

**Alexandre Shigunov Neto
André Coelho da Silva
Ivan Fortunato
(org)**

**COLETÂNIA DO CONGRESSO PAULISTA
DE ENSINO DE CIÊNCIAS:
DISCUTINDO O ENSINO DE CIÊNCIAS
NOS PAÍSES IBEROAMERICANOS**

2025

Copyright @ Congresso Paulista de Ensino de Ciências 2024

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial sem indicação da fonte. Nenhuma parte do material pode ser reproduzida para fins comerciais.

Capa: adaptada de https://br.freepik.com/vetores-gratis/fundo-do-dia-mundial-da-ciencia-gradiente_32201532.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=c5a1d453-8b60-4503-94d8-0eed9db7b7ba&query=ci%C3%Aancia

S555c

Shigunov Neto, Alexandre.

Coletânea do Congresso Paulista de Ensino de Ciências: discutindo o ensino de ciências nos países ibero-americanos / Shigunov Neto, Alexandre; Silva, André Coelho da; e Fortunato, Ivan (org.). – Itapetininga: Edições Hipótese, 2025.

372p.

Bibliografia

ISBN: 978-65-87891-55-2

1. Ensino de Ciências. I. Título.

CDU - 370

COMISSÃO CIENTÍFICA

Alexandre Shigunov Neto, IFSP - Itapetininga

Ana Cristina Santos Duarte, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB

André Coelho Silva, IFSP - Itapetininga

Cláudia Eliane da Matta, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI

Danislei Bertoni, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR

Denise Helena Lombardo Ferreira, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-Campinas

Dulce Maria Strieder, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE

Francielle Amâncio Pereira, Universidade Federal de Uberlândia, UFU

Gabriela Agostini, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Hildegard Susana Jung, Universidade La Salle, UNILASALLE

Hugo da Silva Florentino, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG

Isabel Maria Sabino de Farias, Universidade Estadual do Ceará, UECE

Ivan Fortunato, IFSP – Itapetininga

Jean Carlos Miranda, Universidade Federal Fluminense, UFF

Jeane Cristina Gomes Rotta, Universidade de Brasília, UnB

Jomara Mendes Fernandes, Universidade Federal da Bahia, UFBA

Kalyandra Imai Gonçalves, Universidade Estadual de Maringá, UEM

Kellys Regina Rodio Saucedo, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, UFMS

Maria Cristina Ferreira dos Santos, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, UERJ

Mikael Frank Rezende Junior, Universidade Federal de Itajubá, UNIFEI

Queli Ghilardi Cancian, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE

Priscilla Coppola De Souza Rodrigues, Universidade de Brasília, UnB

Ruth Firme Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE

Sharmilla Tassiana de Souza, Universidade Estadual de Maringá, UEM

Solange Franci Raimundo Yaegashi, Universidade Estadual de Maringá, UEM

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO Alexandre Shigunov Neto, André Coelho da Silva e Ivan Fortunato	8
CAPÍTULO 1 - A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS COM CRIANÇAS: ATRAVESSAMENTOS DE PESQUISAS COM O PULSAR COTIDIANO DAS ESCOLAS Sandro Tiago da Silva Figueira e Helena Amaral da Fontoura	20
CAPÍTULO 2 – A INFLUÊNCIA DA ACESSIBILIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA EM ESCOLAS PÚBLICAS Isadora Fogaça Consulim e Jéssica Laguilio Rodrigues	34
CAPÍTULO 3 - APRENDIZAJE DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL EN LA ESCUELA SECUNDARIA URUGUAYA Richard González, María Rita Otero e Marcelo Arlego	56
CAPÍTULO 4 – ARTICULAR A FÍSICA E A BIOLOGIA PARA A DESCOBERTA DE MICROMUNDOS: PROPOSTAS DE ATIVIDADES COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO Fredson Delgado, Betina Lopes, José Luís Araújo, Marcelo Hahn e Jorge Bonito	74
CAPÍTULO 5 – CIÊNCIA EM CENA: EXPLORANDO AS POSSIBILIDADES DIDÁTICAS DO FILME <i>UM HOMEM ENTRE GIGANTES</i> NO ENSINO DE CIÊNCIAS Deisiane De Toni Alves, Queli Ghilardi Cancian, Cassiane Beatrís Pasuck Benassi e Marco Antonio Batista Carvalho	95
CAPÍTULO 6 – DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS NO ENSINO SUPERIOR: CAMINHOS PARA A AUTONOMIA DOCENTE Jeane Cristina Gomes Rotta e Jéssica Maciel de Souza Santos	118
CAPÍTULO 7 – EDUCAÇÃO FINANCEIRA ESCOLAR NA EDUCAÇÃO INFANTIL: MATERIAIS PARA EDUCADORES E CUIDADORES Joseilda Mendonça e Cristiane Pessoa	132

CAPÍTULO 8 - EDUCAÇÃO INOVADORA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: O PAPEL DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NOS PROCESSOS PEDAGÓGICOS Julia Capalonga Franco, Jardelino Menegat e Hildegard Susana Jung	158
CAPÍTULO 9 – EL CINE COMO RECURSO INTERDISCIPLINAR PARA LA ENSEÑANZA INNOVADORA DE LA FÍSICA EN EDUCACIÓN SUPERIOR Carlos Sánchez Azqueta, Francisco Aznar Tabuenca e Jorge Pozuelo Muñoz	174
CAPÍTULO 10 – EL REI “DE LA FOTOCOPIADORA” COMO PROPUESTA PARA ENSEÑAR GEOMETRÍA: DISEÑO Y ANÁLISIS A PRIORI Paula Rabanedo, Viviana Carolina Llanos, María Rita Otero e María Paz Gazzola	185
CAPÍTULO 11 – ENSEÑAR POR CUESTIONAMIENTO PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA A PARTIR DE UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Joselina Conforti, Paula Rabanedo e Viviana Carolina Llanos	202
CAPÍTULO 12 – ENSINO DE CIÊNCIAS E FORMAÇÃO DOCENTE: CURRÍCULO DE UM CURSO DE LICENCIATURA NO RIO DE JANEIRO Maria Cristina Ferreira dos Santos e Daniel Lopes dos Santos Silva	213
CAPÍTULO 13 – HORTA ESCOLAR E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: PROMOVEDO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS AULAS DE CIÊNCIAS NATURAIS Joana Darc de Sousa Pinho, Camila Silva Rodrigues, Nalanda Cristine Silva e Jeane Cristina Gomes Rotta	227
CAPÍTULO 14 – INTERFACES ENTRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E ENSINO DE FÍSICA Eloi Feitosa, Rafaella Hellen Faria, Kenia Maria Bernardes Ferreira e Rosemara Perpetua Lopes	242

CAPÍTULO 4 – ARTICULAR A FÍSICA E A BIOLOGIA PARA A DESCOBERTA DE MICROMUNDOS: PROPOSTAS DE ATIVIDADES COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Fredson Delgado, Betina Lopes, José Luís Araújo, Marcelo Hahn e Jorge Bonito

Introdução

A falta de acesso a uma educação de qualidade, especialmente no domínio das ciências, tem-se tornado, cada vez mais, um fator de exclusão (Cachapuz, 2020; Kyle, 2020; Salehjee & Watts, 2020). A urgência de uma educação de qualidade para todos, ao longo da sua vida, independentemente da sua condição pessoal, financeira e localização geográfica, é premissa de diversas agendas internacionais, destacando-se a Agenda 2030 das Nações Unidas, nomeadamente através do quarto Objetivo do Desenvolvimento Sustentável “Educação de Qualidade” (UNESCO; 2015).

A experimentação, o trabalho prático laboratorial e o realizado no exterior à sala de aula são domínios centrais e transversais às várias áreas científicas; ou seja, no domínio da educação em ciências, as atividades prático-laboratoriais constituem-se estratégias de ensino fundamentais (Oliveira & Bonito, 2023). No entanto, um dos principais entraves ao ensino prático-laboratorial das ciências, deve-se aos custos associados ao equipamento, materiais e à manutenção dos espaços físicos. Assim, atendendo a estes potenciais constrangimentos, o professor deve procurar constantemente recursos e atividades de baixo custo (e, portanto, inclusivas) para que a educação em ciências seja possível.

No caso específico do ensino das Ciências Naturais e da Biologia, as atividades práticas de observação, com recurso a lupas e ao microscópio ótico composto (MOC), são fulcrais para desenvolver nos alunos a consciência de que existe todo um “mundo” que não está ao alcance da vista desarmada, mas que sustenta e interfere em todo o objeto visível à vista desarmada, desde organismos individuais a ecossistemas inteiros (Teles & Fonseca, 2019; Vaile et al., 2017). Um conceito teórico que sustenta essa percepção / consciência é a noção dos níveis de organização biológica (Campbell & Reece, 2002), destacando-se em particular o nível da célula, unidade básica da vida (e os seus constituintes), e o nível seguinte, o dos tecidos.

Os instrumentos de observação – lupas e microscópios –, permitem explorar esse “submundo”. Uma atividade recorrente no estudo da microbiologia ao nível do

ensino pré-universitário, nomeadamente no que diz respeito à introdução à microscopia, é a observação ao MOC (o mais comum nos laboratórios escolares) de uma letra impressa (de preferência o F, R ou L) e a caracterização das propriedades da imagem observada, habitualmente, ampliada, simétrica e invertida, mas que pode variar de acordo com os modelos de construção dos microscópios (Moreira, 2013). Como realizar atividades de introdução à microscopia sem acesso a microscópios, é uma questão desafiante que o presente artigo pretende explorar para apoiar os professores na minimização ou quiçá superação do problema.

No cerne do funcionamento do MOC está a associação de duas lentes convergentes que ampliam a imagem do objeto observado (Murphy, 2001). A ótica geométrica é a área da física que estuda as propriedades das imagens formadas por lentes e espelhos. Neste caso, conhecendo os componentes óticos de um microscópio, e aplicando as leis da reflexão e da refração da luz, é possível, numa articulação interdisciplinar entre a física e a biologia, prever e explicar as propriedades das imagens observadas. Esta interdisciplinaridade pode, porventura, também se estender à matemática, pois a mobilização de conhecimentos matemáticos é fundamental para a compreensão dos fenómenos. Como o próprio nome sugere, a ótica “geométrica” baseia-se em conhecimentos matemáticos de geometria, para permitir prever e explicar a formação de imagens.

Para além disso, outro exercício importante é o cálculo da ampliação total de uma imagem a partir da combinação das lentes (ampliação da ocular x ampliação da objetiva). Se por um lado a microscopia permite o estudo introdutório ou detalhado de problemáticas do dia-a-dia, é importante garantir também a compreensão dos processos físicos implicados na formação das imagens dos objetos em observação. Nesse sentido, torna-se importante a implementação de estratégias que permitam aos alunos compreender as propriedades das imagens observadas, antes e em paralelo às atividades realizadas no laboratório. A proposta didática de articulação de conteúdos do domínio da física e da biologia apresentada (mas que pode também ser alargada ao domínio da matemática) permitirá precaver a formação de concepções alternativas ou até promover a mudança conceptual.

Com este enquadramento, o trabalho que se apresenta tem como objetivo propôr uma atividade *hands-on* interdisciplinar entre a biologia e a física para a introdução à microscopia, na medida em que esta área de saber é de relevância central à compreensão do contexto que nos rodeia. Pretende-se, ainda, estimular o

raciocínio crítico e a construção de conhecimento significativo por meio de recursos alternativos ao equipamento tradicional de laboratório, neste caso particular o microscópio, instrumento que implica um investimento considerável de aquisição e também de manutenção (Delgado et al., 2023; Rams et al., 2024).

Metodologia

Objetivos da atividade

- Introduzir os alunos aos princípios básicos da microscopia utilizando recursos acessíveis e de baixo custo.
- Promover a articulação interdisciplinar entre os conceitos da física (ótica geométrica), biologia (estrutura celular) e matemática (ampliação, geometria).
- Desenvolver competências práticas, de raciocínio crítico, colaboração e de resolução de problemas.
- Estimular a construção do conhecimento por meio da modelação física e virtual de sistemas ópticos.

Materiais necessários

Para construção do modelo físico (ótica geométrica):

- Cartão grosso (para recorte de espelhos, prismas e lentes).
- Fios de lã ou barbante colorido (representação de raios de luz).
- Tesoura ou x-ato.
- Cola ou fita adesiva.
- Régua e compasso.
- Marcadores.

Para construção do microscópio de baixo custo:

- Suporte em madeira ou acrílico (pode ser reutilizado de objetos descartados).
- Lentes retiradas de câmaras de telemóveis danificados.
- *Smartphone* com câmara.
- Fonte de luz (lanterna de telemóvel ou similar).
- Parafusos, rodas de foco (opcional), cola quente.

Recursos digitais (opcionais):

- Acesso à plataforma Tinkercad³.
- Computadores com acesso à internet.

Etapas da construção do modelo

Etapa 1 – Modelo físico da formação de imagem

- Recortar formas geométricas que representem espelhos, lentes e prismas.
- Recortar uma letra assimétrica (como “R” ou “F”) em cartão.
- Ligar as extremidades da letra a fios coloridos, simulando os feixes de luz.
- Montar o percurso ótico representando a refração / reflexão em cada componente.

Etapa 2 – Microscópio de baixo custo

- Montar a estrutura de suporte (base, platina e suporte para *smartphone*).
- Fixar a lente recolhida no orifício correspondente à objetiva.
- Alinhar o *smartphone* com a lente ocular.
- Colocar uma fonte luminosa sob a preparação e ajustar o foco com cuidado.
- Observar a imagem no ecrã do *smartphone*.

Tempo previsto

- Aula 1 (50 a 90 minutos): introdução teórica, construção do modelo físico (ótica).
- Aula 2 (50 a 90 minutos): construção e utilização do microscópio de baixo custo.
- Aula 3 (50 a 90 minutos): análise das observações, elaboração de relatório e discussão.

Número de alunos por grupo

Recomenda-se grupos de 3 a 5 alunos, de modo a favorecer a colaboração sem comprometer a participação individual de cada elemento.

³ Cfr. URL: www.tinkercad.com

Exploração da atividade prática – parte experimental e construção de modelos

Nesta secção propõe-se uma estratégia didática focada na introdução e exploração de atividades de observação microscópica zelando pela compreensão articulada de conhecimento da área da física, da matemática e da biologia, fazendo uso de materiais de baixo custo e de acesso fácil. A sequência está dividida em dois momentos-chave: *a)* exploração das propriedades da imagem produzida por um sistema de lentes através de um modelo 3D (virtual ou, por exemplo, construído em cartão); *b)* Estudo das propriedades da imagem fazendo uso de um microscópio produzido a partir de resíduos de acordo com a descrição em Delgado et al. (2024).

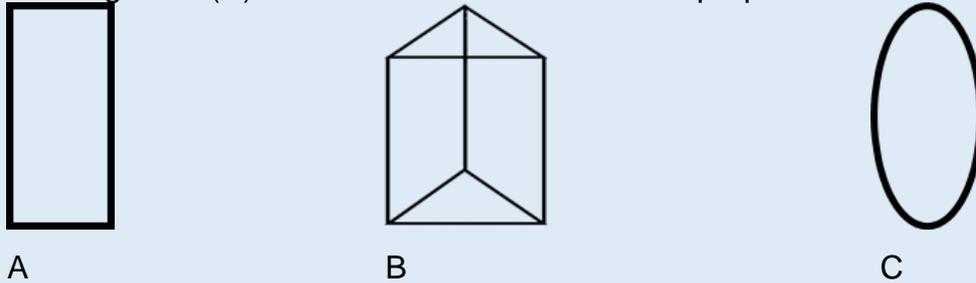
Exploração teórica das propriedades da imagem

Os princípios básicos da ótica geométrica podem ser representados utilizando um material de baixo custo e de fácil acesso. Neste trabalho propõe-se a construção de um modelo educativo para explicar as propriedades das imagens observadas num MOC, recorrendo aos princípios da ótica geométrica, utilizando cartão e fios coloridos.

Recorta-se uma letra em cartão e cada uma das suas extremidades é ligada a um fio colorido (a utilização de fios de lã coloridos facilita a visualização da representação de diferentes raios de luz). Cada um destes fios simula um feixe de luz que se propaga em direção do observador, passando pelas representações dos componentes óticos do microscópio (lentes, prismas óticos e/ou espelhos) onde sofrem sucessivas “refrações” e “reflexões”. A associação destes componentes óticos pode variar de microscópio para microscópio, condicionando as propriedades da imagem observada.

Para a construção deste modelo começa-se por recortar o cartão em formas retangulares (ou quadradas) (Figura 01A), para representar os espelhos. Em alternativa, pode recortar-se a planificação de um prisma triangular para montar o respetivo sólido que representa um prisma ótico (Figura 01B). Adicionalmente, recorta-se ainda duas formas ovais que representarão as lentes convergentes constituintes do MOC (Figura 1C) e duas letras assimétricas (por exemplo, a letra R, como usada na Figura 02, ou a letra F, como nas Figura 04), de diferentes tamanhos.

Figura 01: representação dos modelos de espelhos (A), prismas óticos (B) e lentes convergentes (C) a utilizar no modelo educativo proposto.



Fonte: autores.

Para uma mais fácil apresentação do modelo educativo proposto (Figuras 02 a 04), utilizou-se um modelo tridimensional virtual criado com recurso às potencialidades do *software* Tinkercad. No entanto, o modelo físico com os recortes de cartão e os fios de lã coloridos pode ser igualmente construído seguindo a representação feita nas Figuras 02 a 04.

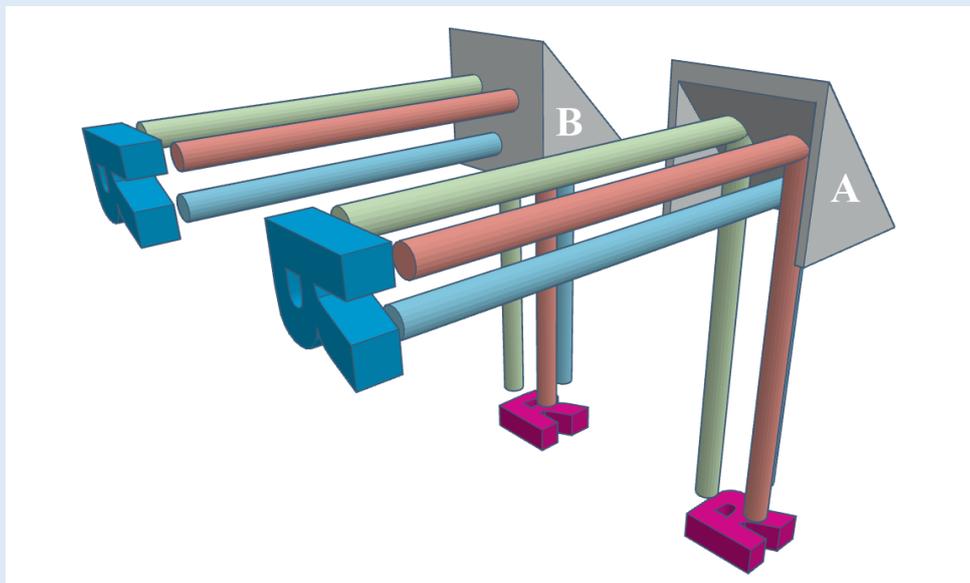
O Tinkercad é um programa *online* que permite, entre várias coisas, a realização de modelagem 3D. Permite criar, editar e visualizar modelos tridimensionais de forma simples e acessível. É *software* de código aberto utilizado por muitos professores e profissionais para criar designs 3D, incluindo estudantes. O Tinkercad possui uma interface amigável e intuitiva, tornando-o acessível mesmo para iniciantes que não têm experiência em modelagem 3D. Oferece uma biblioteca de formas 3D prontas para uso, que podem ser arrastadas, redimensionadas e combinadas para criar modelos complexos. Os modelos 3D podem ser exportados e impressos em impressoras tridimensionais para criar os modelos físicos reais. A sua facilidade de uso o torna uma escolha popular para iniciantes, enquanto suas funcionalidades avançadas podem ser úteis para utilizadores mais experientes.

A utilização destes modelos tridimensionais virtuais perfila-se como uma alternativa também muito interessante à construção *hands-on* do modelo em cartão que potencia o desenvolvimento de um conjunto diferente de competências. Contudo, poderá haver algumas limitações à sua utilização sobretudo em contextos onde recursos educativos digitais são de mais difícil acesso.

A Figura 02 representa dois possíveis modelos que podem ser contruídos para representar a formação de uma imagem (letra “R” na cor azul) após a luz incidir sobre um objeto (letra “R” em rosa) e passar por um prisma ótico de base triangular, sofrendo uma reflexão total. No modelo virtual tridimensional é possível criar dois modelos para

representar os primas, sendo num deles possível observar de que maneira a reflexão ocorre.

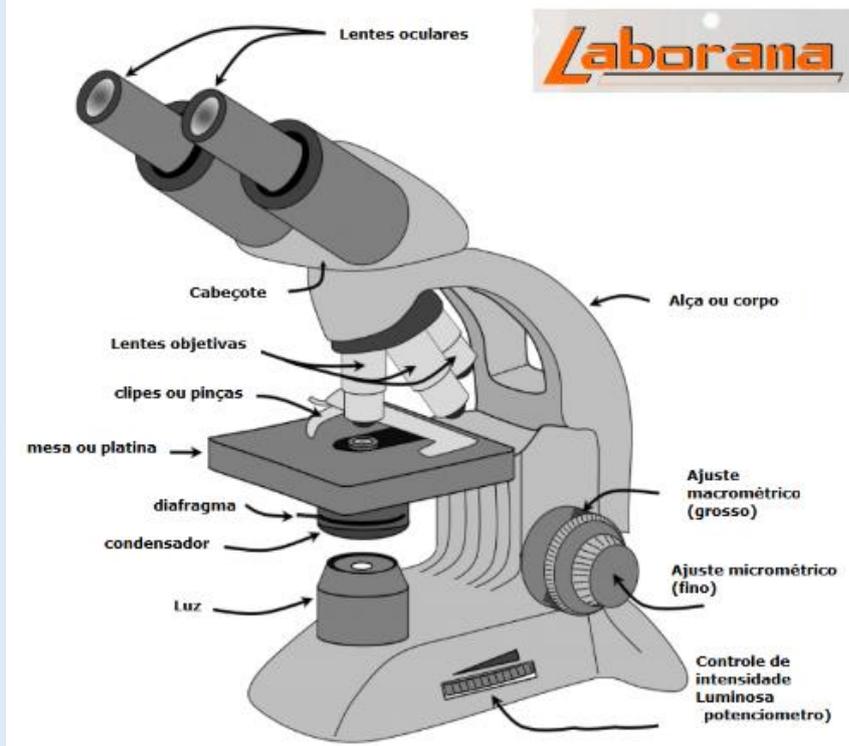
Figura 02: reflexão da luz de um objeto em forma de “R”, representado a rosa, e a imagem observada desse objeto, representada pela letra “R” a azul, após a passagem da luz por um prisma ótico. O Modelo B representa o percurso dos raios de luz na formação da imagem. O Modelo A pretende ilustrar os fenômenos óticos que ocorrem no interior do prisma.



Fonte: autores.

Esse primeiro modelo ilustra um fenômeno ótico relativamente simples que ocorre em determinados casos quando a luz incide num prisma. Em muitos MOC, para além das lentes, os prismas são componentes óticos importantes. Estes localizam-se na cabeça do microscópio (Figura 03) e são responsáveis por direcionar a luz da objetiva para a ocular.

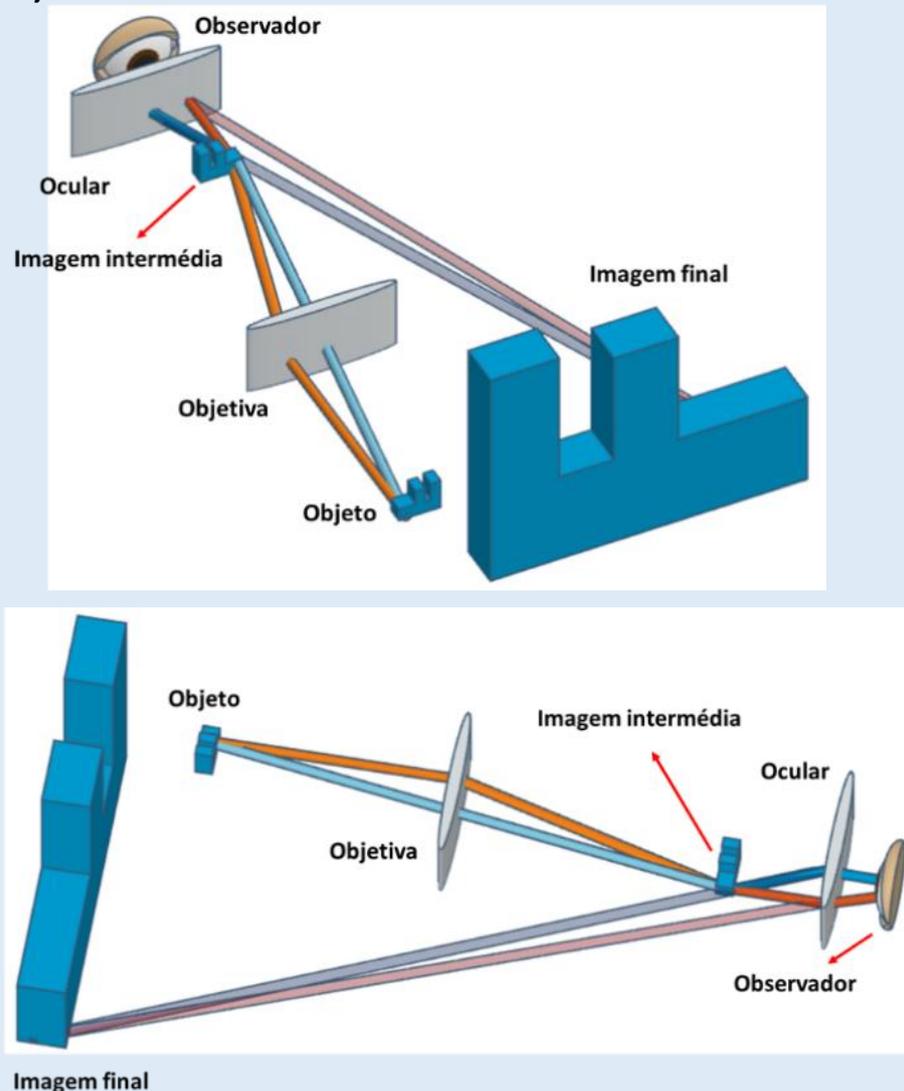
Figura 03: esquema simplificado de constituição de um MOC e identificação de alguns dos seus constituintes mecânicos e óticos, destacando-se o tubo ótico.



Fonte: Laborama (2021).

Em outros modelos mais simples, os prismas podem ser substituídos por espelhos planos, desempenhando a mesma função. Ainda é possível construir modelos mais complexos que permitirão ilustrar a formação das imagens observadas por microscopia e facilitar aos alunos o seu entendimento. Por exemplo, o estudo da formação das imagens observadas num MOC pode ser simplificado à associação de duas lentes convergentes (lentes da objetiva e ocular). Os princípios da ótica geométrica permitem explicar as características da imagem formada a partir de um objeto (Chen et al., 2011), tal como apresentado na Figura 04.

Figura 04: representação da formação de uma imagem (ampliada) de um objeto através das duas lentes convergentes (ocular e objetiva) de um MOC em duas perspectivas diferentes. A imagem observada é ampliada e invertida com relação ao objeto.



Fonte: autores.

As imagens anteriores mostram a representação de um sistema de lentes convergentes de um MOC que não está à escala. A objetiva produz uma imagem real (imagem intermédia) a partir do objeto. É importante que esta imagem produzida esteja próxima à lente ocular, para que a imagem final seja ampliada. Em rigor, a imagem intermédia tem que ser formada entre a lente ocular e o seu ponto focal. Nesta situação, a imagem intermédia passa a atuar como um novo objeto para a lente ocular. Devido a esta proximidade, a imagem final formada será uma imagem ampliada, invertida em relação ao objeto e virtual. De notar que, dependendo dos componentes óticos constituintes do microscópio, as características da imagem formada poderão ser

diferentes. No modelo das Figuras 03 e 05, não está representado o prisma ótico da Figura 01. Ao analisarmos a Figura 02, vemos que a imagem formada é também invertida em relação ao objeto. Isto é, neste caso, teríamos uma imagem que é ampliada, virtual e duplamente invertida (com inversão nos eixos vertical e horizontal) em relação ao objeto.

Com a construção de modelos de baixo custo (em cartão) ou virtuais, pode-se mostrar facilmente o caminho ótico percorrido por raios luminosos após incidirem no objeto. Este modelo também permite mostrar o fenômeno da refração quando o raio luminoso incide sobre lentes, assim como trabalhar a formação de imagens num sistema envolvendo uma ou mais lentes.

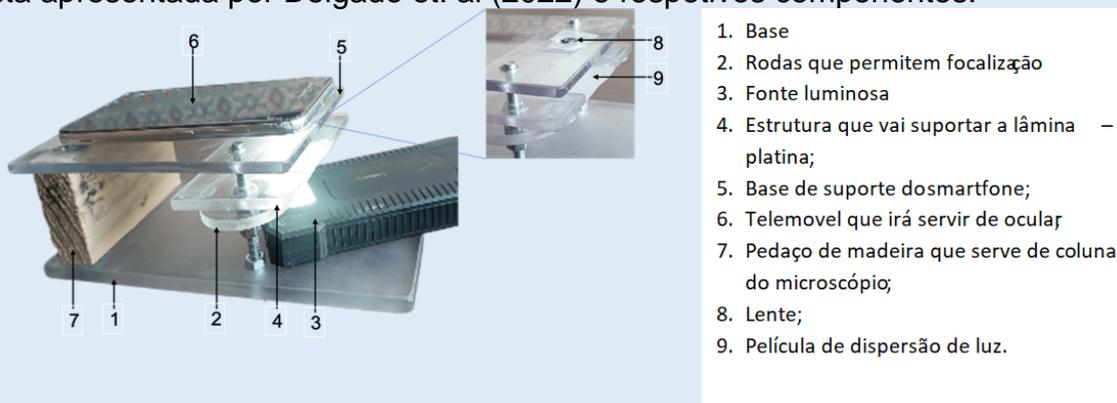
Seguindo a exploração do modelo educativo de baixo custo apresentado, nomeadamente no que diz respeito à função dos componentes óticos que constituem o microscópio na formação da imagem observada, faz sentido explorar a montagem de um microscópio utilizando materiais de baixo custo e de (relativo) fácil acesso para que se possam concretizar as atividades de introdução à microscopia (mesmo em contextos socioeconómicos mais desfavorecidos) tão importantes para a formação dos professores de Ciências Naturais e de Biologia.

Estudo das propriedades da imagem

Mesmo em contextos socioeconómicos favorecidos, muitas escolas secundárias (públicas e privadas) carecem de laboratórios bem equipados e de recursos materiais, nomeadamente microscópios, para a realização de atividades de Ciências Naturais e Biologia. Tal como referido anteriormente, Delgado et al. (2023) descrevem como construir microscópios a partir de resíduos eletrónicos, madeira, acrílico, e que utilizam associações de lentes das câmaras fotográficas de telemóveis. Hoje em dia, os *smartphones* são dispositivos amplamente acessíveis, pois muitos estudantes têm a capacidade de possuí-los e usá-los. Neste sentido, a sua utilização torna esse modelo acessível também a contextos socioeconómicos menos favorecidos.

No Figura 05 encontra-se uma fotografia de um dos modelos construídos. Destaca-se que a lente assinalada pelo componente 8 atua como lente equivalente à objetiva. A lente da câmara fotográfica do *smartphone* (componente 6) atua como lente equivalente à ocular.

Figura 05: Exemplo de um microscópio de baixo custo produzido de acordo com a proposta apresentada por Delgado et. al (2022) e respectivos componentes.



Fonte: Delgado et al. (2023).

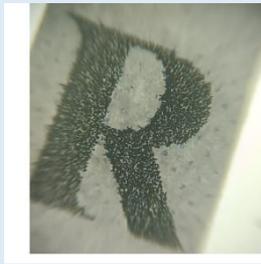
Para iniciar a visualização do objeto (Letra R), deve-se, primeiramente, baixar a platina (Figura 05, componente 4) fazendo uso das rodas laterais (Figura 05, componente 2) e encaixar a preparação (definitiva ou temporária) na platina. Em seguida coloca-se a lente recolhida dos telemóveis danificados (componente 8) no orifício destinado ao mesmo na base para o *smartphone* (componente 5). Em baixo da platina onde está a preparação, coloca-se uma fonte luminosa (componente 3), que pode ser a lanterna de um *smartphone* ou de uma outra qualquer fonte.

Com a preparação na platina, a fonte de luz e a lente nos respetivos lugares, coloca-se o *smartphone*, com a aplicação da câmara aberta, sobre a base de suporte (componente 5) de forma a que a câmara do *smartphone* fique justaposta com a lente anteriormente colocada (componente 8). A câmara fotográfica do *smartphone* atua como a ocular (componente 6) de um microscópio.

Movendo suavemente as rodas de focalização, inicia-se o levantamento da platina, tendo sempre em atenção a imagem observada no *smartphone*. A partir do momento que se inicia a observação da imagem da preparação, os movimentos da platina devem ser mais finos para permitir a focagem da imagem.

Na Figura 06 encontram registos de imagens obtidas (letra R e observação de células de epitélio bucal) através do microscópio construído e registo dos estudantes a fazer observação.

Figura 06: registos de atividade prática de microscopia fazendo uso de um microscópio de baixo custo e respetivas imagens observadas.



Fonte: autores

Ao nível da formação contínua de professores, a construção de microscópios de acordo com os materiais e métodos descritos já foi replicada com sucesso em uma formação envolvendo 24 professores de biologia de cabo verde dinamizada em janeiro de 2024 (Delgado, 2024).

Em Cabo Verde e em Portugal foram realizadas diversas atividades envolvendo microscópios construídos com material reciclado (MMR) e recolhidas opiniões sobre o seu potencial para o ensino das ciências. Destaca-se, por exemplo. As opiniões dos professores e alunos (futuros professores) e, ainda, de alunos do ensino secundário, têm sido maioritariamente favoráveis a este recurso educativo, colocando em evidência o grande potencial do MMR para o desenvolvimento de aulas práticas de microscopia em contextos com dificuldades de acesso a recursos (Delgado, 2024). Valerá a pena observar os três vídeos que foram elaborados neste domínio, com o devido consentimento autorizado dos sujeitos envolvidos: 1) Microscópio de material reutilizado apresentado aos alunos do complexo educativo Miraflores⁴; 2) Protozoários vistos no MMR⁵; 3) Satisfação dos alunos ao usarem pela primeira vez o MMR na ESAD⁶.

⁴ Cfr URL: <https://www.youtube.com/shorts/-YXjRrFruyc>.

⁵ Cfr. URL: <https://www.youtube.com/shorts/12UMP9a4p7w>.

⁶ Cfr. URL: <https://www.youtube.com/shorts/L9cTq0xBGKo>.

Estes resultados reforçam a importância de soluções inovadoras e sustentáveis no ensino das ciências contribuindo para a concretização dos objetivos de desenvolvimento sustentável (Rams et al., 2024), demonstrando que iniciativas envolvendo a construção de MMR podem transformar desafios em oportunidades, promovendo uma aprendizagem prática, acessível e inspiradora em qualquer escola, mesmo nas escolas com menos recursos.

Avaliação pedagógica

A avaliação das aprendizagens ocupa um lugar central no processo de ensino e aprendizagem, sobretudo em propostas didáticas que visam a articulação entre teoria e prática, como é a apresentada neste trabalho. Mais do que um instrumento de verificação de conhecimentos adquiridos, a avaliação deve assumir um caráter formativo e orientador, capaz de acompanhar o desenvolvimento das competências científicas, cognitivas e colaborativas dos estudantes.

No contexto das atividades propostas – centradas na introdução à microscopia por meio de recursos de baixo custo e na exploração interdisciplinar de conceitos da biologia, física e matemática – a avaliação revela-se essencial por diversas razões. Em primeiro lugar, ela permite aferir em que medida os alunos compreendem os fundamentos da formação de imagens, reconhecem os componentes óticos envolvidos e conseguem aplicá-los em situações concretas. Em segundo lugar, contribui para valorizar o processo de construção do conhecimento, desde a mobilização dos saberes prévios até à reflexão crítica sobre os fenômenos observados.

Além disso, a avaliação ajuda a identificar obstáculos de aprendizagem, concepções alternativas e dificuldades na articulação entre os diferentes domínios disciplinares envolvidos. Por outro lado, oferece ao professor informações relevantes para ajustar práticas pedagógicas, reforçar aspectos conceituais e promover a inclusão de todos os alunos, independentemente das suas condições de acesso a equipamentos laboratoriais convencionais.

Assim, propõe-se uma abordagem avaliativa multifacetada, que contemple instrumentos diversificados – como a observação direta, relatórios reflexivos, V de Gowin, autoavaliação e coavaliação – com o objetivo de captar a complexidade da aprendizagem em ambientes ativos, colaborativos e interdisciplinarmente orientados. Esta perspectiva permite que a avaliação cumpra a sua função reguladora, motivadora

e inclusiva, em coerência com os princípios que fundamentam a proposta didática apresentada neste trabalho.

Objetivos da avaliação

- Avaliar o grau de compreensão conceitual dos alunos sobre a formação de imagens em microscopia.
- Verificar a capacidade de aplicação prática dos conceitos de ótica, biologia celular e modelagem.
- Estimular o pensamento crítico e a reflexão interdisciplinar.
- Valorizar o trabalho colaborativo, a criatividade e o uso consciente de recursos.

Instrumentos e critérios de avaliação

a) Roteiro de observação durante a atividade prática

Utilizado pelo professor para registrar evidências de participação e habilidades desenvolvidas (Tabela 1).

Tabela 1: critérios, descrição e níveis de avaliação da atividade prática.

Critério	Descrição	Níveis (1 a 4)
Participação ativa	Envolvimento na construção dos modelos físicos ou virtuais	Pouco (1) a Total (4)
Cooperação no grupo	Colaboração e respeito pelas ideias dos colegas	Pouco (1) a Total (4)
Aplicação correta dos conceitos	Identificação e explicação dos elementos óticos e suas funções	Fraco (1) a Excelente (4)
Rigor na montagem do modelo	Precisão na representação dos componentes óticos e caminhos da luz	Incompleto (1) a Correto (4)

Fonte: autores.

b) Relatório individual ou em grupo

Produzido após a realização das atividades práticas. Deve conter, objetivo da atividade, descrição do processo de construção do modelo (materiais, etapas), explicação dos conceitos aplicados (ótica geométrica, ampliação, refração, reflexão),

interpretação das imagens observadas (com o microscópio de baixo custo), e reflexão crítica sobre a importância da interdisciplinaridade e acessibilidade.

Podem ser adotados as seguintes rúbricas de correção: clareza e estrutura do texto; precisão científica; aplicação interdisciplinar dos conceitos; qualidade da argumentação reflexiva.

c) V de Gowin

A utilização do diagrama do V de Gowin (Gowin, 1981) como instrumento de avaliação de propostas de atividades com materiais de baixo custo representa uma estratégia poderosa para promover a articulação entre a física e a biologia no contexto da exploração de micromundos, como acontece, por exemplo, em atividades de microscopia. O diagrama de Gowin apoia o aluno e o professor a explicitar relações entre conceitos teóricos (lado conceptual do V) e procedimentos práticos (lado metodológico), facilitando a compreensão integrada dos fenômenos microscópicos.

Soares et al. (2017) destacam que a formulação de questões-problema claras no V de Gowin favorece o desenvolvimento do pensamento crítico e a mobilização de conhecimentos prévios para interpretar os resultados experimentais. Assim, ao avaliar propostas de atividades que envolvam recursos simples e acessíveis — como materiais reciclados para montagem de microscópios artesanais — o V de Gowin pode ajudar a verificar se as questões-problema são pertinentes e se estimulam a integração de princípios físicos (óptica, por exemplo) e biológicos (observação de tecidos, microorganismos, etc.).

Deste modo, o diagrama em V de Gowin constitui uma ferramenta valiosa não apenas para guiar a planificação de atividades interdisciplinares com materiais de baixo custo, mas também para avaliar se estas propostas permitem efetivamente aos alunos descobrir, analisar e compreender os micromundos de forma articulada e significativa.

d) Autoavaliação e coavaliação

Breve questionário com escala e justificativas, promovendo a metacognição. Exemplo de perguntas: O que aprendi com esta atividade? O que foi mais difícil e como resolvi? Como contribuí para o grupo? Em que aspectos ainda posso melhorar?

Avaliação final (formativa e qualitativa)

A avaliação deve ser formativa, com foco na evolução das aprendizagens e não apenas no produto final. Recomenda-se que os professores usem uma rubrica (grelha de critérios) para tornar a avaliação mais transparente e justa. É essencial que os alunos recebam *feedback* escrito e/ou oral, destacando conquistas e pontos a desenvolver.

No caso de a atividade estar inserida num programa de formação inicial ou contínua de professores, recomenda-se incluir um diário reflexivo do formador, observando reações dos alunos, a adequação dos materiais e o potencial de replicabilidade em outros contextos.

Discussão

A proposta didática apresentada neste trabalho, centrada na descoberta e exploração de “micromundos”, convida a uma reflexão profunda sobre os caminhos da educação em ciências, sobretudo em contextos de escassez de recursos e necessidade de inovação pedagógica, como são, por exemplo, os de Cabo Verde. Ao abordar a introdução à microscopia por meio de modelos de baixo custo e atividades práticas interdisciplinares, ela visa romper com a lógica tradicional de ensino expositivo e oferece uma alternativa concreta e viável para tornar o conhecimento científico acessível, mobilizador e transformador. Deste modo, potencia-se não só os objetivos da Agenda de Desenvolvimento Sustentável, mas também as aspirações da Agenda 2063 da União Africana, em particular a primeira aspiração, designadamente “Uma África próspera baseada no crescimento inclusivo e no desenvolvimento sustentável” e a sexta aspiração “Uma África cujo desenvolvimento seja orientado para as pessoas, apoiando-se no potencial do povo africano, especialmente das mulheres e dos jovens, e cuidando das crianças” (Comissão da União Africana, 2015).

A utilização de modelos físicos (em cartão, fios e materiais reutilizados) ou virtuais (através da plataforma Tinkercad) para representar os componentes e princípios óticos do microscópio constitui uma estratégia poderosa por várias razões. Em primeiro lugar, permite a visualização de conceitos abstratos, como a formação de imagens, a ampliação, a refração e a reflexão da luz. Essa abordagem contribui para uma aprendizagem significativa, pois apoia-se na ação e na manipulação – elementos fundamentais do aprender com compreensão, conforme preconizado por teóricos como Bruner (1998).

Em segundo lugar, essa abordagem coloca o aluno no centro do processo de aprendizagem, numa perspectiva ativa, exploratória e colaborativa. Os alunos não apenas recebem informações, mas constroem, testam, observam, comparam, discutem e reformulam. A construção de significados dá-se não apenas pela via da transmissão, mas da experimentação e da mediação social. Assim, o aluno deixa de ser mero receptor de conteúdos para assumir o papel de produtor de saber.

Outro ponto de destaque está na interdisciplinaridade da proposta. Ao articular saberes da biologia, da física e da matemática, as atividades refletem a natureza integrada dos fenômenos naturais. A imagem microscópica de uma célula, por exemplo, é simultaneamente um fenômeno biológico (a estrutura celular), físico (a trajetória da luz nas lentes) e matemático (a geometria e o cálculo da ampliação). Essa articulação rompe com a compartimentação curricular estimulando uma visão holística do conhecimento, essencial para lidar com problemas reais e complexos.

A proposta didática apresentada neste trabalho alinha-se com várias teorias e perspectivas contemporâneas sobre o ensino e aprendizagem em ciências. Em particular, destaca-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), que defende que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novos conhecimentos são integrados a estruturas cognitivas já existentes, promovendo uma compreensão profunda e duradoura. Ao recorrer à construção de modelos físicos e virtuais e à experimentação prática, a proposta favorece a ancoragem de novos conceitos em experiências concretas e previamente compreendidas pelos alunos.

Do ponto de vista do Construtivismo, defendido por autores como Piaget (1975) e Vygotsky (1998), o conhecimento é construído ativamente pelo sujeito através da interação com o meio físico e social. A abordagem aqui descrita promove essa construção ativa, através da exploração prática, do trabalho colaborativo e da mediação pedagógica, enfatizando o papel do professor como facilitador e do grupo como agente de aprendizagem.

Além disso, a proposta está alinhada com os princípios do ensino por investigação, segundo Driver et al. (1994), ao fomentar a formulação de hipóteses, a observação sistemática, a análise de dados e a construção de explicações com base na evidência empírica. Esta abordagem desenvolve competências científicas e promove o pensamento crítico e reflexivo dos estudantes.

Por fim, insere-se também na lógica do movimento STEM / STEAM, conforme defendido por Beers (2011), ao integrar saberes de diferentes áreas científicas e

tecnológicas num mesmo projeto de aprendizagem. A interdisciplinaridade proposta entre física, biologia, matemática e tecnologia (com uso de plataformas como o Tinkercad) representa uma forma eficaz de preparar os alunos para resolver problemas complexos, aproximando a escola do mundo real e dos desafios do século XXI.

Nesse contexto, a avaliação das aprendizagens assume um papel estratégico e deve ser coerente com os pressupostos da proposta pedagógica. Avaliar atividades como as aqui descritas não pode limitar-se à medição de respostas certas ou erradas. Requer, antes, uma abordagem que valorize o processo de aprendizagem, o pensamento crítico, a colaboração e a capacidade de mobilizar saberes diversos em situações práticas. A avaliação, nesse modelo, deixa de ser um fim em si mesma para se tornar um instrumento de regulação e apoio à aprendizagem.

A proposta de instrumentos avaliativos diversificados – como o roteiro de observação, o relatório reflexivo, o V de Gowin e os questionários de autoavaliação – responde a essa necessidade de captar a complexidade da aprendizagem em ambientes práticos e interdisciplinares. O uso do relatório, por exemplo, permite aceder ao modo como os alunos organizam e expressam seus conhecimentos; a observação direta revela atitudes, interações e competências práticas; a autoavaliação estimula a metacognição, favorecendo a autonomia e a consciência do percurso de aprendizagem.

Importa, ainda, considerar a função inclusiva da avaliação. Em contextos com disparidades de acesso a recursos, como escolas em territórios desfavorecidos, é fundamental que a avaliação não penalize os alunos por limitações materiais ou tecnológicas. Avaliar com justiça é também reconhecer os esforços, as estratégias alternativas e os modos criativos de resolução de problemas que emergem nesses contextos. A própria construção de um microscópio a partir de resíduos, como descrito na proposta, pode ser valorizada enquanto manifestação de competência técnica, criatividade e consciência ecológica.

Finalmente, é relevante sublinhar que a avaliação, tal como o ensino, deve ser reflexiva, formativa e ética. Avaliar não é apenas certificar; é dialogar com o aluno sobre o que ele sabe, como aprendeu, o que ainda precisa consolidar e como pode avançar. Trata-se, assim, de uma avaliação que promove a aprendizagem em vez de a interromper, que acolhe o erro como parte do processo e que reconhece os alunos como sujeitos ativos do seu desenvolvimento.

A “descoberta de micromundos”, portanto, não é apenas uma metáfora para o acesso ao invisível da natureza — é também um convite a explorar os micromundos da aprendizagem, da curiosidade e da inteligência humana. Cabe ao professor criar ambientes férteis para essa descoberta e, com ela, reinventar a própria prática avaliativa como instrumento de inclusão, valorização e emancipação dos seus alunos.

Considerações finais

O ensino expositivo ainda é um dos mais utilizados nas salas de aula mesmo que diversas investigações tenham mostrado que há metodologias mais adequadas para o processo de ensino e aprendizagem. Além disso, é prática comum tratar as disciplinas de forma individualizada como se cada uma delas estivesse sozinha no universo educacional. Por isso, é imperativo que o professor moderno busque a mudança de paradigmas e que inclua no seu repertório educacional atividades letivas com caráter práticas e interdisciplinar, que promovam o ensino não somente *heads-on* mas também *hands-on* e faça a ligação entre conceitos e fenômenos de maneira que o aluno possa perceber que por mais que haja áreas científicas distintas, como por exemplo a física e a biologia, elas ainda podem ser interligadas a partir de conceitos e ideias bases, permitindo que haja uma maior integração das áreas científicas e diminuindo a percepção de cada uma das áreas existe solitariamente e não está relacionada com outras áreas do conhecimento.

A utilização de materiais de baixo custo permite uma maior democratização do conhecimento e desenvolvimento pessoal, especialmente em regiões carentes de equipamentos tecnológicos e verbas para a aquisição do mesmo.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por fundos de Portugal através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, IP, no âmbito dos projetos UIDB/00194/2020 (CIDTFF), UIDP/00194/2020 (CIDTFF), UIDB/04968/2020 (IFIMUP) e UIDP/04968/2020 (IFIMUP). Este trabalho foi igualmente cofinanciado pela União Europeia, através do projeto 2023-1-PT01-KA220-SCH-000166387. Os autores agradecem aos revisores pelos valiosos comentários e sugestões. Um agradecimento especial também ao Ministério da Educação de Cabo Verde, aos (futuros) professores e aos alunos que participaram nas atividades práticas com o microscópio.

Referências

- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Editora, 2003.
- BEERS, Sue Z. **21st century skills: preparing students for their future**. Bloomington, IN: Solution Tree Press, 2011.
- BRUNER, Jerome. **O processo da educação**. Lisboa: Edições 70, 1998.
- CACHAPUZ, António. Educação em ciências: contributos para a mudança. **Vitruvian Cogitationes**, Maringá, v. 3, n. 2, p. 64-80, 2022. <https://shre.ink/xjCw>.
- CAMPBELL, Neil; REECE, Jane. **Biology**. 6th ed. Boston: Benjamin Cummings, 2002.
- CHEN, Xiaodong; ZHENG, Bin; LIU, Hong. Optical and digital microscope imaging techniques and applications. **Analytical Cellular Pathology** (Amst), v. 34, no. 1-2, p. 5-18, 2011. <https://doi.org/10.3233/ACP-2011-0006>.
- COMISSÃO DA UNIÃO AFRICANA. **Agenda 2063 – A África que queremos**. Addis Ababa: Comissão da União Africana, 2015. <https://shre.ink/x3mZ>.
- DELGADO, Fredson; VAZ, Carlos; LIMA, Hailton; CORREIRA, Kleyce; BORGES, Mauro; UGALAH, Onyedikachi; LOPES, Betina. Montagem de microscópios a partir de resíduos: um exemplo de Cabo Verde. **APEduc Revista**, v. 4, no. 1, p. 138-52, 2023. <https://shre.ink/xjCJ>.
- DELGADO, Fredson. **Capacitação de professores de Ciências Naturais e Biologia da Cidade da Praia em atividades práticas de microscopia com material reciclado ou de low cost: avaliação dos contributos de uma ação de formação contínua**. 2024. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e divulgação das Ciências) – Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal, 2024. <https://shre.ink/xjc0>.
- DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; SCOTT, Philip; MORTIMER, Eduardo. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, no. 7, p. 5-12, 1994. <https://doi.org/10.3102/0013189X023007005>
- GOWIN, Dwight Bob. **Educating for conceptual change: a knowledge vee**. Cornell University Press, 1981.
- KYLE, William C. Expanding our views of science education to address sustainable development, empowerment, and social transformation. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 2, no.2, 2020. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0018-5>.
- LABONA. Microscópio, como funciona? **Laborana. Soluções inteligentes para o seu laboratório**, 2021. <https://shre.ink/xj6N>
- MOREIRA, Catarina. Microscópio ótico. **Revista Ciência Elementar**, v1, n. 01, p. 007, 2013. <http://doi.org/10.24927/rce2013.007>
- MURPHY, Douglas B. **Fundamentals of light microscopy and electronic imaging**. New Jersey: Wiley-Liss, 2012.
- OLIVEIRA, Hugo; BONITO, Jorge. Practical work in science education: a systematic literature review. **Frontiers in Education**, 8, 2023. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1151641>.
- PIAGET, Jean. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Lisboa: Moraes Editores, 1975.
- RAMS, Susana; PLA-PUEYO, Sila; BLANCO-LÓPEZ, Ángel. The Role of microscopes to promote sustainable development goals at school: a literature review. **Education Sciences**, v. 14, n. 11, 1264, 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14111264>.

SALEHJEE, Saima; WATTS, Mike. **Becoming scientific. Developing science across the life-course**. Cambridge Scholars Publishing, 2020.

SOARES, Diana; BORGES, Filipa; Abrantes, Isabel; Magalhães, Paulo; LOPES, Betina; BAPTISTA, Ana Vitória. A 'questão-problema' nos relatórios do tipo 'V de Gowin': um estudo exploratório no 11.º ano de biologia do ensino secundário português. **Indagatio Didactica**, v. 9, n. 4, p. 385-406, 2017.

TELES, Nuno; FONSECA, Maria João. A importância do microscópio óptico na revolução das práticas educacionais à representação museológica. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, n. especial, p. 126-40, 2019.

UNESCO. **Educação 2030. Declaração de Incheon e marco de ação para a implementação do objetivo de desenvolvimento sustentável 4**. UNESCO, 2015. <https://shre.ink/xjCO>.

VAILE, Félix; LOPES, Betina; LOUREIRO, Maria João. Inovar na Educação em Ciências em Angola: um estudo exploratório na formação contínua de professores na área da Bioenergética. **Da Investigação às Práticas: Estudos de Natureza Educacional**, v. 11, no. 1, p. 102-22, 2021.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4a. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

AUTORES

Fredson Delgado: Mestre em Ensino e Divulgação das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. Professor do quadro no Ministério da Educação de Cabo Verde. Email: nhofadelgado@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5945-9666>.

Betina Lopes: Doutorada em Didática e Desenvolvimento Curricular, Universidade de Aveiro, Portugal. Mestre em Comunicação e Educação em Ciências, Universidade de Aveiro. Universidade de Aveiro, CIDTFF. Professora auxiliar da Universidade de Aveiro. Email: blopes@ua.pt. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0669-1650>.

José Luís Araújo: Doutorado em Ensino e Divulgação das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. Mestre em Ensino de Física e Química no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Professor auxiliar da Universidade de Aveiro. jlaraujo@ua.pt. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0617-2407>.

Marcelo Hahn: Doutorado em Ensino e Divulgação das Ciências, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal. Mestre em Ensino de Física e Química no terceiro ciclo do ensino básico e no ensino secundário, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Professor auxiliar convidado da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Email: marcelo.hahn@fc.up.pt. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1357-5378>.

Jorge Bonito: Doutorado em Ciências da Educação, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação, Universidade de Coimbra, Portugal. Mestre em Geociências, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Universidade de Évora, CIEP. Universidade de Aveiro, CIDTFF. Professor titular da Escola de Ciências Sociais da Universidade de Évora, Portugal. Email: jbonito@uevora.pt. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5600-0363>