados de teoria e nomenclaturas, sem considerar a aplicabilidade prática?

A formação de futuros biólogos e professores de biologia deve incluir tempo e planejamento adequados para integrar teoria e prática de forma efetiva. A narrativa da graduanda a seguir demonstra claramente como essa abordagem pode ser benéfica. Ele descreve,

*Depois dessa segunda experiência, indo pela segunda vez na mesma escola e público, eu também percebi que na primeira vez eu me cobrei muito e fui pra flor de minas o tempo todo tentando decorar o que eu tinha que falar, o que acabou piorando ainda mais a situação, porque me deixava ainda mais nervoso, e dessa vez eu só estudei sobre o assunto e não tentei decorar o que tinha que ser falado, acredito que isso ajudou também. A experiência de ter ido para escola e poder viver um pouco o que é a licenciatura, foi um pouco desafador porque não era algo que eu realmente queria, fiquei muito nervoso, ansioso e inseguro por ser algo que não tinha feito antes, com muitas perguntas de como seria tudo, como seria a escola, se os alunos iriam gostar, se eu ia começar a pensar em ser professor mesmo, se eu ia conseguir lembrar do que eu tinha estudado, e se os alunos fizessem uma pergunta e eu não conseguisse responder, mas aos poucos o nervosismo foi passando, cada sala do seu jeito, mas todas receptivas, ver que os alunos estavam interessados no que cada um ia dizer, foi incrível, os outros colegas do grupo ajudando um ao outro, o tempo foi passando as turmas iam sendo trocadas e passou tão rápido e tranquilo que quando acabou, mesmo cansado ainda queria mais, foi um momento único e incrível, voltei para casa com sensação de dever cumprido ver que todo o processo e o cansaço no fim valeu a pena e que surpreenderam todas as minhas*

*expectativas, fiquei mais confiante que antes por saber que eu dou conta de explicar para as pessoas o que eu sei (aluno de graduação de uma IES federal).*

Partindo da compreensão de que o ensino de Ciências visa promover e melhorar a alfabetização científica, é fundamental que esse ensino aproxime as discussões científicas dos estudantes. No entanto, é crucial que essa abordagem tenha um sentido mais amplo, particularmente na formação das áreas que atuam diretamente na educação básica, como as licenciaturas em Ciências e Biologia. Esta obra se insere nessa perspectiva ao identificar e apresentar pesquisas e depoimentos de graduados resultantes de uma extensa proposta de extensão que envolveu práticas pedagógicas em escolas básicas. O objetivo é discutir e propor soluções para um dos principais desafios no ensino de Ciências e Biologia: o ensino da histologia vegetal.

A intenção desta obra é evidenciar características das práticas de ensino em Ciências e Biologia que permitiram vivências enriquecedoras, como a descrita pelo graduando: “*Quando acabou, mesmo cansado, ainda queria mais; foi um momento único e incrível, voltei para casa com a sensação de dever cumprido*”. Nossa desafio, ao transformar nossa experiência em uma obra acessível, é ampliar a compreensão da comunidade científica sobre a importância dessas práticas, tanto no ensino básico quanto no superior, especialmente nas licenciaturas que formam professores de biologia.

Uma abordagem bem-organizada e planejada torna a ação mais eficiente. Os modelos 3DR, conhecidos por sua técnica especializada, requerem ajustes para a formação de professores e o ensino nas escolas. No entanto, sua importância se destaca por começar na prática disciplinar da graduação, utilizando materiais básicos e de baixo custo, o que contribui para a redução dos custos financeiros. Ao abordar as implicações econômicas e ecológicas, o uso de material vegetal em sala de aula se apresenta como uma alternativa viável, como demonstrado por Dias *et al.* (2008). Eles destacam a possibilidade de tornar o ensino mais acessível ao conectar o conteúdo com a vida cotidiana dos alunos. Silva e Cavassan (2005) observam que, embora o ensino da morfologia vegetal seja desafiador, a utilização de modelos 3DR oferece uma alternativa eficaz para melhorar o processo de ensino e aprendizagem (Ceccantini, 2006).

A eficiência do processo depende da organização e logística da experiência, que devem ser ajustadas para tornar a técnica acessível e útil nas licenciaturas. A repetição do processo em diferentes momentos da graduação ajuda a ajustar a técnica e aumentar sua eficácia na escola e entre o público escolar. A narrativa do graduando confirma que essas experiências são valiosas e contribuem para o sucesso do ensino. Ele afirma que,

*Se for comparar as idas na escola, dessa vez que a gente foi, no meu ponto de vista teve uma evolução significativa, da primeira vez fiquei muito nervoso e não conseguia nem falar o necessário sendo que era um conteúdo que eu dominava e que eu tinha estudado. Dessa vez eu consegui falar o que tinha que ser dito, mas ainda sim fiquei um pouco nervoso e às vezes acabava acelerando um pouco na hora de falar, mas creio que os alunos conseguiram entender o que eu queria dizer. E reconheço que ainda tenho muito para melhorar, mas que com o tempo e com as experiências que vou ter ao longo do curso isso vai melhorando. (aluno de graduação de uma IES Federal).*

Consideramos, particularmente, que é fundamental valorizar as práticas realizadas durante o período escolar, pois a emancipação do sujeito pode começar na escola básica. A formação de uma consciência que observa o contexto social de maneira mais ampla e uma compreensão mais coerente e aplicável ao que aprende e aplica em sua vida ampliam suas possibilidades na sociedade. No entanto, é essencial investir nas formações iniciais para o ensino da biologia. Fragmentos como “*reconheço que ainda tenho muito para melhorar*” e “*fiquei um pouco nervoso e às vezes acabava acelerando um pouco na hora de falar, mas creio que os alunos conseguiram entender o que eu queria dizer*” demonstram superações pessoais e a necessidade de um entendimento mais profundo sobre a presença, importância e utilidade da Ciência nas vidas dos alunos, processo que deve ser mais bem compreendido nas licenciaturas.

Pelas descrições feitas, acreditamos que essa abordagem pode superar os desafios enfrentados no ensino da morfologia vegetal e contribuir para sua eficácia. O recorte de fala a seguir nos permitirá perceber algumas de suas validades. A experiência com o uso dos modelos em um campo específico, construindo um saber mais aprofundado sobre um tema, aumenta o potencial multifacetado da proposta. Quando produzida

na graduação, mais especificamente nas licenciaturas, essa experiência é pedagogicamente significativa para o professor em formação, pois o auxilia em um ensino mais ajustado durante suas práticas na escola. Além disso, se torna uma ferramenta facilitadora do processo educativo, promovendo um ensino mais eficaz e alinhado às necessidades dos alunos. No recorte, o futuro educador explica,

*Realmente aluno de escola pública não é brincadeira, precisamos convencê-los que aquele saber vale a pena. As vezes eles nem tem acesso a esse conteúdo / matéria fácil assim, como os modelos 3DR, que por si só já encanta aos olhos quando vistos. Então, cabe a nós, uma vez que foi nos dado a oportunidade de ir até lá, levar uma prática e explicar para eles o que é cada coisa e a produção dos modelos são fenomenais nisso. E fazer isso bem-feito, pra eles aprenderem e conseguir tirar algo disso. Não dá pra fazer mal-feito, até porque somos alunos de uma federal e seremos professores inevitavelmente, querendo ou não temos que mostrar serviço e sermos bons.*

É sustentado em ações que, à primeira vista, podem parecer simples que o ensino de Ciências e Biologia tem ganhado destaque. Experiências nas licenciaturas podem ser extremamente positivas e agregar valor ao futuro docente. O recorte “*cabe a nós, uma vez que foi nos dada a oportunidade de ir até lá, levar uma prática e explicar para eles o que é cada coisa e a produção dos modelos são fenomenais nisso*” ilustra a possibilidade de uma formação inicial conectada com a realidade escolar.

Segundo Futuyma (2002, p. 5), o século XXI será o “Século da Biologia”. Isso ocorre devido à convergência acelerada de preocupações públicas. A ciência biológica está cada vez mais convocada para tratar de temas vitais para o bem-estar das futuras gerações, incluindo questões como a qualidade ambiental, a produção de alimentos em resposta ao crescimento populacional e novos perigos para a saúde humana, como a resistência a antibióticos e novas doenças emergentes, exemplificadas pela COVID-19. A explosão de novas tecnologias em biotecnologia e computação torna-se, assim, emergente e indispensável. A Biologia Evolutiva, em particular, está destinada a prestar contribuições significativas, formando gerações conscientes e acelerando a importância das Ciências Biológicas.

Além das narrativas pessoais, a eficácia dos modelos 3DR já foi demonstrada em outros contextos educacionais, como no ensino da química e em áreas da biologia como a fisiologia humana e histologia, conforme evidenciado por Santos *et al.* (2019). Embora o foco seja na botânica, a aplicabilidade desses modelos se estende a áreas complexas como a anatomia e a fisiologia humana. Os autores confirmaram que, em um curso de medicina no sertão pernambucano, a utilização de modelos tridimensionais ajustou o ensino da anatomia e fisiologia humana, superando dificuldades significativas. O baixo custo de produção dos modelos 3DR, em comparação com modelos industriais ou a manutenção de peças humanas em formol, destaca sua viabilidade e eficácia.

Experiências com modelos 3DR têm mostrado resultados positivos em diversos contextos educacionais, oferecendo uma abordagem inovadora e acessível para o ensino de conteúdos complexos. O recorte a seguir ilustra como essas ações contribuem para uma formação múltipla e desafiadora para o ensino. Embora possam surgir questionamentos sobre possíveis caminhos, são as experiências cotidianas na formação que ajudam a construir caminhos possíveis e experiências positivas. Na fala da participante, ela descreve que,

*Indo para a escola, com um projeto tão grande e envolvendo tantas pessoas, foi um grande desafio. Mas o que dizer dessa experiência? Foram muitos sentimentos vividos ao mesmo, muita gratidão por estar ali, e levar conhecimento para aqueles alunos, fiquei muito emocionada em presenciar futuros professores tão dedicados em melhorar a apresentação em cada turma que passava, eu fiquei muito mais tranquila e segura do que a primeira vez que estive ali, e acredito que por ter participado de todo o processo de desenvolvimento do matéria didático eu fiquei muito feliz e emocionada de ver os alunos interessados e aquele material sendo usado, pra mim maior sentimento foi o de dever cumprido! Me dediquei, busquei aprender, e adquiri muito conhecimento durante todo esse processo, senti muito orgulho de fazer licenciatura e entendi durante aquela tarde que eu realmente quero ser professora, explicando sobre cerne e alburno eu entendi que é dentro de sala de aula que me sinto realizada! A dinâmica desse ano de ser em sala de aula mesmo foi muito interessante, porque realmente nós sentimos professores, e entendemos melhor como é ver a reação de uma turma enquanto passamos o conteúdo, alguns dispersos outros interessados e surpresos. Foi muito gratificante essa ida a Flor de Minas, espero*

*que muitos Prointer's possam desfrutar desse momento! (Aluna de graduação de biologia do terceiro período de uma IES federal).*

Na BNCC, a área de Ciências da Natureza tem o compromisso de desenvolver o letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo, a sociedade e o contexto de quem aprende (natural, social e tecnológico). Além disso, é fundamental transformar esse conhecimento com base nos aportes teóricos e processuais científicos. O fragmento “*Me dediquei, busquei aprender, e adquiri muito conhecimento durante todo esse processo, senti muito orgulho de fazer licenciatura e entendi durante aquela tarde que eu realmente quero ser professora*” ilustra esse compromisso. Em outras palavras, a apreensão da ciência não é a finalidade última do letramento, mas sim o desenvolvimento da capacidade de atuação no e sobre o mundo, o que é crucial para o exercício pleno da cidadania (Brasil, 2018, p. 321).

Diante do desafio e da ação evidenciados, a utilização de modelos 3DR surge como uma solução potencial para aprimorar o ensino quando chega à escola. No entanto, é fundamental considerar que as condições, logística e planejamento também são determinantes para a eficácia desses modelos. Compreender como essa dinâmica de recurso didático se organiza e quais são os fundamentos que a sustentam é crucial. A prática dos modelos 3DR tem referência em Ceccantini (2006), mas, desde então, quase duas décadas se passaram e muitos avanços ocorreram.

Nesse contexto, é essencial realizar uma análise detalhada da estruturação dos conhecimentos subjacentes aos modelos 3DR e explorar como esses conhecimentos se inter-relacionam para viabilizar sua eficácia pedagógica. Tal investigação requer uma abordagem abrangente que não se restrinja apenas aos aspectos técnicos dos modelos, mas que também considere outras perspectivas, como teorias educacionais, psicologia cognitiva e metodologias de ensino. Somente através dessa análise minuciosa é possível entender melhor como os modelos 3DR se sustentam e como podem ser utilizados de forma estratégica para alcançar um impacto educacional significativo. Tais ações envolvem espaço, dinâmica de trabalho e planejamento, em função do material que se deseja produzir. A imagem a seguir, na Figura 13, serve como referência para entender essa dinâmica.

**Figura 13:** Laboratório de Ensino (LAEN).



Fonte: Autores (2024).

As imagens a seguir nos referenciam a uma experiência exitosa que nos impulsiona a investir no campo da botânica, originada a partir de uma graduação. Santos *et al.* (2019), ao aplicar as teorias de Ceccantini (2006) no ensino de histologia, fisiologia e anatomia humana em uma licenciatura de Ciências da Natureza entre 2015 e 2022, exemplifica como tais modelos podem ser ajustados e aplicados de forma eficaz. A razão para esse investimento reflete uma realidade comum nas licenciaturas que não dispõem de uma infraestrutura robusta, como ocorre em centros mais avançados.

Um campus localizado a 150 km de outras graduações, como medicina, biomedicina e bacharelados em biologia, tornou a produção de modelos 3DR um caminho acessível para a formação de licenciatura. Essa abordagem se consolidou no Brasil desde 2012 e se mostrou um recurso valioso para superar limitações de recursos e infraestrutura. No contexto da escola do campo, a realidade campesina difere significativamente da escola e do ensino urbanos, e a forma como o saber precisa ser ajustado às demandas e aplicabilidades de quem aprende é uma necessidade incontestável. A inserção de métodos diferenciados de ensino e aprendizagem ao longo de quase uma década impulsionou

o aprendizado na graduação em questão, auxiliou os estágios na escola do campo e estabeleceu conexões entre a universidade e a escola rural (Santos *et al.*, 2019).

Essas experiências destacam a importância de adaptar a prática pedagógica às realidades locais e comprovam a eficácia dos modelos 3DR na formação de professores e na prática educativa. Os autores nos descrevem que,

A aposta é que ao observar a realização de oficinas prático – pedagógicas, que estreitem os vínculos entre as disciplinas do curso e os saberes científicos aprendidos e a serem ensinados, promova-se a interdisciplinaridade entre as Ciências da Natureza. Outro pressuposto é a possível potencialidade de tais medidas e iniciativas, quando ajustadas a organização de um laboratório de práticas pedagógicas. O desafio é que seja possível observar se tais procedimentos realmente favorecem a aproximação entre a formação teórica e prática do futuro professor de Educação nas Ciências da Natureza, desafio possível mediante o planejamento e efetivação de oficinas relacionadas aos materiais e produção de modelos 3DR para uso e aplicabilidade nas áreas de química e biologia. (p. 78).

No entanto, arrazoemos que a experiência citada não ocorreu somente no ensino de uma área, mas nas diferentes áreas do ensino de biologia ajustada a realidade campesina. Buscava-se uma formação que se comunicasse com a escola do campo, com o aluno campo, com apoio e respaldo de projetos que permitiam essa relação de proximidade no decorrer da licenciatura. Nos referimos aqui ao estágio supervisionado, por exemplo, ou programas federais de estímulo a aproximação do graduando das licenciaturas para com a escola, desde o início da formação. Em um recorte de fala de um dos coordenadores do projeto na escola campesina, ele narra:

*Na escola do campo algo haria de diferenciado. A carência do aluno do campo é algo que se reverte a favor dele, depõe a sua causa e necessidade. A total falta de recurso da escola campesina, em sua quase totalidade, torna um conteúdo diferenciado, capaz de fazer a ponte e permitir um aprendizado significativo ímpar. Uma coisa interativa que o aluno do campo faz com muita propriedade, é ligar o saber científico curricular com o seu cotidiano,*

*porque ele conecta com o seu dia a dia com o gado, com o gado, com os animais de subsistência. Ele sabe considerar com muita propriedade o que é um coração, um pulmão, artérias, veias, rins, tecido conjuntivo propriamente dito, a partir da própria película tecidual que visualiza em fígados animais na hora de repará-lo para alimentação. Isso é o diferencial (Aluna de graduação de biologia do terceiro período de uma IES federal).*

Pelo descrito, percebe-se que as novas configurações econômicas e sociais colocam a aprendizagem, independente dos sujeitos envolvidos, seja no campo ou na área urbana, no centro de todas as atividades humanas. O conhecimento torna-se necessário e indispensável, não só para a inserção no mundo do trabalho, mas também para usufruir de outros benefícios decorrentes do progresso da ciência e da tecnologia. A biologia está nesse contexto central de busca e ajuste. Diante dessas influências, o estudante precisa, cada vez mais, entender os processos que decorrem fundamentalmente do fenômeno da globalização, o qual trouxe transformações para todos os setores da sociedade.

Uma consideração a se fazer sobre a questão vivenciada pelos autores e que a narrativa do participante confirma é que, para ser totalmente eficaz a utilização dos modelos, é crucial considerar o contexto específico de aplicação dos modelos 3DR na educação, levando em conta as características dos estudantes, os objetivos de aprendizagem e as demandas do currículo. Uma abordagem centrada no aluno pode ser fundamental para garantir que os modelos 3DR sejam utilizados de maneira eficiente, promovendo a participação ativa dos alunos e estimulando a construção do conhecimento, indo além do conteúdo teórico, como a narrativa pode confirmar. E, reforçamos que essa não é uma especificidade da escola básica, porque o ensino superior também se mostra sensível a essas ações e apresenta bons resultados.

Também é importante explorar as possibilidades de integração dos modelos 3DR com os estudantes e seus contextos de vida e necessidades. Desenvolver peças com os estudantes permite que, além de visualizar o modelo pronto, eles participem do seu desenvolvimento, enfatizando ainda mais o conteúdo abordado e percebendo a constituição de cada parte. Trata-se de um processo de ensino-aprendizagem que tem como fundamentos as questões de ludicidade, tão importantes nas séries iniciais do ensino escolar, e que pode continuar fazendo a diferença no Ensino

Médio. Ao considerar esses diversos aspectos, os educadores podem maximizar o potencial dos modelos 3DR como ferramentas pedagógicas inovadoras, capazes de transformar positivamente o processo de ensino e aprendizagem na escola básica.

A aplicabilidade de modelos nos ambientes educacionais tem se mostrado consideravelmente eficaz. Adequar o ensino às necessidades específicas do grupo traz inúmeros benefícios. Além disso, com o uso de modelos, as aulas se tornam mais dinâmicas e envolventes, permitindo que os alunos visualizem de forma concreta aquilo que está sendo ensinado e compreendam sua importância. Essa abordagem prática não só facilita a assimilação de conceitos complexos, como também estimula o interesse e o engajamento dos estudantes. Ao transformar conteúdos abstratos em experiências tangíveis, os modelos proporcionam uma compreensão mais profunda e duradoura, promovendo um aprendizado significativo e motivador.

Buscando ajustar o caminho e adequar o uso dos modelos no ensino de botânica, consideremos o modo verbal e seus desafios. Há problemas na comunicação de significados, inerentes a todos os modos de representação, de acordo com Bello e Freyberg (1998, p. 61, tradução nossa). Isso ocorre porque, quando um professor fala à classe, faz um esquema no quadro, explica um mural ou pede a um aluno que leia em voz alta um texto, seu pensamento (ou o do autor do texto) não é levado para a mente do aluno. Cada um dos indivíduos presentes na aula forma suas ideias a partir de diversos estímulos, incluindo as palavras específicas lidas ou ouvidas, que estão nesse ambiente concreto de aprendizagem.

Desvios, formações de conceitos incompletos, sem sentido, pouco úteis ou indiferentes podem ocorrer com certa frequência. Por ser assim, o modo verbal tem sido amplamente estudado. Diferentes autores como Dias *et al.* (2008), Krasilchik (2005) e Santos *et al.* (2019) chamam a atenção para os distintos significados que as palavras podem ter para diferentes pessoas e grupos, e apontam alguns dos problemas mais comuns verificados no contexto do ensino de Ciências, como a falta de familiaridade dos alunos com o discurso do professor, que utiliza palavras com as quais os estudantes estão pouco familiarizados ou que não evocam experiências, imagens e episódios do passado, que pouco têm a ver com a teoria explicada.

Outro dilema é a maior preocupação com palavras científicas do que com conceitos. Daí, estudantes apenas reproduzem termos científicos para corresponder à demanda do professor. É comum que professores ignorem a fala dos estudantes e façam pouca interação com eles e seus discursos vindos de suas vidas e cotidianos. Outra questão a considerar é a incompatibilidade de significados não identificada, em que esses significados distintos atribuídos por alunos e professores a diferentes termos não são percebidos pelas partes. Há ainda a incompatibilidade de significados identificada, em que te sentidos distintos atribuídos. No recorte abaixo é perceptível como a compatibilidade de significados se faz necessária.

*Durante o tempo que passamos na escola, percebi como os exemplos que usamos precisam ser adequados ao ambiente em que estamos inseridos. Estávamos na escola do campo falando sobre botânica, grande maioria daqueles alunos tinham suas próprias conclusões e significados da importância da botânica, muitos gerados de suas experiências na vida do campo e que foram passadas de seus avós e pais. Não conseguimos mudar a visão deles em 50 minutos, é necessário entender aquilo que estão pensando e utilizar de exemplos que vão ter um significado para a realidade daqueles estudantes e assim eles vão assimilando melhor o conteúdo que estamos passando.*

Consideramos que os problemas apresentados, mais do que características inerentes a esse modo de representação, são o reflexo de uma dinâmica em sala de aula que não favorece diálogos entre professor e aluno; entre aluno e aluno; e entre ciência e cotidiano. Em conteúdos complexos como a botânica, tais subjetividades encontram um caminho fértil para existir e se perpetuar. Mas como romper com elas? Há condições para isso? A escola, os livros didáticos e o professor no processo de formação inicial são chamados a repensar tais dilemas e desafios? Não, ele passa pela graduação, perpetuando esse lugar de menor valor atribuído à botânica ou mesmo a percepção de que é um conteúdo mais difícil.

Diante desse desafio inicial de comunicação, entendemos que outros modos de representação podem auxiliar no processo de comunicação e adequação dos significados, seja funcionando como exemplos não verbais, como figuras e animações, seja facilitando alterações na dinâmica das relações em sala (interação em grupo com modelos 3D, por exemplo). Essa consideração foi bem experimentada por Ceccantini

(2006) em seus cursos de graduação no campo da biologia e da agro-nomia. Portanto, é possível superar tais limitações e criar caminhos que facilitem o aprendizado dessa área.

Tomemos outro campo a considerar, o modo visual, que, dentre os modos de representação que sensibilizam a visão, é aquele que em maior grau depende desse sentido. Representações gráfico-pictóricas podem ser mapeamentos diretos de fenômenos perceptíveis (macro e microfotografias, por exemplo) ou possuir maior caráter interpretativo, utilizando analogias e metáforas (desenhos, esquemas, entre outros). Na biologia, existe um universo microscópico com infinitos processos bioquímicos e biofísicos que trazem dificuldades de entendimento e interpretação. Nesse contexto, os modelos são de grande valor; o modelo 3DR produzido sobre a folha e suas estruturas é esclarecedor e facilitador.

Ao observar esse modelo construído, inserido na imagem do segundo capítulo dessa obra, é importante reforçar que nem todas as estruturas e fenômenos biológicos podem ser observados diretamente em tempo real. Seja porque ocorrem em escalas microscópicas, nas quais as distâncias são muito pequenas, os tempos muito curtos e os eventos muito incomuns, seja porque ocorrem dentro de compartimentos, como órgãos, cuja visualização implica dificuldades metodológicas. A fotossíntese e sua complexidade ilustram bem isso, envolvendo a folha, a água, o CO<sub>2</sub>, a clorofila, os cloroplastos, as tilacoides, o estroma, as lamelas, a energia luminosa vinda do sol, entre outros.

Desse modo, embora estruturas macroscópicas, como um coração, possam ser vistas em funcionamento a olho nu, em cirurgias cardíacas, por exemplo, nem sempre se dispõe de meios para tal, ou as implicações dos procedimentos que possibilitam visualizá-las são tantas que isso não é conveniente. Há ainda a pormenorização do saber sobre o órgão, como os diferentes tecidos que o constituem, as cavidades que apresenta e as válvulas que o auxiliam. O todo envolve uma gama de saberes tridimensionais que mesmo imagens e vídeos ainda não alcançam ou deixam lacunas.

Isso porque a forma de representação mais adequada para as imagens depende, além dos propósitos e da audiência a que se destinam, dos recursos e instrumentos de observação disponíveis, da conveniência e da oportunidade para a visualização das entidades/processos que

representa. Todos esses aspectos são igualmente aplicáveis ao modo concreto de representação, embora dependam ainda de acesso, atualizações, contextos para inseri-los e, mesmo em tempos nos quais as tecnologias digitais dominam o mundo, as precariedades de acesso à internet, principalmente em instituições de ensino, da universidade à escola, e as limitações das redes móveis, tornam o vídeo algo limitado.

Uma das formas de se obter representações gráfico-pictóricas, estáticas ou sequenciais (animações), é a Computação Gráfica (CG). Conforme apontado por Amon (2010, p. 203), estruturas e processos biológicos são especialmente adequados para representações que utilizam CG porque todos ocorrem no espaço. Considerá-la como um grande avanço do nosso tempo é importante, pois trouxe novas perspectivas de entendimento. Mesmo que nem sempre seja acessível a todos, quando disponível, ela tem um significado importante e um poder de alcance considerável. Quando pensamos nos modelos 3DR, a computação gráfica é a maior aliada na produção, porque permite a visibilidade giratória de uma dada estrutura, o que é determinante na produção de modelos mais exatos, didáticos e fíeis ao que se pretende.

Nesse contexto, destacamos os Modelos Tridimensionais Virtuais (Modelos 3DV) gerados por CG – que simulam aspectos visuais do espaço tridimensional – como meio para tornar estruturas e processos biológicos “visíveis ao olho”, permitindo a seus observadores evocarem imagens compatíveis com os modelos consensuais atuais em seus “olhos da mente”. Como já sinalizado, quando pretendemos construir um modelo 3DR, o tridimensional virtual é o ponto de partida, que será auxiliado pela descrição escrita de como a estrutura pretendida é percebida. Soma-se a isso a fisiologia, porque sua função está sempre associada à sua forma, e ambas indicam como devemos proceder na execução e construção de um modelo 3DR.

Agora, consideremos o que seria esse modo concreto de representação. Assim como o visual, ele se baseia fortemente no sentido da visão, com a particularidade de poder sensibilizar outros sentidos no momento da interação do sujeito com ele. Pelo descrito, percebemos que é a somatória de várias perspectivas que viabiliza a produção de um modelo 3DR com eficiência e que seja capaz de cumprir seu papel didático e no aprendizado. Santos *et al.* (2019) citam que o produto final é

apenas um modelo; a importância do processo de aprendizado ocorre na construção do mesmo. Ceccantini (2006), ao descrever o método, deixa claro que é no fazer que pequenas dúvidas e entendimentos limitados persistem nos outros modos de construção. Para além da consideração já feita, vale considerar que,

Portanto, tais ações podem viabilizar o rompimento para com a construção conceitual superficial, parcial ou deficitária, auxiliando no melhor e mais amplo entendimento do saber presente nos livros didáticos. Sobre tais afirmativa, os livros e as imagens neles contidas podem tornar-se entraves na construção de modelos mentais pelos alunos, quando usadas como única referência. E, dentre os fatores destacados para seu insucesso estão: grande abstração dos símbolos utilizados; falta de um enfoque funcional; e descontextualização e fragmentação das estruturas representadas. Não basta ter interesse em aprender, uma vez que a difícil interpretação das gravuras limita o processo. Tais observações viabilizam ressaltar que prevalecem no cotidiano acadêmico das licenciaturas e docência escolar, aulas expositivas e o uso do livro didático (Santos *et al.*, 2019, p. 89).

Para o autor, nos modelos 3DR, à medida que se constrói uma ideia e o próprio modelo, surgem dúvidas e o retorno às descrições teóricas, tanto da fisiologia quanto da anatomia, somado às imagens já existentes, permite aprimorar a compreensão do tema. Assim, o produto final realmente revela se houve uma construção correta do saber sobre aquele tema, a partir da análise do modelo. Outra consideração importante é o efeito emocional e a autoestima de quem constrói a peça. Alguns alunos tornam-se tão competentes no que fazem que se surpreendem com suas próprias habilidades, as quais nunca haviam percebido em outras tarefas cotidianas.

*Durante o desenvolvimento dos modelos 3DR, quando estávamos no laboratório construindo e moldando aquelas peças, eu fui me descobrindo e ao longo do tempo e vi como me tornei capaz de criar tais modelos e como esse processo foi enriquecedor para a minha formação. Percebi que durante o processo eu revisitei os conteúdos em que fui aprendendo ao longo do curso e consegui tirar dúvidas e entender conceitos e funções que antes para mim eram muito abstratas, com auxílio dos professores eu consegui resolver essas*

*questões, e fui aprimorando o meu conhecimento enquanto construía as peças. É importante a gente pensar não apenas no produto final, mas também no processo de construção em que nós como alunos de licenciatura desenvolvemos tanto o lado criativo como auxilia no nosso entendimento do conteúdo teórico. Desenvolvemos a teoria a partir do momento em que começamos a trabalhar a prática daquele conteúdo. Além disso ver o trabalho final ficando bom e vê que eu fiz parte da construção daquilo faz com que nós, estudantes, sejamos mais confiantes e futuros professores que consigam levar esse conhecimento e habilidades adquiridas para sala de aula, tornando o ensino dos meus futuros alunos, melhor que o meu, fazendo com que eles consigam ter mais momentos de prática de forma acessível e não só ficar imaginando como é aquilo e vendo através dos livros. Acredito que a construção dos modelos 3DR é importante desde o momento em que começamos a cortar um isopor até termos a peça final pronta. Visualizando o quanto foi trabalhoso e o quanto nos dedicamos aquilo e aprendemos com aquela peça, não é só a utilidade dela pronta que é importante todo esse processo faz com que nos tornemos estudantes melhores.*

Como já descrito, o ensino da Biologia está inserido na área de Ciências da Natureza, juntamente com a Física e a Química. Atualmente, ocupa um lugar de destaque nos currículos escolares, devido às justificativas já elencadas; porém, nem sempre foi assim. O espaço conquistado é consequência do status que essas disciplinas adquiriram, principalmente no início do século XXI, devido aos avanços sociais propiciados pelo desenvolvimento científico, responsável por grandes invenções (Nardi; Almeida, 2003).

**Figura 14:** Estrutura das paredes celulósicas.



Fonte: Autores (2024).

Logo, as Ciências em geral ocupam lugar de relevância, não apenas dentro dos muros da escola, mas também fora dela. O recorte “É importante a gente pensar não apenas no produto final, mas também no processo de construção em que nós como alunos de licenciatura desenvolvemos tanto o lado criativo como auxilia no nosso entendimento do conteúdo teórico” vem ao encontro desse desafio que precisa chegar à escola, atender as demandas das novas gerações. Pelo descrito, quando da interação com uma representação expressa nesse modo, pistas não-visuais podem sensibilizar tanto o sistema sensitivo - textura ao toque, volume, posição relativa de elementos que o constituem; quanto o sistema auditivo - é comum que o toque de algum objeto emita sons que permitam ao interruptor obter pistas a respeito dos materiais utilizados, distâncias etc. Olfato e paladar também podem ser sensibilizados, embora utilizados com esse propósito em menor frequência. Ao nos referirmos a tais sensibilidades dos sentidos e um modelo, algo nos pareceu bem importante, quando da execução e aplicação de um modelo 3DR em sala de aula na escola básica. A experiência, na descrição de nosso graduando nós trás detalhes de como ele a percebeu. Daí a pergunta no início de sua narrativa:

*Como foi para mim, viver o uso de um modelo 3DR numa perspectiva inclusiva, com alunos supostamente cegos? Primeiro, tenho que admitir que fui pego de surpresa. De repente eu estava ali*

*vendo um produto inclusivo que eu fiz e sem saber o faria, sendo usado com um aluno supostamente cego, para ele entender o que seria aquilo, que função aquilo teria na vida e na natureza. Essa experiência foi de suma importância para que eu, como futuro profissional da educação, tivesse a noção do que e preciso fazer, o construir algo que os incluam caso seja preciso. Foi importante para ver como os alunos da escola observa, notam o que é preciso uma visão mais alargada do que os seus próprios colegas precisam e possam ter, mesmo tendo deficiência, acessar as mesmas experiências que eles. Isso me mostrou que eles podem fazer parte dessa inclusão, trazendo sugestões de como ser feito. Acredito que para os meus colegas de graduação também levantou essa precisão desse estar preparado para possíveis alunos com as diversas deficiências. Foi algo único, sem antecedente.*

Em um cenário histórico no qual é possível notar a importância da educação na escola básica para a superação da alienação, e tendo como meta ampliar a percepção sobre a relevância de ensinar e aprender na prática, Ciências e Biologia podem se tornar ferramentas de emancipação. O estreitamento das relações entre o ensino de Ciências e Biologia, práticas pedagógicas, formação inicial e contínua é uma interlocução necessária não apenas para o avanço escolar, mas para a vida em sociedade de uma nova geração, mais ajustada às demandas de seu tempo.

Isso é importante porque ainda estamos longe de uma sociedade inclusiva e de uma escola verdadeiramente inclusiva. A forma como a escola é desafiada a adotar métodos e práticas para os quais não está preparada pode contribuir para essa distância. Alves (2006) nos chama a refletir sobre esse desafio tão pertinente ao nosso tempo. Quando conseguimos tornar essa experiência possível para futuros professores, talvez estejamos, como a autora nos convida a pensar, plantando a percepção de possibilidades e alcance dessas práticas. A narrativa de nosso acadêmico destaca a possibilidade que os modelos 3DR abrem e viabilizam.

Diante dessa narrativa, destacamos a diferença entre os modos tático e auditivo de classificação e os estímulos aos sistemas tático e auditivo resultantes da interação do sujeito com a representação em modo concreto. No segundo caso, a representação resulta da interação do usuário com objetos reais dispostos em formatos específicos que, por serem sensíveis ao tato, ampliam o alcance, somando ao auditivo. No

primeiro caso, isso não ocorre, pois a representação depende dos padrões de estímulos em si (como luvas de realidade virtual com feedback tátil, som binaural, etc.).

Diante de toda a narrativa descritiva e em constante relação com os modelos 3DR e seu alcance, perguntamos: o que são eles afinal e como descrevê-los? São denominados modelos tridimensionais reais, daí sua definição 3DR. Anda, podem ser entendidos por quem edificou saberes sistematizados no tema como,

*Modelos expressos*, externados no domínio público por um modo concreto de representação em três dimensões, daremos a denominação de *modelos tridimensionais reais*, ou *modelos 3DR*. Modelos 3DR permitirem a percepção direta multissensorial de símbolos, aliviando algumas tarefas cognitivas envolvidas na aprendizagem e facilitando a comunicação de ideias. Sua utilização pode se dar de modo colaborativo e interativo, promovendo o estreitamento de relações interpessoais na expressão de conhecimento, comunicação de resultados, construção de cenários etc. (Maurel; Bertacchini, 2008).

Daí nos ampliamos e consideremos os Modelos 3DR e o ensino de biologia. Santos *et al.* (2019) vai nos dizer que se trata de uma das mais antigas aplicações de modelos 3DR e está relacionada ao ensino de anatomia humana nas áreas da medicina, cirurgia, obstetrícia e belas artes. Ao longo dos séculos, técnicas sofisticadas para sua manufatura foram desenvolvidas, incluindo a utilização de materiais como cera, madeira, marfim, papelão, bronze, tecido, gesso, borracha e plástico. Uma questão histórica bem discutido na introdução dessa obra. Dentro dessa complexidade que envolve a área, pensar em reprodução de vegetais é algo que contribui para essa historicidade no ensino de botânica, na forma difícil de explicá-la ou mesmo de entendê-la. O modelo 3Dr produzido de uma das estruturas centrais da reprodução das samambaias e que dão visibilidade e amplia o entendimento do tema.

**Figura 15:** Próstato – samambaia.



Fonte: Autores (2024).

Daí consideremos, segundo Orly (2000), os modelos 3DR utilizado em estudos médicos, que é confeccionado em resina plástica emborrachada, indispensável ao ensino da anatomia fácil humana. Um produto feito dentro das perspectivas dos modelos 3DR, mas de linha comercial. Tomando como referência as diferenças possíveis de serem levantadas, de acordo com o fabricante, é composto por:

Cabeça (2 partes) com cavidade nasal; parte craniana exposta lateral; metade do cérebro com cerebelo, artérias e veias; globo ocular, epiglote, esôfago; cartilagem tireoide, glândula tireoide; traqueia, costela, esterno, diafragma; glândula mamária pulmões (2 partes); coração (2 partes), fígado com vesícula biliar; estômago (2 partes), intestinos; metade de um rim, ureter, bexiga; ceco, órgão genital masculino e feminino intercambiáveis (Anatomic, 2011, p. 80).

Na narrativa para melhor compreendê-lo de forma descriptiva, o modelo é rígido e opaco, características dos materiais utilizados em sua confecção; predominantemente maciço, com órgãos tipicamente ocos preenchidos, embora indiquem o aspecto tubular com concavidades

discretas; e estático, não evidenciando os processos dinâmicos que ocorrem no interior do corpo humano. Essas descrições sinalizam que a perspectiva comercial pode dificultar a reprodução desses modelos em disciplinas específicas da formação de professores, por mais estruturado que seja um laboratório de práticas desse campo.

O questionamento que surge é: por que replicar? A resposta está no segredo da técnica ensinada e bem articulada nas disciplinas de histologia vegetal, como descrito por Ceccantini (2006). O autor, seguido por diferentes cursos no país desde 2006, defende que o aprendizado ocorre no processo de produção, ajustando a produção ao que os olhos, o ouvido, o tato, a fisiologia e a anatomia descrevem. A indústria pode fornecer o produto final, mas o valor do aprendizado está no processo de construção e não na compra de um produto pronto.

Uma abordagem importante, a partir de nossa experiência, para superar limitações, é o uso concomitante de animações geradas a partir de modelos tridimensionais virtuais (3DV) do órgão que pretendemos produzir, conectando-as ao modelo 3DR. Isso permite um certo grau de interação com os modelos virtuais. No entanto, existem estruturas que não são encontradas na perspectiva virtual 3DV; nesse caso, as demais possibilidades descritivas são a base, mas o 3DV acelera a compreensão do que se pretende.

Para descrever o que seriam esses modelos 3DR, entendemos por modelo tridimensional virtual (3DV) um modelo expresso matematicamente por três coordenadas cartesianas e representado por meio de simulação de aspectos perceptivos da realidade tridimensional, nos modos visual, sonoro, olfato-gustativo e/ou tátil. Vamos discutir cada um desses aspectos e suas implicações para o presente trabalho, pois eles mostram o potencial de toda a teoria e seu apoio à produção do 3DR.

Considerando a visão e a interpretação de imagens como cenas tridimensionais, a tridimensionalidade de objetos representados em uma cena gerada por computador depende da nossa interpretação de uma pluralidade de pistas de profundidade contidas nessas imagens. De acordo com Blundell (*ibid.*), essas pistas podem ser agrupadas em três categorias principais: pictóricas, oculomotoras e binoculares. Em cenas 3D representadas em uma tela 2D, como imagens estáticas geradas por CG em um monitor plano tradicional, pistas oculomotoras e binocu-

lares estão ausentes (podendo ser simuladas apenas em determinadas condições e em uma dimensão reduzida).

Nesses casos, pistas pictóricas são as únicas responsáveis pelo efeito de tridimensionalidade observado, e são essas pistas as mais utilizadas nos modelos 3D virtuais presentes neste trabalho e fundamentais na produção dos modelos 3DR. Descrivemos a seguir algumas pistas pictóricas, de acordo com Blundell:

- **Oclusão:** Observada quando um objeto, por estar à frente do outro, obscurece nossa visão do objeto que está mais distante. Parte ou a totalidade do objeto que está atrás não é visível. Para ser efetiva, é necessário que o observador suponha o formato e a completude do objeto que vê parcialmente.
- **Altura no Campo Visual:** Relacionada à posição da linha do horizonte, onde o céu e a superfície do planeta se encontram. Objetos próximos à linha aparecem estar mais distantes, enquanto objetos acima ou abaixo da linha parecem mais baixos ou mais altos no campo visual, respectivamente.
- **Perspectiva Aérea:** Observada quando objetos distantes parecem menos definidos ou adquirem uma tonalidade azulada devido à difração e refração da luz por partículas de água ou poeira. Quanto mais distantes os objetos, mais forte é esse efeito.
- **Perspectiva do Tamanho Familiar:** Relaciona-se à familiaridade com o tamanho dos objetos observados regularmente. Devido à perspectiva linear, objetos menores no campo visual parecem estar mais distantes. A familiaridade com o tamanho ajuda a prever a distância absoluta e relativa.
- **Sombras e Sombreamento:** Duas formas de sombra podem ser identificadas: uma distribuída ao longo da superfície do objeto, indicando seu formato, e outra formada pelo bloqueio da luz, refletindo uma silhueta distorcida do objeto e fornecendo informações sobre sua forma e distância do anteparo.
- **Reflexão Difusa (Lei de Lambert):** Um refletor perfeitamente difuso reflete a luz em direções randômicas e uniformes. A quantidade de luz incidente em uma superfície decai na razão quadrada inversa da distância entre a fonte de luz e a superfície,

resultando em menor brilho quanto mais distante o objeto está da fonte de luz.

- **Reflexão Especular:** Resulta em uma direcionalidade angular do raio incidente, comum em superfícies lisas como espelhos. Para superfícies não perfeitas, os raios refletem com variação, criando regiões iluminadas e menos iluminadas.
- **Textura:** (a) **Percepção do Espaço 3D:** À medida que a distância aumenta, os elementos da textura se tornam menores e mais adensados. (b) **Percepção do Formato:** Mudanças na textura fornecem pistas sobre a orientação e formato dos objetos.
- **Perspectiva Linear:** Baseia-se no fato de que objetos distantes parecem menores que objetos próximos. A perspectiva linear assume uma posição arbitrária para o observador e projeta a posição e tamanho dos objetos 3D na tela.
- Blundell (*ibid.*, p. 233-243) descreve outras modalidades de pistas que contribuem para nossa visão tridimensional:
- **Pistas Oculomotoras:** Referem-se aos efeitos de acomodação (ajuste da distância focal do cristalino) e convergência (orientação dos olhos para um ponto de fixação comum). Em dispositivos convencionais, esses efeitos não ocorrem.
- **Pistas Binoculares:** Derivam da distância entre os olhos, que percebem o mundo de ângulos distintos, captando imagens díspares (visão binocular). Incluem estereoscopia (parallax binocular) e alterações de movimento (motion parallax). Este-  
reoscopia ocorre quando imagens diferentes são projetadas na retina de cada olho, e alterações de movimento ocorrem quando mudamos nosso ponto de vista, criando movimento relativo dos objetos.

Para obter o efeito de estereoscopia em qualquer representação artística, é necessário que a imagem sensibilize cada olho de forma distinta. O efeito de “animação” em CG é baseado na técnica de exibir imagens sequenciais em rápida sucessão para criar a ilusão de movimento, similar ao fenacistoscópio inventado por Joseph-Antoine em 1832.

As pistas utilizadas nos modelos tridimensionais virtuais presentes neste trabalho são principalmente pictóricas e, até certo ponto, alteram

o movimento (motion parallax). Dentro dessa perspectiva, a utilização concomitante de modelos 3DR (que permitem manipulação direta com respostas multissensoriais) e modelos 3DV gerados por CG (que possibilitam visualização tridimensional e dinâmica de processos) pode constituir uma alternativa significativa às imagens estáticas e pouco contextualizadas dos livros didáticos.

No entanto, é importante destacar que esses modelos possuem limitações práticas. Algumas limitações são comuns a todos os materiais didáticos, como a necessidade de delimitação do tema e enfoque. Outras são mais específicas para esse tipo de representação, incluindo o tempo elevado de modelagem e renderização, além da necessidade de um computador e projetor para utilização em sala.

A construção de modelos 3D apresenta desafios adicionais. A fabricação desses modelos demanda um tempo considerável, e frequentemente as primeiras peças não atendem às expectativas iniciais. São necessários testes com diversos materiais, como isopor, tintas e biscuit, para garantir a qualidade e precisão dos modelos. Esse processo pode ser desgastante, exigindo paciência e ajustes contínuos para alcançar um resultado satisfatório. É essencial que o grupo envolvido esteja engajado e incentivado para a construção dessas peças, pois as limitações devem ser vistas como desafios a serem superados e reestruturados.

*Passamos alguns meses no laboratório dedicados à confecção das peças. No início, todos estavam extremamente animados para começar, mas ao longo do caminho, essa animação diminuiu um pouco. No entanto, à medida que as peças iam ficando prontas, o entusiasmo retornava e todos queriam ver o resultado final. Durante esse processo, descobrimos diversas aptidões: alguns se identificaram com uma forma de trabalhar, enquanto outros preferiam métodos diferentes. E assim definimos os grupos de trabalho e aqueles que seriam responsáveis pela criação dessas peças. Eu, particularmente, me apaixonei pela construção e aplicabilidade dos modelos 3DR, embora tenha encontrado muitos desafios. Passamos horas no laboratório, cortando isopor, papelão e cano para fazer a base das peças. Com as bases prontas, começamos a cobrir com biscuit. Esse foi o processo mais complicado: a primeira leva de peças não deu certo, pois o biscuit secou e rachou. Após pesquisar mais sobre como resolver esse problema, consegui encontrar uma solução eficaz. Esse foi o primeiro desafio superado. Gastamos*

*muitas horas abrindo massa de biscuit e cobrindo cada peça de isopor. Durante esse processo, muitas ideias surgiram, principalmente porque começamos a visualizar as estruturas que estávamos construindo, fazendo com que o conteúdo teórico estudado começasse a fazer mais sentido. Ver as formas tridimensionais ganhando vida nos permitiu compreender melhor as funções entre as partes das plantas. Depois dessa etapa, começamos a montar as estruturas com cada detalhe. Algumas coisas não saíram como planejado, mas outras nos surpreenderam positivamente. Foi um trabalho exaustivo, mas extremamente gratificante. Ver todas as peças prontas e saber que criamos um material excelente, durável e que facilita muito o aprendizado da histologia vegetal foi uma recompensa incrível. Esse projeto não apenas melhorou nosso entendimento teórico, mas também desenvolveu nossas habilidades práticas e de trabalho em equipe. A experiência de transformar conceitos abstratos em modelos tangíveis nos ensinou muito sobre persistência, resolução de problemas e a importância da experimentação no processo de aprendizado. (Aluna de graduação de biologia do terceiro período de uma IES federal).*

Estar atento a afirmações como “Esse projeto não apenas melhorou nosso entendimento teórico, mas também desenvolveu nossas habilidades práticas e de trabalho em equipe” nos desafia a superar vícios e erros históricos de nosso país, especialmente em relação à sociedade, aos menos favorecidos e, principalmente, aos estudantes da escola pública. Esse desafio nos remete a refletir sobre dados como os encontrados na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) de 2017, que revelam que o analfabetismo absoluto ou funcional no Brasil é um legado da exclusão histórica.

A realidade evidenciada por esses dados demonstra a necessidade urgente de reformas e abordagens pedagógicas que não apenas reconheçam, mas também enfrentem as desigualdades educacionais, oferecendo oportunidades equitativas para todos os alunos, independentemente de sua origem ou contexto socioeconômico. O avanço no entendimento teórico e o desenvolvimento de habilidades práticas, como evidenciado pelos projetos descritos, são passos importantes, mas devem ser acompanhados por um compromisso contínuo para combater as desigualdades históricas e promover uma educação inclusiva e de qualidade para todos. Segundo Boff (2020, s/p):

[...] podemos ser: não só sapiens, portadores de amor, empatia, respeito e devoção, mas também demens, odientes, agressivos, cruéis e sem piedade. Este nosso lado sombrio parece dominar a cena social de nosso tempo e também de nosso país.” Ainda segundo Boff, referindo-se o estatuto da escravidão como exemplo, esta foi “uma das realidades mais perversas da história humana [...].

Além do ensino, a educação deve ter um caráter transformador para que os alunos possam desenvolver um senso crítico social, político e ambiental. Conforme Silva, Ishii e Krasilchik (2020), os cursos de licenciatura priorizam uma formação docente centrada no domínio do conteúdo teórico-prático, muitas vezes em detrimento do desenvolvimento do senso crítico e afetivo necessário para a profissão. No entanto, essa superação é possível por meio de ferramentas já conhecidas entre nós, educadores, como a interdisciplinaridade e o trabalho dialogado entre áreas afins. Nossa experiência com a integração entre botânica e disciplinas pedagógicas tem nos permitido vivenciar e validar essas possibilidades como eficientes.

*Bom, começo esse relato sobre a minha experiência com a ida a flor de minas no o exato momento onde eu recebi a notícia que iríamos passar por essa prática. De forma alguma esperava receber um convite importante como este tão cedo. Desde o momento em que ouvi a proposta já fiquei muito animado e com ótimas expectativas, porém com um certo controle para manter o pé no chão, já que eu sabia que iria ser um desafio. Desafio esse que era bem diferente de qualquer outro que já enfrentei. Conforme o tempo foi passando e todo esse projeto foi tomando forma, fui vendo o empenho do professor junto da turma e como tudo estava tão bem estruturado, todo o trabalho por trás fez com que minhas expectativas aumentassem ainda mais. E uma ressalva que eu acredito ser importante de ser dita a respeito da espera até o dia 23, é que em momento algum foi negativo ou me desmotivou, só reforçava mais ainda o quanto eu queria passar por isso e sentir o gosto deste desafio que um professor passa todos os dias. O dia chegou, após muita espera e inquietação da maioria. Chegando lá já organizamos tudo e percebi que eu estava tranquilo, feliz por estar naquele lugar e me sentindo extremamente privilegiado pela oportunidade. Estar em uma escola com tantas crianças perto me deu um sentimento de nostalgia, lembranças importantes relacionadas a toda minha vivência nesse período tão importante da vida.*

*Durante as apresentações senti um misto de sentimentos, passei na pele as dificuldades que um professor passa no dia a dia, e de forma alguma foi algo ruim ou que me desmotivasse. Porém de outro lado, senti também a incrível sensação de estar naquela posição. Assim que acabaram as atividades e eu estava no caminho de volta dentro do ônibus, refleti bastante sobre a minha experiência daquele dia. Conseguir depois disso tudo admirar ainda mais esse trabalho de ser professor. Nesse processo de reflexão me veio na mente alguns dos ótimos professores que tive ao longo da minha vida, e percebi o quanto eles são fortes e merecem ser valorizados. Minha conclusão a respeito dessa experiência é resumida em um sentimento forte de “quero mais”. É difícil me expressar como foi bom passar por isso e o quanto incrível eu acho uma pessoa dominar a arte de ensinar e passar seu conhecimento a diante. Depois desse dia levo comigo uma memória muito marcante, e que com certeza vai ser de vital importância na minha formação de professor. (licenciado de uma graduação de Biologia de uma IES federal).*

Qual é o maior desafio nas licenciaturas no século XXI? Seria formar gerações mais críticas de seu papel social? O fragmento “Consegui depois disso tudo admirar ainda mais esse trabalho de ser professor” reflete essa questão. Consideremos que o Brasil foi um dos últimos países a abolir a escravidão, e isso se reflete no cenário de analfabetismo entre negros e seus descendentes, mesmo após quase 200 anos da abolição. O analfabetismo entre negros e seus descendentes é duas vezes maior do que entre os brancos. Esses dados revelam que o analfabetismo tem cor e classe social.

Portanto, a desigualdade persiste, especialmente para essa população de homens e mulheres. A formação de professores que discuta essas demandas é a principal “porta de entrada para o conhecimento científico” para esses indivíduos (Boff, 2020). Em um contexto histórico onde se percebe a importância da educação científica para a superação da alienação, é essencial que as licenciaturas em Ciências e Biologia se preparem adequadamente para cumprir seu papel. Há bons exemplos de que isso é possível, como indicado pelo recorte: “Nesse processo de reflexão, me vieram à mente alguns dos ótimos professores que tive ao longo da minha vida, e percebi o quanto eles são fortes e merecem ser valorizados.” Esse reconhecimento nos chama a avançar.

A rica descrição de um estudante de primeiro semestre de uma licenciatura mostra que os caminhos podem ser traçados e que a eficiência desses métodos deve ser considerada. Assim, durante a graduação, os professores devem incentivar seus alunos a não se limitarem às discussões e exposições de conteúdos e trabalhos práticos. Tanto discentes quanto docentes devem buscar debates que promovam uma formação ética e responsável, que impacte de forma significativa na resolução de problemas e na busca de soluções.

## TECENDO ALGUMAS CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este livro apresentou um esforço na integração das principais dimensões da Didática para o ensino de Ciências: o ensinar e o aprender. Para isso, trouxemos reflexões e práticas didático-pedagógicas fundamentadas em modelos 3DR na formação de professores de Ciências Naturais, com o foco em conceitos da botânica. As experiências e aprendizagens apresentadas refletem a necessidade de uma formação docente que supere a exigência do conhecimento técnico: é necessário ir além, pensando e propondo um ensino de Ciências, na formação de professores, voltado para o desenvolvimento de habilidades pedagógicas e críticas, articuladas com o chão da escola de educação básica.

Ao longo deste trabalho, mostramos que os modelos 3DR colaboram no processo de ensino-aprendizagem em Ciências, além de proporcionar aos futuros professores uma visão mais concreta dos conteúdos abordados. Essa experiência prática é fundamental para que os licenciandos possam compreender melhor as dificuldades e os desafios que seus futuros estudantes poderão enfrentar, possibilitando uma preparação mais contextualizada para a sala de aula.

Os resultados descritos, nesta obra, evidenciam a importância de uma abordagem interdisciplinar, promovendo o diálogo entre pesquisadores de diferentes áreas para se pensar, intencionalmente, o exercício da docência. A colaboração entre áreas como a Biologia, a Química e a Física, e a integração com as Didáticas dessas respectivas áreas, demonstram caminhos propositivos que podem alcançar à formação holística do professor. De fato, ao longo dos seis semestres de formação, descritos nesta obra, foram desenvolvidas ações de interlocução Universidade-

-Escola que buscaram superar a dicotomia teoria-prática e promover a reflexão contínua sobre o processo de ensino-aprendizagem em Ciências.

Outro aspecto relevante deste estudo é a ênfase na importância da formação continuada, que deve ser encarada como um processo dinâmico e permanente. De fato, enquanto estávamos na escola de educação básica, os professores da instituição puderam trabalhar conjuntamente com os licenciandos, no uso dos modelos em sala de aula. A docência em Ciências Naturais, especialmente em conteúdos tão complexas como a botânica, exige que os professores estejam em constante reflexão, buscando sempre novos caminhos para a Didática em sala de aula. Este livro destaca, também, a necessidade de ações de formação continuada que incluam a reflexão e a proposição de materiais pedagógicos no ensino de Ciências.

Não podemos deixar de destacar a criação e a implementação de modelos tridimensionais de tecidos vegetais que, conforme Ceccantini (2006) nos mostram, eles representam recursos potentes no ensino de Ciências, especialmente em conceitos de botânica. Esses modelos foram desenvolvidos com o objetivo de facilitar a visualização e a compreensão dos conceitos botânicos, além de protagonizar o papel dos licenciandos no processo de formação.

Além disso, a experiência compartilhada neste livro reforça a ideia de que o ensino de Ciências deve ser visto como um campo em constante avanço, em que as intervenções pedagógicas precisam se adaptar às novas demandas e realidades educacionais. Isso implica, também, na elaboração de metodologias de ensino que tenham o objetivo de facilitar a aprendizagem, por parte dos estudantes. A inclusão de práticas como o uso de modelos 3DR é um exemplo de como essa adaptação pode ocorrer de forma potente, em sala de aula.

Esta obra sublinha a necessidade de uma reflexão permanente sobre a formação dos futuros professores e a importância de buscar estratégias pedagógicas que criem um ambiente de aprendizagem em que licenciandos possam desenvolver uma visão epistêmica, crítica e alinhada com os desafios educacionais contemporâneos. Embora os resultados alcançados sejam promissores, na Educação em Ciências, esta obra também revelou desafios persistentes, como a falta de recur-

sos adequados e a necessidade de estratégias para o ensino de temas complexos, como a botânica.

Este texto, resultado de um trabalho contínuo de ensino-extensão-pesquisa, contribuiu para o debate sobre a formação inicial e contínua de professores, oferecendo elementos enriquecedores e reflexivos sobre a Didática, a prática pedagógica, a articulação de conhecimentos interdisciplinares e a construção de modelos. Esperamos que esta obra possa inspirar outros trabalhos e pesquisas, colaborando para avançarmos com o debate permanente no ensino de Ciências.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, R. **Conversas com quem gosta de ensinar**. 8. ed. Campinas, São Paulo: Papirus, 2006.
- AMADEU, S. O.; MACIEL, M. D. A dificuldade dos professores de Educação Básica em implantar o ensino prático de botânica. **Revista de produção discente em Educação Matemática**, São Paulo, v.3, n.2, p. 225-235, 2014.
- AMON, Tomaz. Web3D – a Tool for Modern Education in Biology. WSEAS Transactions on Biology and Biomedicine, v. 7, n. 3, p. 200-222, 2010.
- ANATOMIC - Produtos Anatômicos. Disponível em: <https://www.anatomic.com.br/>. Acesso em: 9 maio 2024.
- ANDRADE, G. M. P. C.; MOZZER, N. B. Análise dos Questionamentos do Professor em Atividades Fundamentadas em Modelagem Analógica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 825–850, set. 2016. Disponível em: <https://is.gd/3ChXqX>. Acesso em: 2 nov. 2023.
- ARRAIS, M. G. M.; SOUZA, G. M.; MASRUA, M. L. A. O ensino de botânica: investigando dificuldades na prática docente. **Revista da SBenBio**, Campinas, n. 7, p. 5409-5418, 2014.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 210 p.
- BARBIER, R. **A pesquisa-ação**. Local: Liber Livro, 2004.
- BELLO, B.; FREYBERG, P. El lenguaje en la clase de ciencias. In: OSBORNE, R.; FREYBERG, P. **El Aprendizaje de las Ciencias**: influencia de las “ideas previas” de los alumnos. Madrid: Narcea, 1998. 305 p. (original de 1991).
- BLUNDELL, B. G. **An Introduction to Computer Graphics and Creative 3D Environments**. Londres: Springer-Verlag, 2008. 501 p.
- BOFF, L. **A história foi escrita pela mão branca**. Brasil de Fato. Disponível em: <https://is.gd/05xaIv>. Acesso em: 2 maio 2022.

BOGDAN, R. C. & BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Ed., 1994. 335 p.

BORKULÓ, S. P. **The assessment of learning outcomes of computer modeling in secondary science education**. Ph.D. thesis, University of Twente, The Netherlands, 2009.

BREDEWEG, B.; LIEM, J.; BEEK, W.; LINNEBANK, F.; GRACIA, J.; LOZANO, E.; WIBNER, M.; BÜHLING, R.; SALLES, P.; NOBLE, R.; ZITEK, A.; BORISOVA, P.; MIODUSER, D. **DynaLearn – An Intelligent Learning Environment for Learning Conceptual Knowledge**. *AI Magazine*, v. 34, n.º 4, p. 46-65, 2013.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Versão homologada pelo CNE. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://is.gd/YvgwtT>. Acesso em: 10 jul. 2024.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF. Disponível em: <https://is.gd/qQzK5l>. Acesso em: 04 maio 2022.

BRASIL. Lei n. 13.005, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação - PNE e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, p. 1, 26 jun. 2014. Disponível em: <https://is.gd/JAu1cb>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Lei nº 9394/1996 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação. 1996. Disponível em: <https://is.gd/uJFOv3>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Portal do MEC – Parâmetros Curriculares Nacionais. 1998. Disponível em: <https://is.gd/21s6Zh>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Portal do MEC – Programa Brasil Alfabetizado. 2018. Disponível em: <https://is.gd/XnH9Et>. Acesso em: 02 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Portal do MEC – Parecer Homologado Portaria nº 1.348, publicada no D.O.U. de 17/12/2018. Disponível em: <https://is.gd/c8WFf3>. Acesso: 02 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018. Disponível em: <https://is.gd/oOWeBv>. Acesso: 02 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Princípios, diretrizes, estratégias e ações de apoio ao programa Brasil alfabetizado: elementos para a formação de coordenadores de turmas e de alfabetizadores. Brasília: SECADI, 2011.

BRESINSKY, A. **Tratado de botânica de Strasburger**. 36. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 1192 p.

BOCKI, A. C.; LEONÊS, A. S.; PEREIRA, S. G. M.; RAZUCK, R. C. de S. R. **As concepções dos alunos do Ensino Médio sobre botânica**. Boletim, UnB, Planaltina, 2012.

CACHAPUZ, A. *et al.* **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2011.

CAMPOS, C. J. G. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 57, n. 5, p. 611-614, Out., 2004.

CASTEJON, M. **Processos de subjetivação no discurso religioso de matriz africana em textos de Jorge Amado.** Universidade Federal de São Carlos - Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em educação. 2023

CAVALCANTE, T. F. **Avaliação do Uso de Modelagem Qualitativa com Apoio de Agentes Aprendizes Virtuais na Compreensão da Dinâmica de Sistemas por Alunos do Ensino Fundamental.** 2015. 181 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Faculdade de Planaltina, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2015.

CECCANTINI, G. Os tecidos vegetais têm três dimensões. **Revista Brasileira de Botânica.** São Paulo, v. 29, n. 2, 2006, p. 335 - 337.

DIAS, J.M.C.; SCHWARZ, E.A.; VIEIRA, E.R. **A botânica além da sala de aula.** 2008. Disponível em: <<https://is.gd/uQk4kr>>. Acesso em: 30 Ago. 2023.

DUARTE, M. C. Analogias na educação em Ciências: contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 7-29, mar. 2005. Disponível em: <https://cutt.ly/Dgp0Rja>. Acesso em: 10 out. 2023.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education, Hoboken**, Kiel, Germany, v. 75, n. 6, p. 649-672, nov. 1991.

FARIAS, F. M. C. *et al.* Construção de um modelo molecular: uma abordagem interdisciplinar Química-Matemática no ensino médio. **Revista Virtual de Química**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 849-863, Maio 2015. Disponível em: <https://is.gd/yYJxQk>. Acesso em: 19 jul. 2023.

FERRY, A. S.; SCHMIDT, N. S.; ASSIS, L. P. Modelagem analógica para o ensino de estequiometria Química a estudantes com deficiência visual o recurso didático do sanduíche estequiométrico. **Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, v. 28 n. 65, set. 2022. Disponível em: <https://is.gd/8fqmBF>. Acesso: 02 abr. 2024.

FIGUEIREDO, J. A., COUTINHO, F. A., AMARAL, F. C. O ensino de botânica em uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. *In:* Anais do II Seminário Hispano Brasileiro, p. 488-498, 2012.

FORRESTER, J. W. Learning through System Dynamics as Preparation for the 21st Century. Portland, OR: Productivity Press. Reviewed in 2009. Disponível em: <https://is.gd/7phy9N>. Acesso em: 27 abr. 2024.

FREIRE, P. **Política e Educação.** 5. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2020.

FROTA, G.; MENDONÇA, M. A importância do ensino de botânica para a formação do professor de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 755-767, 2010.

FROTA, T.; SANTOS, S. G. O ensino de botânica e a educação ambiental. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 55-70, 2012.

FUTUYMA, D. J. **Evolução, ciência e sociedade.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética. 2002.

FISCHER, R. M. B. Por uma escuta da Arte: ensaio sobre poéticas possíveis na pesquisa. **Rev. Bras. Estud. Presença**, v.11, n. 1, 2021.

FOUCAULT, M. **A ordem do discurso**. São Paulo: Loyola, 2011a.

FOUCAULT, M. **A hermenêutica do sujeito**. São Paulo: Martins Fontes, 2011b.

FOUCAULT, M. **História da sexualidade II: o uso dos prazeres**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

FOUCAULT, M. **Dizer a verdade sobre si**. São Paulo: UBU editora, 2022.

FURLAN, P. G. *et al.* Avaliação participativa do curso de Graduação em Terapia Ocupacional FCE/UnB: metodologias ativas e o processo de ensino-aprendizagem para a formação profissional. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia, 2012.

GATTI, B. A. Estudos quantitativos em educação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.1, p. 11-30, jan./abr., 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, SP: Atlas, 2002.

GILBERT, J. K. Modelos e modelagem: caminhos para uma educação científica mais autêntica. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, p. 115-130, jun. 2004.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. Aprendendo Ciências por meio de Modelos e Modelagem. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Eds.). **Manual Internacional de Educação Científica**. Londres: Kluwer Academic, p. 53-56, 1998.

GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000.

GILBERT, J. K.; JUSTI, R.; QUEIROZ, A. S. **The use of a model of modelling to develop visualization during the learning of ionic bonding**. In: TAŞAR, M. F.; ÇAKMAKCI, G. (eds.). **Contemporary Science Education Research: International Perspectives**. Ankara, Turkey: Pegem Akademi, p. 4351, 2010.

GLYNN, S. M. **The teaching with analogies model**: Explaining concepts in expository texts. In: MUTH, K. D. (ed.). **Children's comprehension of narrative and expository text: Research into practice**. Neward, DE: International Reading Association, p. 85-204, 1989.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai/jun, 1995.

GRECA, I. M. e MOREIRA, M. A. Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, p. 95-108, 1996.

GUERIN JUNIOR, C.; CUNHA, F. I. J.; DINARDI, A. J.; TEODORO, P. V. Modelos e Modelagens no Ensino de Ciências: proposta e resultados na educação básica. **Revista Sapiência**: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais, v. 12, p. 8-20, 2023.

GÜLLICH, R. I. C. **A botânica e seu Ensino**: história, concepções e currículo. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Sul: Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul - Departamento de Pedagogia, 2003.

- GILBERT, J. K. **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000.
- JACOBSON, M. J.; WILENSKY, U. Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. **Journal of the Learning Sciences**, v. 15, n. 1, p. 11–34, 2006.
- JOHNSON-LAIRD, P.N. **Mental models**. Cambridge, MA, Harvard University Press, 1983.
- JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, p. 31-48, nov. 2015.
- JUSTI, R., GILBERT, J. K. “Modelling, teachers’ views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers”. **International Journal of Science Education**, v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- KATON, G. F.; TOWATA, N.; SAITO, L. C. A cegueira botânica e o uso de estratégias para o ensino de botânica. In: LOPES, A. M. *et al.* (org). **III Botânica no inverno 2013**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2013. 183 p.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/Edusp, 1987.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2005.
- KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 6. ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, mar. 2000. Disponível em: <https://is.gd/MBRTVN>. Acesso em: 01 out. 2010.
- LEMKE, J. Letramento metamidiático: transformando significados e mídias. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 49, n. 2, p. 455-479, 2010.
- LIMA, K. E. C.; VASCONCELOS, S. D. Análise da metodologia de ensino de Ciências nas escolas da rede municipal do Recife. **Ensaio: avaliação e políticas públicas em educação**, v. 14, n. 52, p. 397-412. 2006.
- LORENZETTI, L. Alfabetização científica e tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na educação em ciências. In: MILARÉ, T. *et al.* (org). **Alfabetização científica e tecnológica na educação em ciências: fundamentos e práticas**. São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- LOVO, J. *et al.* Sistemática vegetal: conceitos, estado atual e perspectivas futuras. In: PEÑA, M. H. *et al.* (org). **VI Botânica no Inverno 2016**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Botânica, 2016. 223 p.
- MARANDINO, M. Museu e escola: parceiros na educação científica do cidadão. In: CANDAU, V. M. (org). **Reinventar a escola**. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 189-220.
- MARANDINO, M. **O Conhecimento Biológico nas Exposições dos Museus de Ciências**: análise do processo de construção do discurso expositivo. 2001. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo.

MARANDINO, M. **O Ensino de Ciências na Perspectiva da Didática Crítica**. 1994. Dissertação (Mestrado) - PUC, Rio de Janeiro.

MAUREL, P.; BERTACCHINI, Y. Conception, representation & mediation in participatory land planning projects: 3D physical models artefacts. 2008. Disponível em: <https://is.gd/EliUj>. Acesso em: 09 maio 2024.

MELO, E. A.; ABREU, F. F.; ANDRADE, A. B.; ARAÚJO, M. I. O. A aprendizagem de botânica no ensino fundamental: dificuldades e desafios. **Scientia Plena**, v. 8, n. 10, 2012.

MENEZES, L. C. de; SOUZA, V. C.; NICOMEDES, M. P.; SILVA, N. A.; QUIRINO, M. R.; OLIVEIRA, A. G.; ANDRADE, R. R.; SANTOS, C. In: *Anais do XI Encontro de Iniciação à Docência*. In: *Iniciativas para o aprendizado de botânica no ensino médio*. UFPB. 2009.

MINAYO, M. C. S. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (org.). **Pesquisa Social**: Teoria, método e criatividade. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. p. 9-29.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006b. 186 p.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. C. B. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 83-106, 1998.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. S. Modelagem analógica no ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, p. 155-182, abr. 2018. Disponível em: <https://is.gd/B4Vogs>. Acesso em: 03 jun. 2024.

NARDI, Roberto; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Formação da área de ensino de ciências: memórias de pesquisadores no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, 2004. Disponível em: <https://is.gd/SwmW1V>. Acesso em: 04 maio 2022.

OLIVEIRA, A. M. V.; SILVA, H. D. A.; BASTOS, R. N. S.; CAVALCANTE, C. C.; SILVA, R. R.; SILVA, F. R. F. Produção de material didático para o ensino de biologia: uma estratégia desenvolvida pelo Pibid/Biologia/FECLI. **Revista da SBEnBio**, n. 7, p. 682-691, 2014.

OLIVEIRA, G. S.; CUNHA, A. M. O.; CORDEIRO, E. M.; SAAD, N. S. Grupo Focal: uma técnica de coleta de dados numa investigação qualitativa. **Cadernos da Fucamp**, v.19, n.41, p.1-13, 2020.

OLRY, R. Wax, Wooden, Ivory, Cardboard, Bronze, Fabric, Plaster, Rubber and Plastic Anatomical Models: Praiseworthy Precursors of Plastinated Specimens. **J Int Soc Plastination**, v. 15, n. 1, p. 30-35, 2000.

PALMERO, M. L. R. La célula vista por el alumnado. **Ciencia & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 229-246, 2003

PINHEIRO DA SILVA, P. G.; CAVASSAN, O. Avaliação da ordem de atividades didáticas teóricas e de campo no desenvolvimento do conteúdo de botânica da disciplina ciências

na 6ª série do ensino fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5., 2005, Bauru. Atas... Bauru: ABRAPEC, 2005. 1 CD-ROM.

PINTO, T. A., MARTINS, I. M., JOAQUIM, W. M. A construção do conhecimento em Botânica através do ensino experimental. XIII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação, 2009, São José dos Campos. Anais eletrônicos... São José dos Campos: 59 Ensino por investigação aplicada para compreender o movimento da água nas plantas. Disponível em: <https://is.gd/BHCljR>. Acesso em: 20 jun. 2024.

PORTELA, G. L. Abordagens teórico-metodológicas. Projeto de Pesquisa no ensino de Letras para o Curso de Formação de Professores da UEFS. 2004.

RAVEN, Peter H.; EVERET, Ray F; EICHHORN, Susan E.; *et al.* Biologia vegetal. [s.l.]: Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

RAMOS, T. C.; MOZZER, N. B. Análise do uso da analogia com o “Pudim de Passas” guiado pelo TWA no ensino do modelo atômico de Thomson: considerações e recomendações. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 106-115, maio 2018. Disponível em: <https://is.gd/6dBUUb>. Acesso em: 19 out. 2023.

RICHMOND, B. Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. System Dynamics Review, v. 9, n. 2, p. 113-133, 1993.

ROJO, R. Materiais didáticos no ensino de línguas. In: LOPES, L. P. M. (Org.). Linguística Aplicada na modernidade recente: Festschrift para Antonieta Celani. São Paulo: Parábola, 2013. Cap. 8. p. 163-195.

SANTOS, K. A.; SILVA, J. L. P. B.; TEIXEIRA, E. S. Análise na perspectiva argumentativa do modelo atômico de Dalton nos livros do PNLD 2021. In: 21 Encontro Nacional de Ensino de Química, 21., 2023, Uberlândia. **Anais** ... Uberlândia (MG): Universidade Federal de Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://is.gd/TY0vvc>. Acesso em: 15 nov. 2023.

SANTOS, W. B.; CASTEJON, M.; XAVIER, M. N. dos R. Modelos 3DR: possibilidade de ensino ajustado à realidade. **Brazilian Journal of Development**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 19287-19300, 2023Disponível em: <https://is.gd/hZf4aG>. Acesso em: 2 jan. 2024.

SANTOS, D. Y. A. C. *et al.* **A botânica no cotidiano**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012.

SANTOS, W. B.; SOUSA, C. J. R; S. ALVES, D. F K.; OLIVEIRA, D. O. FALEIRO, W. **Modelos 3DR nas Ciências da Natureza**: um repensar do Capital Cultural na escola do campo. Goiânia, Kelps, 2019.

SILVA, B.; CORDEIRO, M. R.; KIILL, K. B. Jogo Didático Investigativo: Uma Ferramenta para o Ensino de Química Inorgânica. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015.

SILVA, H.; LOPES, J. **Eu, professor, pergunto - 20 respostas sobre planificação do ensino-aprendizagem, estratégias de ensino e avaliação**. Lisboa: PACTOR, 2015. v. 1. Disponível em: <https://is.gd/gxD0iM>. Acesso: 10 jul. 2024.

SILVA, J. E.; SILVA JÚNIOR, C. N.; OLIVEIRA, O. A.; CORDEIRO, D. O. **Pistas Orgânicas: um jogo para o processo de ensino e aprendizagem da química**. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 1, p. 25-32, 2018.

SILVA, P. F. D. A.; ISHII, I.; KRASILCHIK, M. CÓDIGO DE ÉTICA DOCENTE: UM DILEMA. *Educação em Revista*, v. 36, 2020.

SILVA, A. C.; SANTOS, W. L. A pesquisa na prática docente: dilema na contemporaneidade. *Revista Científica da FASETE*. 2017

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2009. p. 33-44.

SOUZA, P. V. T. **Modelos de simulação qualitativos como estratégia para o ensino de Ciências**. Orientador: Paulo Sérgio Bretas de Almeida Salles. 2019. 285 f., Tese (Doutorado em Educação em Ciências) -Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <http://ictes.unb.br/jspui/handle/10482/39289>. Acesso em: 10 maio 2024.

SOUZA, P. V. T.; SALLES, P.; GAUCHE, R. Um modelo de simulação baseado em raciocínio qualitativo para a educação em ciências. **Revista Actio: docência em Ciências**, v. 2, n .1, p. 162-183, 2017.

TAUCEDA, K. C.; DEL PINO, J. C. Modelos e outras representações mentais no estudo do DNA em alunos do ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 337- 354, 2010.

TEODORO, P. V.; SILVEIRA, H. E.; LONGHINI, I. M. M. **A Educação Ambiental e o Ensino de Ciências: reflexões e proposições**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2022. 85p .

TEODORO, P. V.; SALLES, P.; GAUCHE, R. System Dynamics Through Qualitative Modeling in DynaLearn: Results from Research Conducted in a Brazilian High School Context. In: Andrew M. Olney; Irene-Angelica Chounta; Zitao Liu; Olga C. Santos; Ibert Bittencourt. (Org). **Communications in Computer and Information Science**. 1ed. Gewerbestrasse: Springer Nature Switzerland, 2024, v. 21, p. 251-258.

TEODORO, P. V.; GOMES, D. C. M.; SILVA, L. R. R. A Inteligência Artificial a partir do Raciocínio Qualitativo: panorama de materiais didáticos no Ensino de Ciências Naturais. **Boletim de Conjuntura**, v. 16, p. 378-390, 2023.

URSI, S.; SALATINO, A. Nota Científica - É tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: impercepção botânica como alternativa para “cegueira botânica”. *Boletim de botânica*, [S. l.], v. 39, p. 1-4, 2022. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bolbot/article/view/206050>. Acesso em: 28. jul. 2023.

VENTURELLI, Suzete; TELES, Lúcio. **Introdução à Arte Digital**. Publicado no Creative Commons. [www.creativecommons.com.br](http://www.creativecommons.com.br).

WANDERSEE, J. H.; SCHUSSLER, E. E. Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, St. Louis, v. 47, n. 1, p. 2-9, 2001.

WOORTMANN, E. & WOORTMANN, K. O trabalho da terra. Brasília: Editora UNB, 1997. P. 7-17.

## SOBRE OS AUTORES

### WELSON BARBOSA SANTOS



Pós Doutor em Educação Escolar pela UNESP, Doutor em educação pela UFSCar, mestre em Educação pela UFU, é licenciado em Ciências Exatas e Naturais pela Universidade de Uberaba e em Pedagogia pela Faculdade Integrada de Araguatins. Atualmente é Professor Adjunto IV Na Universidade Federal de Uberlândia UFU - Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal – ICENP e professor permanente no Programa de Pós-graduação em Ensino de ciências e Matemática - UFU. Coordena o Laboratório de Ensino de Biologia- LAEN e o grupo de pesquisa MASCULINIDADES: Cultura, educação e Subjetividades GPEMCES. Como pesquisador, centra-se nos estudos culturais e discute vulnerabilidade e risco de suicídio entre homens de 13 a 28 anos desde 2005. Atua na formação docente para a escola básica, trabalha produção de Modelos 3DR para o ensino de ciências da natureza, em uma perspectiva inclusiva, interdisciplinar, visando fortalecimento das identidades e subjetividades na educação.

### PAULO VITOR TEODORO



Licenciado em Química e Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). É Doutor em Educação em Ciências, pela Universidade de Brasília (UnB), Atualmente é Professor no Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal (ICENP) da UFU e compõe o quadro permanente de docentes do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática. É um dos coordenadores do núcleo Interdisciplinar do Programa Residência Pedagógica na UFU e é Docente Orientador nos Estágios Supervisionados em Ensino de Química do

ICENP/UFU. Atualmente, na UFU, é coordenador do projeto de extensão 'Vamos modelar e discutir ciência com a gente?' (Registro SIEX/UFU 30881), em que desenvolve intervenções didático-pedagógicas (em colaboração com estudantes e professores/as da Educação Básica, dos cursos de Química, Física e Biologia do ICENP/UFU e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática), nas perspectivas interdisciplinar e inclusiva, em escolas de educação básica. Tem experiência na área de Ensino de Química/Ciências, discutindo principalmente os seguintes temas: modelagem (por meio da IA), Educação Ambiental, Inclusão e Educação de Jovens e Adultos.

## **LUCAS MATHEUS DA ROCHA**



Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2003), com Mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006) e Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica) pelo Programa de Pós-Graduação em Botânica do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (2011). Tem experiência na área da Botânica, com ênfase em Palinologia, atuando principalmente nos seguintes temas: palinologia, taxonomia vegetal e taxonomia de criptógamas (briófitas). Foi Professor Substituto da Universidade Federal de Juiz de Fora (03/2008-12/2009) e Professor Assistente do Instituto de Saúde e Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas (01-07/2010). Atualmente é Professor Associado do Instituto de Ciências Exatas e Naturais do Pontal - Campus Pontal da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), onde atua ministra as disciplinas de Morfologia Vegetal e Sistemática de Criptógamas, além de orientar projetos de pesquisa relacionados à taxonomia vegetal, palinologia geral e levantamentos brioflorísticos.

## WENDER FALEIRO



Possui licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas, licenciatura em Pedagogia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU); mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais e Doutorado em Educação pela UFU. Pós-doutorado em Educação PUC-GO, ênfase em Educação do Campo. Atualmente é Professor da Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão atuando na Licenciatura em Educação do Campo - habilitação em Ciências da Natureza e, no Programa de Pós-Graduação em Educação. Líder/Fundador do Grupo de Estudos, Pesquisa e Extensão em Ensino de Ciências e Formação de Professores - GEPeec/UFG; Vice-líder do NEPCampo /UFG (2014-2019) e Coordenador do Curso de Licenciatura em Educação do Campo; Membro NDE - Educação do Campo habilitação em Ciências Naturais. Coordenador geral da escola da Terra em Goiás (2017/2018- 2020/21). Coordenador da Especialização em Educação do Campo (SEMESP/ MEC-UFCAT - 2021-2022. Coordenador da licenciatura em educação do Campo-Ciências da Natureza (2022-2024) Vice - Diretor da Faculdade de Educação (2022-2025). Presidente do I, II e III Congresso Nacional de Ensino de Ciências e Formação de Professores (2017- 2019 – 2024) e do I Congresso Inter institucional Brasileiro de Educação popular e do Campo (2017). Membro do Conselho Deliberativo da Associação Brasileira de Biologia Regional 4 (2017/2019). Se dedica aos estudos da Educação Popular - ênfase na Educação do Campo, Ensino de Ciências da Natureza, e Formação de Professores/as sob a perspectiva histórica, sociológica e pedagógica.

## THAÍS DE OLIVEIRA GUIMARÃES DA SILVA



Discente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na instituição (UFU/ campus Pontal). Monitora do componente curricular “Biologia Celular e Molecular” e “Histologia e Embriologia Geral”. Membro do PET Biologia - UFU Campus Pontal. Compõe o grupo de pesquisa e faz iniciação científica junto ao grupo de pesquisa MASCULINIDADES: Cultura, educação e Subjetividades GPEMCES.

## ANA CLARA ARAÚJO TEIXEIRA



Discente do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na instituição (UFU/ campus Pontal). Professora da educação infantil de escola básica do município de Ituiutaba, Minas Gerais. Compõe o grupo de pesquisa e faz iniciação científica junto ao grupo de pesquisa MASCULINIDADES: Cultura, educação e Subjetividades GPEMCES.

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

Aluno 36–37, 43, 46, 88, 90–92, 96–99, 105  
Amido 76  
Amílopastos 76, 80  
Anatomia vegetal 14, 59–61, 79  
Aprendizado significativo 96, 98  
Aquífero 75

## B

Biologia 13–15, 19, 27, 40, 42, 47, 52, 56–59, 64–65, 81–83, 85–86, 88–97, 100, 103, 105–106, 112, 114–115  
Biscuit 70–73, 75–78, 81, 111–112  
Buliforme 61

## C

Caule 64–67, 73–74  
Cidadania 94  
Ciências 13–22, 25, 27–35, 37–41, 45, 47–48, 51–54, 56–58, 60, 64–65, 81–82, 86, 88–90, 92, 94–96, 98, 103–105, 114–117  
Clorofila 100

Clorofiliano 65, 75

Colênquima 61, 65, 70

Condução 33, 65, 77–78

## E

Educação 13–14, 16–20, 27–35, 40–41, 43–44, 48–50, 52, 54–55, 61, 65, 80–84, 90, 96–97, 105, 112–116  
Ensino 13–19, 21–22, 25, 27–40, 42–43, 46, 48–49, 51–58, 60–63, 66, 73, 79–82, 84–87, 89–98, 101, 103, 105–107, 113, 115–117  
Epiderme 65, 70–71, 73  
Esclerênquima 61, 65, 70, 80

Escola 13–15, 19, 28–29, 37, 40–49, 51, 53–55, 63–67, 72, 79–80, 83–89, 91–99, 101, 104–105, 112–113, 115–116  
Evaporação 71  
Extensão 13, 39–40, 42–43, 45, 49, 90, 117

## F

Fibras 68–70, 72, 80  
Fisiologia vegetal 66  
Floema 61, 65, 74, 78  
Flores 50, 62, 67, 78, 85  
Folhas 62, 71, 74, 79  
Formação continuada 48–49, 80, 116

Formação de professores 13–14, 20, 33, 47, 52, 88, 90, 96, 108, 114–115

Formação inicial 14, 48, 52, 55–56, 64, 82, 92, 99, 105, 117

Fotossíntese 57, 100

Frutos 55–56, 62, 76, 78–79

## H

Habilidade 17, 32, 60

## I

Inclusão 33, 105, 116  
Interdisciplinaridade 47, 96, 113  
Isopor 71–73, 77–78, 103, 111–112

## L

Lâminas 61–64, 80

licenciatura 13–14, 16, 33–34, 40, 58, 64, 66, 79, 81, 88–89, 93–96, 103–104, 113, 115

## M

Mesófilo 72–73

Mesófilo 73–74

Metodologias 53, 60, 63, 73, 82, 84–85, 94, 116  
Microscopia 68  
Modelagem 17–18, 31–35, 111  
Modelos 3DR 15, 18–20, 40–41, 49, 51, 63, 79, 81–82, 84, 88, 90, 92–98, 101–103, 105–109, 111, 115–116

## P

Parênquima 61, 65, 74–76  
Pesquisa 13–14, 19, 32–34, 39–48, 50–51, 60, 84, 112, 117  
Práticas pedagógicas 83, 90, 96, 105

## Q

Química 13–15, 27, 34, 40, 42, 47–48, 56, 64, 93, 96, 103, 115

## R

Raízes 62, 78

## S

Saber acadêmico 65, 81

Saber escolar 65

Sala de aula 16–18, 20–22, 24–25, 29, 31, 33, 38, 40–41, 53–54, 62, 86, 90, 93, 99, 103–104, 115–116

Sementes 62, 78–79

## T

Tecnologias digitais 28, 101

Teoria-prática 20, 88, 116

Tricoma 71

## U

Universidade 14, 28, 42, 48, 54,

58, 65, 79, 81, 96, 101, 115

## X

Xilema 61, 65, 74, 77

## Realização

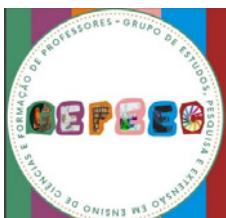


### Projetos Interdisciplinares

Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências da Natureza (GPECIN)



Grupo de Pesquisa Masculinidades:  
Cultura, Educação e Subjetividades (GPEMCES)



Grupo de Estudos, Pesquisa e Extensão em  
Ens. de Ciências e Formação de Prof. (GEPEEC)



Este livro foi composto pela Editora Bagai.

 [www.editorabagai.com.br](http://www.editorabagai.com.br)  [/editorabagai](https://www.instagram.com/editorabagai)

 [/editorabagai](https://www.facebook.com/editorabagai)  [contato@editorabagai.com.br](mailto: contato@editorabagai.com.br)